



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
ÁREA DE SOLOS

MARCELO EVANGELISTA SOARES DE MENDONÇA

**ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO:
RECUPERAÇÃO E MANEJO DE SOLOS TIOMÓRFICOS NA REGIÃO DO
LITORAL SUL DA PARAIBA PARA CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Recife, 2022



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
ÁREA DE SOLOS

MARCELO EVANGELISTA SOARES DE MENDONÇA

**ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO:
RECUPERAÇÃO E MANEJO DE SOLOS TIOMÓRFICOS NA REGIÃO DO
LITORAL SUL DA PARAIBA PARA CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Relatório apresentado à coordenação do curso de Agronomia como requisito avaliativo para conclusão do curso de graduação.

Recife, 2022



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
ÁREA DE SOLOS

MARCELO EVANGELISTA SOARES DE MENDONÇA

**ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO:
RECUPERAÇÃO E MANEJO DE SOLOS TIOMÓRFICOS NA REGIÃO DO
LITORAL SUL DA PARAIBA PARA CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Curso: Agronomia

Aluna: Marcelo Evangelista Soares de Mendonça

Matrícula: 098.113.264-28

Local do estágio: Destilaria TABU, Caaporã – PB / Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE

Setor: Departamento técnico

Área de conhecimento: Manejo em solos restritivos e Produção agrícola

Orientador: Prof. Dr. Emídio Cantídio Almeida de Oliveira

Supervisor: Prof. Dr. Emídio Cantídio Almeida de Oliveira

Período de estágio: 01/04/2022 a 27/05/2022

Carga horária: 210 horas

Recife, 2022



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
ÁREA DE SOLOS

**RECUPERAÇÃO E MANEJO DE SOLOS TIOMÓRFICOS NA REGIÃO DO
LITORAL SUL DA PARAIBA PARA CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR**

AVALIAÇÃO DO ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO:

NOTA: _____

Discente

Marcelo Evangelista Soares de Mendonça
Graduanda em Agronomia – UFRPE

Orientador

Dr. Emídio Cantídio Almeida de Oliveira
Professor Adjunto – UFRPE

Supervisor

Dr. Emídio Cantídio Almeida de Oliveira
Professor Adjunto – UFRPE

Recife, 2022

AGRADECIMENTOS

A minha família, onde me deram total apoio desde minha infância até hoje. Meu pai por ser a melhor pessoa do mundo, sempre me dando o suporte necessário para que eu conseguisse conquistar meus objetivos. A minha mãe, por ser uma guerreira e sempre lutar por mim. Meus irmãos por sempre estarem nos momentos de felicidades. Meus avós por terem me dado amor, carinho e ensinamentos.

Ao Grupo de pesquisa em nutrição foliar, adubação e fertilidade do solo, por me darem a confiança de poder fazer parte e poder ajudar nos tempos fáceis e difíceis, além também de me proporcionar amizades que vou levar por resto da minha vida. Carinho especial por Amanda, Luan, Abraão, Magda, Joel, Cris, Joyce, Daniel, Douglas, Larissa, Jackeline, Ester, Arielena, Junior, Elson e Acsa.

Aos amigos que a Agronomia me deu, numa trajetória cheia de altos e baixos e que fez crescer tanto a todos nós. Em especial agradeço a Eduardo, Leonardo, Gustavo, Gabriel, Ivanildo, Cicero e Thomaz. Foram para mim pessoas que me ajudaram a diminuir o stress do dia a dia da universidade, onde trocamos bastantes ideias e tomamos algumas cervejas para distrair.

Aos meus professores, que me conduziram até aqui com seus ensinamentos acadêmicos e de vida. Em especial aos professores Álvaro Carlos, Antonio Mendonça, José Luiz, Frederico Inácio, Anildo Monteiro, Mario Rolim e Manassés Silva, sou grato pela boa vontade, por irem além do que lhes foi proposto fazer. Pelo tempo dedicado, pelo privilégio do convívio e amizade, pela confiança, estímulo e inspiração. Vocês fizeram toda diferença.

Ao meu orientador e amigo, o professor Emídio Almeida, por além de ter sido um excelente orientador foi um grande amigo, agradeço eternamente pela amizade e os ensinamentos que me conduziram até onde cheguei, continue sempre com essa energia e motivando sempre seus orientandos e fazendo o que o senhor faz de melhor. Obrigado professor por tudo de verdade o senhor é minha maior inspiração profissional e como pessoa.

Aos meus amigos de classe, que foram pessoas que passei minhas manhãs de aulas cansativas e proveitosas. Em especial quero agradecer a Marcelle, Alexandra, Liany, Paulo, Henrique, Bruna, Larissa, Carol, Marcelo, Vinicius, Mirela, Lucas, Matheus, Raquel, Washington e Rewysson.

À UFRPE, que foi minha casa, onde me senti acolhido desde o primeiro dia de aula, e fui sendo cativado ano após ano. Aos funcionários do CEAGRI e do DEPA, sempre prestativos, que contribuíram para um cotidiano mais leve.

À toda equipe da Destilaria TABU por ter me dado o apoio necessário para condução desse trabalho. Um agradecimento especial para José Guimarães, Ozéas, Fernandez, Jucelio e Jetro. Foram pessoas maravilhosas que me ajudaram bastante. Agradeço também Dr. Luiz Sales por ter designado tal projeto a mim.

À Ana Karolina por ser a pessoa que estive ao meu lado nos tempos difíceis e ter me ajudado a passar, por ser também minha companheira e dividir comigo os momentos de felicidades, amo você.

À Deus, pelo discernimento de poder chegar aonde cheguei, ele sabe o que faz e sabe onde cada um pode chegar, a ele vai meu eterno agradecimento. Ele é o Centro de tudo.

Ao meu pai, à minha mãe e à minha família, por me fazerem chegar até aqui, dedico.

“O que é pior, desistir do que quer ou se contentar com o que nunca quis.”

Harvey Specter – Suits

Sumário

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | Apresentação..... | 11 |
| 2. | Avaliação química do solo..... | 14 |
| 2.1. | Acidez do solo..... | 14 |
| 2.2. | Teor e Saturação por Al^{+3} (m%)..... | 14 |
| 2.3. | Teor de Sulfato (SO_4^{-2})..... | 14 |
| 2.4. | Curva de incubação de solo tiomórfico..... | 18 |
| 2.5. | Evolução do pH ao longo de 60 dias..... | 19 |
| 2.6. | Teor de matéria orgânica (M.O.)..... | 21 |
| 2.7. | Capacidade de troca de cátions (CTC)..... | 21 |
| 2.8. | Fósforo (P) disponível..... | 24 |
| 2.9. | Teor e saturação de bases (Ca, Mg e K) trocáveis na CTC..... | 24 |
| 2.10. | Micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn e B)..... | 24 |
| 2.11. | Condutividade elétrica (CE)..... | 30 |
| 2.12. | Sodicidade..... | 30 |
| 3. | Avaliação física do solo..... | 33 |
| 3.1 | Textura..... | 33 |
| 3.2. | Permeabilidade do solo..... | 34 |
| 4. | Caracterização da água do lençol freático..... | 36 |
| 5. | Recomendação de manejo nutricional..... | 38 |
| 5.1. | Correção do solo..... | 38 |
| 5.2. | Fosfatagem..... | 39 |
| 5.3. | Adubação de macronutrientes..... | 39 |
| 5.4. | Adubação com micronutrientes..... | 41 |
| 6. | Recomendações de manejo para solos tiomórficos..... | 44 |
| 6.1. | Nível elevado do lençol freático..... | 44 |
| 6.2. | Colheita da cana-de-açúcar..... | 45 |
| 6.3. | Áreas falhadas na Área 1 – Cana planta..... | 46 |
| 6.4. | Avaliação química do solo nas áreas de baixo e bom crescimento dos lotes 95 e 100..... | 48 |
| | Atenção especial..... | 50 |
| 7. | Considerações Finais..... | 51 |

1. Apresentação

O presente relatório apresenta a área de várzea anteriormente alagada da Fazenda 26 – Boqueirão, com 375,12 ha. Toda área possui um amplo sistema de drenagem, com drenos que delimitam e cortam os lotes, e estavam ativos desde o início de 2020 (Figura 1).

A visita à área foi guiada pelo engenheiro agrônomo José Neto Guimarães e do técnico agrícola Erisson, quando foi possível identificar a subdivisão da área: uma porção suavemente rebaixada (área 1) em direção à sede industrial da destilaria, e uma porção suavemente elevada (Área 2) na direção oposta, tomando como referência a casa de controle do bombeamento da água de drenagem para o rio Camucim.

A área foi objeto de estudo anterior (dissertação de mestrado realizada por Suzana Medeiros, 2011), que caracterizou os solos tiomórficos presentes nestas áreas. O estudo identificou a presença de minerais de argila de alta atividade (esmectitas), o que pode ser constatado pelas fendas na superfície do solo (Figura 1c). Do ponto de vista da fertilidade, esses minerais contribuem de forma significativa para aumento da CTC do solo. O estudo classificou os solos da Área 2 em Organossolo e Gleissolo, ambos tiomórficos.

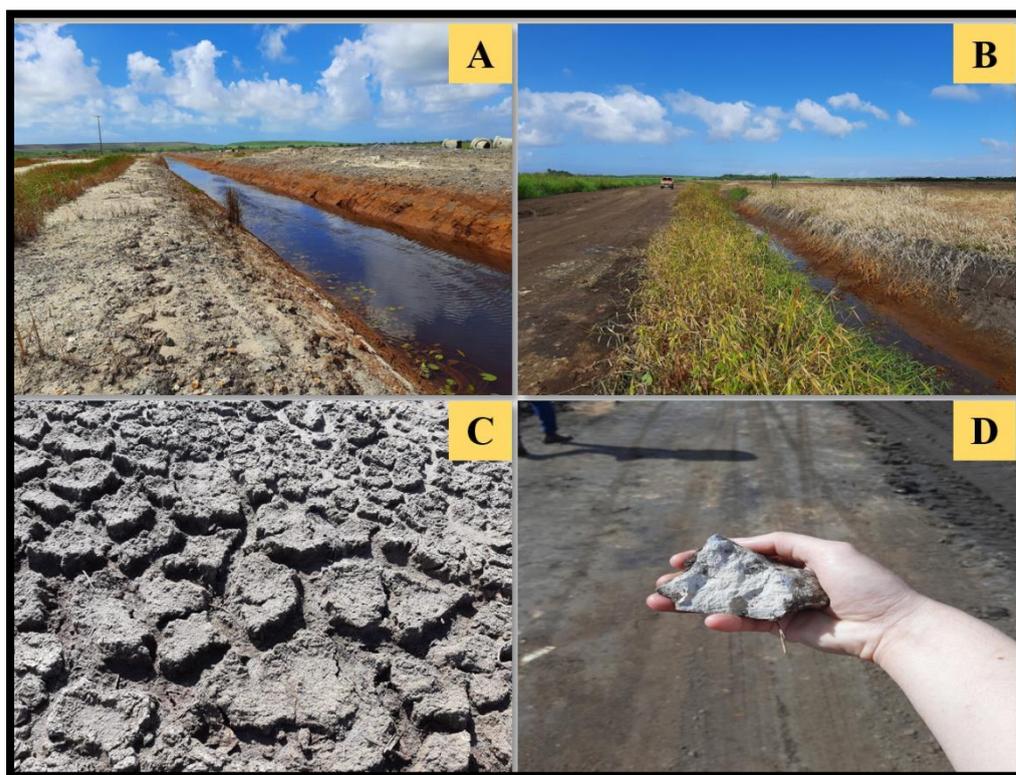


Figura 1 - A e B: sistema de drenagem da área experimental. C: fendas superficiais características da presença de esmectita. D: fragmento de rocha calcária identificada na superfície de alguns lotes.

O tiomorfismo ocorre em solos que estão sob influência de lençol freático que ascendem, muitas vezes até a superfície e, pela má drenagem do solo, origina o fenômeno denominado de hidromorfismo. Esta água do lençol freático geralmente está sob influência marinha, em ambientes costeiros, acumulando compostos ricos em enxofre. O acúmulo de enxofre e matéria orgânica ocorre em condição de saturação, criando um ambiente redutor, que confere coloração acinzentada, azulada e/ou esverdeada ao solo.

Quando a água é drenada, ocorre a oxidação e produção de ácido sulfúrico (sulfurização), que reduz o pH do solo a níveis abaixo de 3,5. Após essa drenagem ácida, os minerais do solo podem ser solubilizados, liberando elementos em solução, como SO_4^{2-} , Al^{+3} , Fe^{+3} e outros elementos metálicos. Na presença de sulfetos de ferro, o solo e a água de drenagem podem apresentar coloração alaranjada característica do acúmulo de Fe oxidado e do mineral jarosita que se forma após a drenagem (Figura 2). Essa coloração foi verificada na área da Fazenda Boqueirão, na superfície do solo, nos drenos e água de drenagem, confirmando o tiomorfismo (Figura 1 e 2).

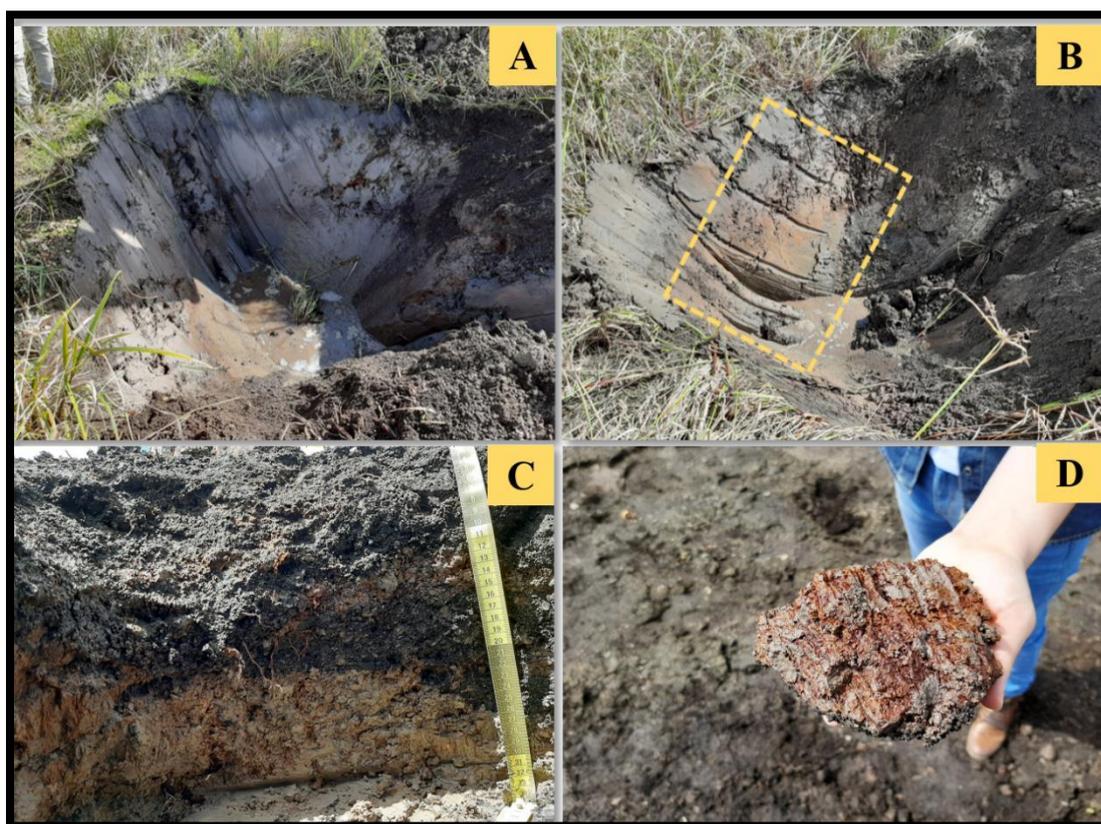


Figura 2 - Ilustração das observações em campo. Trincheiras abertas nos lotes 93 (A) e 94 (B), com destaque em amarelo para evidência da formação de minerais compostos de ferro (Fe) e enxofre (S), como jarosita (manchas alaranjadas). (C) Mini-trincheira aberta no lote 59, com horizonte orgânico superficial (escuro). (D) Agregado de solo com manchas alaranjadas resultado da oxidação dos compostos de Fe (Fe^{+3}).

A área foi subdividida em Área 1 e Área 2 (Figura 3), localizadas antes e depois da casa de bomba, respectivamente, tomando como ponto de partida o lote 98. Essas áreas apresentaram diferenças marcantes nos atributos químicos, indicando a necessidade de manejos distintos entre as áreas que serão apresentados posteriormente. Os quadrantes foram definidos com base no mapa de irrigação da área, disponibilizado pela equipe técnica da Destilaria Tabu.

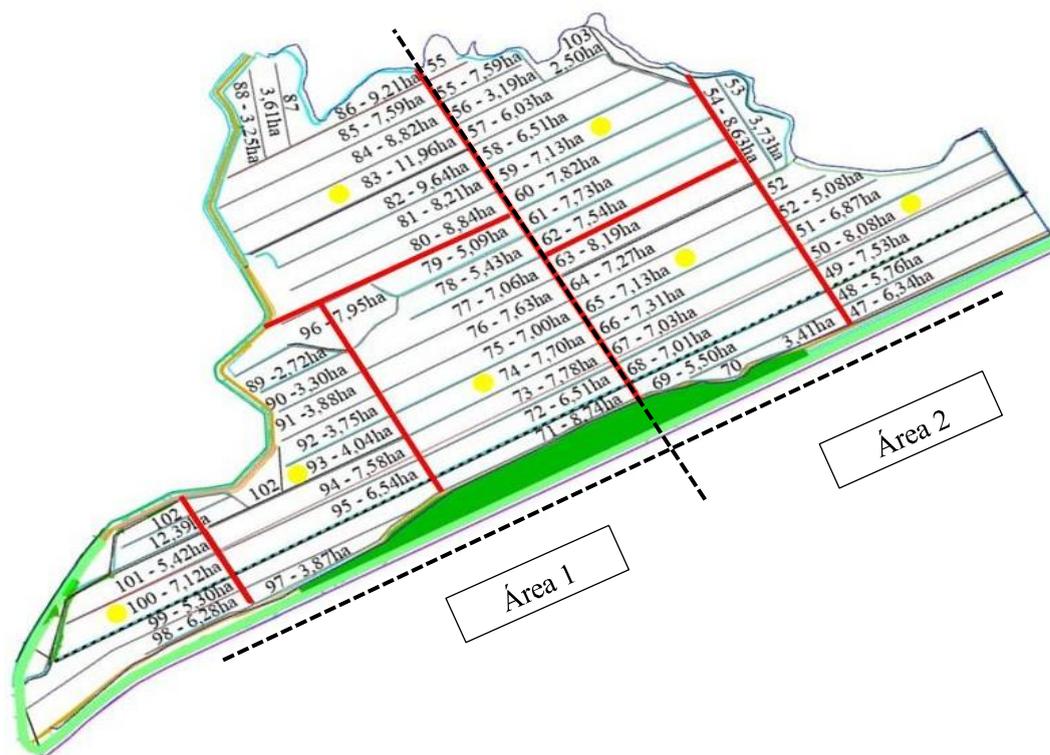


Figura 3 - Croqui de amostragem da área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu. Pontos amarelos representam as trincheiras usadas como ponto de partida para amostragem.

2. Avaliação química do solo

2.1. Acidez do solo

As áreas apresentam pH predominantemente muito ácido ($\text{pH} < 4,9$), tanto em superfície (0 – 20 cm) como na subsuperfície (20 – 40 cm), com exceção dos lotes 96,72, 49 e 48 que apresentaram menor acidez, por apresentarem textura mais arenosa (Mapa 1). A drenagem, os altos teores de alumínio (Mapa 2), enxofre (Mapa 3) e matéria orgânica (Mapa 4), são os principais fatores que causam a elevada acidez identificada.

2.2. Teor e Saturação por Al^{+3} (m%)

O teor crítico de Al no solo para a cultura é de $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e saturação de Al (m%) acima de 20%. Na Fazenda Boqueirão, em 73% e 70% (cor amarela e vermelha) da área amostrada na camada superficial e subsuperficial, respectivamente, possui m% acima de 20% e teor de Al acima de $4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ (Mapa 2). O teor de Al na área está 80x superior ao adequado para cultivo da cana-de-açúcar e m% está acima de 50% em mais de 30% da área.

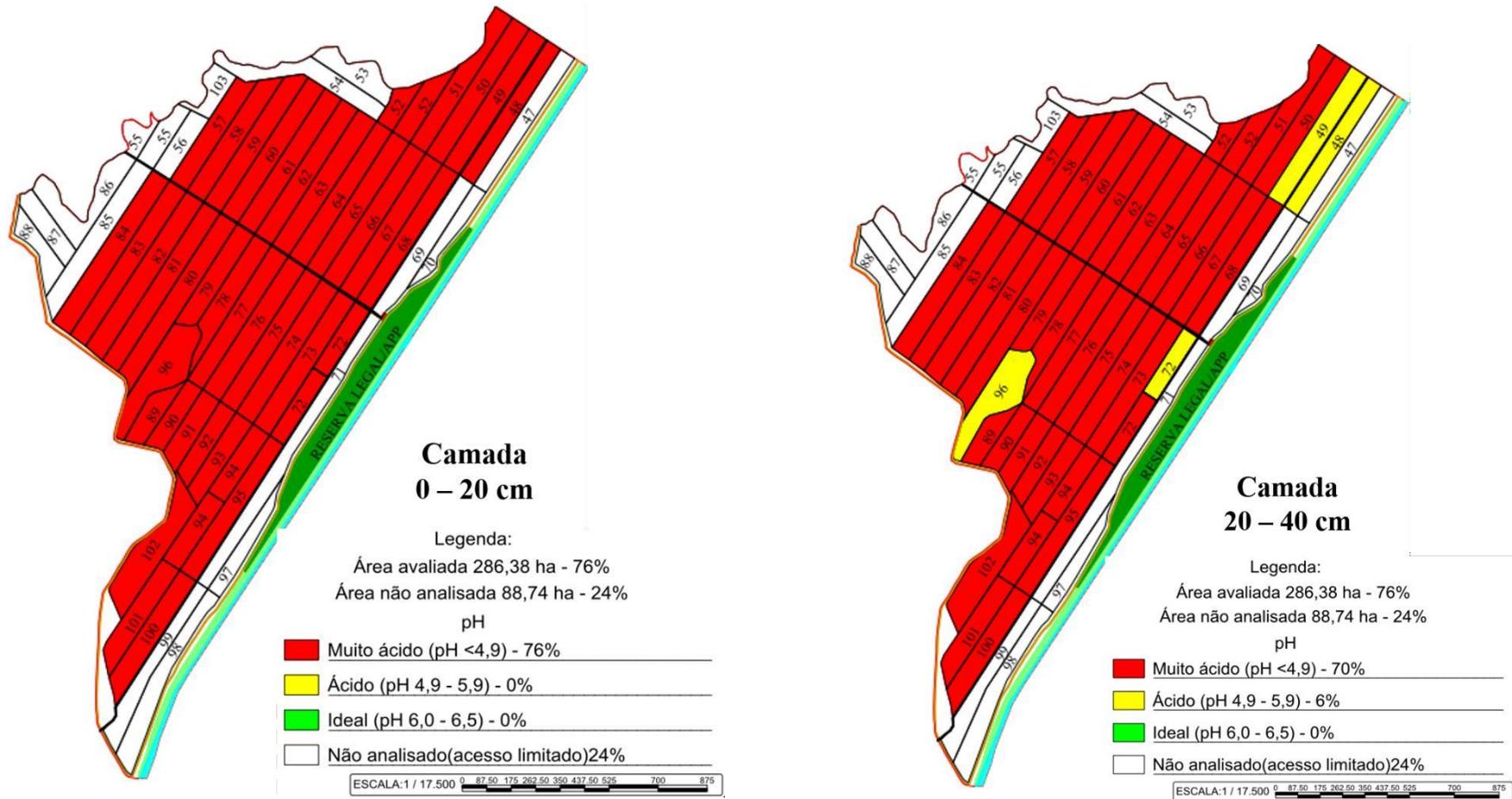
Nessas condições, a produção de biomassa da RB867515 é reduzida em 30% (Maia et al., 2018)¹ e a produtividade da cana-de-açúcar pode ser reduzida em 7 TCH no ciclo de cana planta e em 18 TCH na cana soca (Landell et al., 2003)². A limitação ao desenvolvimento das raízes e crescimento da planta já está sendo observado atualmente no campo.

Atenção especial deve-se ter para a Área 2 que apresenta a saturação de Al superior a 50% (cor vermelha) em quase a totalidade das amostras, principalmente na camada 20-40 cm. Nessa área que ainda não foi plantada, deve ser realizado o manejo mais intensificado de correção para reduzir a atividade do Al tóxico, antes e durante à realização do plantio, conforme às recomendações que constam nesse relatório.

2.3. Teor de Sulfato (SO_4^{-2})

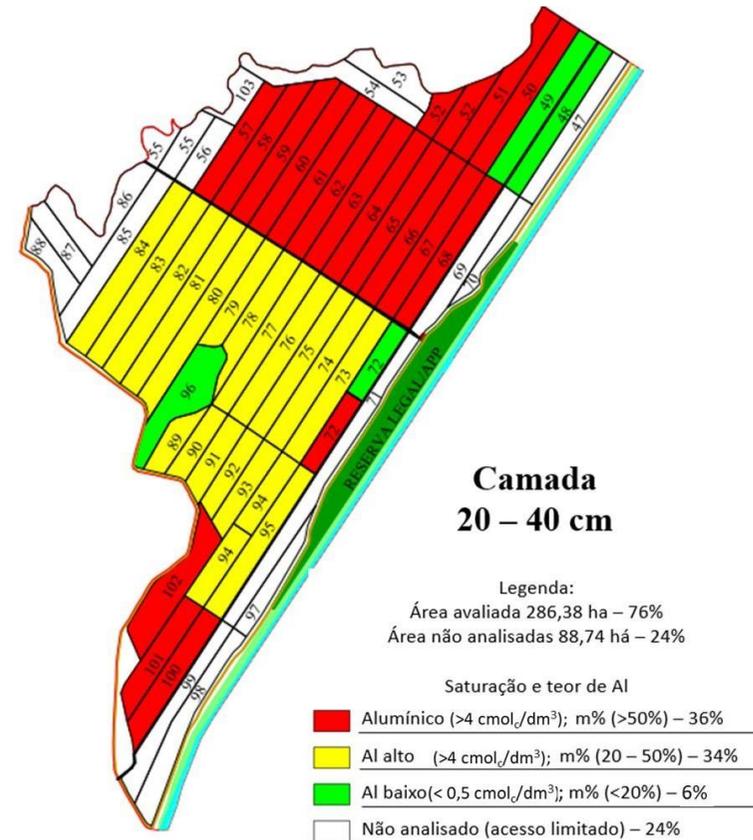
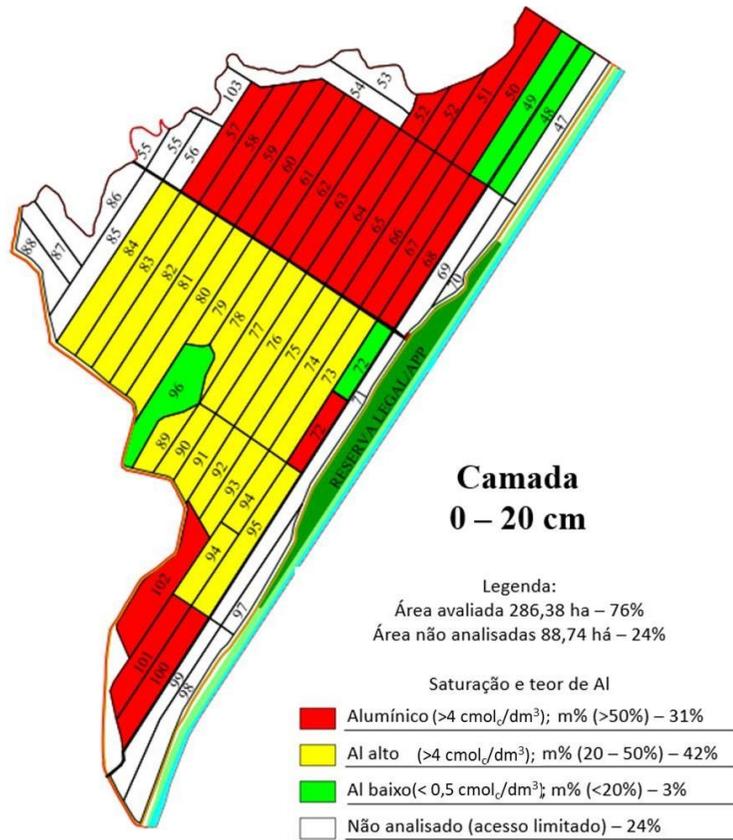
Os teores de sulfato (SO_4^{-2}) variaram de médio a alto (acima de $9,0 \text{ mg dm}^{-3}$), em toda a área, até os 40 cm de profundidade (Mapa 3), com valores médios de 200 mg dm^{-3} . O enxofre é acumulado na forma de sulfetos em solos tiomórficos, imobilizando elementos metálicos (formando sulfeto de ferro, por exemplo) em ambiente saturado por água. Após a drenagem, esses compostos de enxofre são transformados em SO_4^{-2} , contribuindo para o aumento da condutividade elétrica (CE) e acidez (pH). Em solução, SO_4^{-2} se liga ao H^+ , formando ácido sulfúrico, o que, em altas concentrações, reduz o pH do solo para valores abaixo de 4.

pH do solo



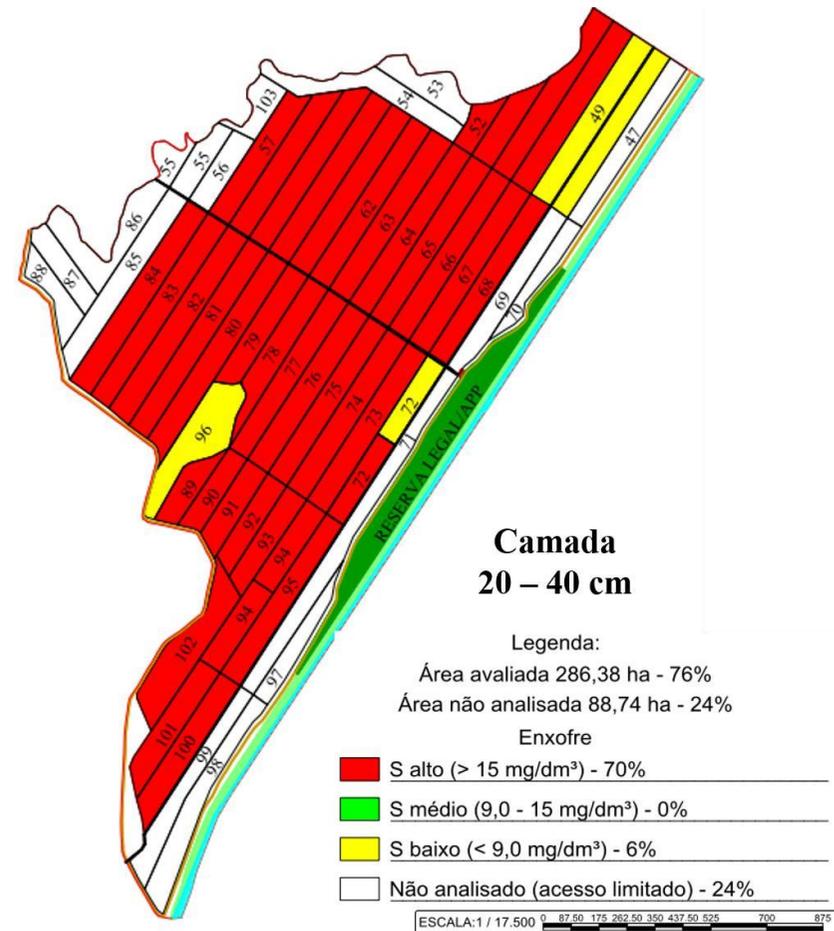
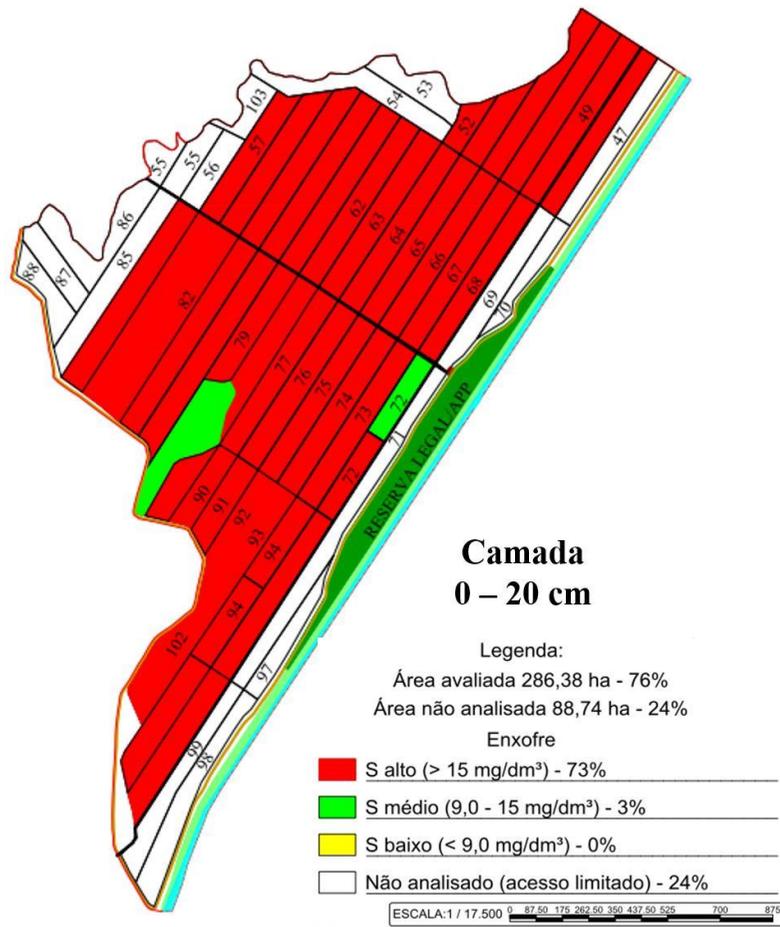
Mapa 1 - Acidez do solo (pH H₂O), nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm na área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu - PB.

Teor e Saturação por Al



Mapa 2 – Saturação por Al⁺³ (m%) no solo, nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm na área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu - PB.

Teor de Enxofre



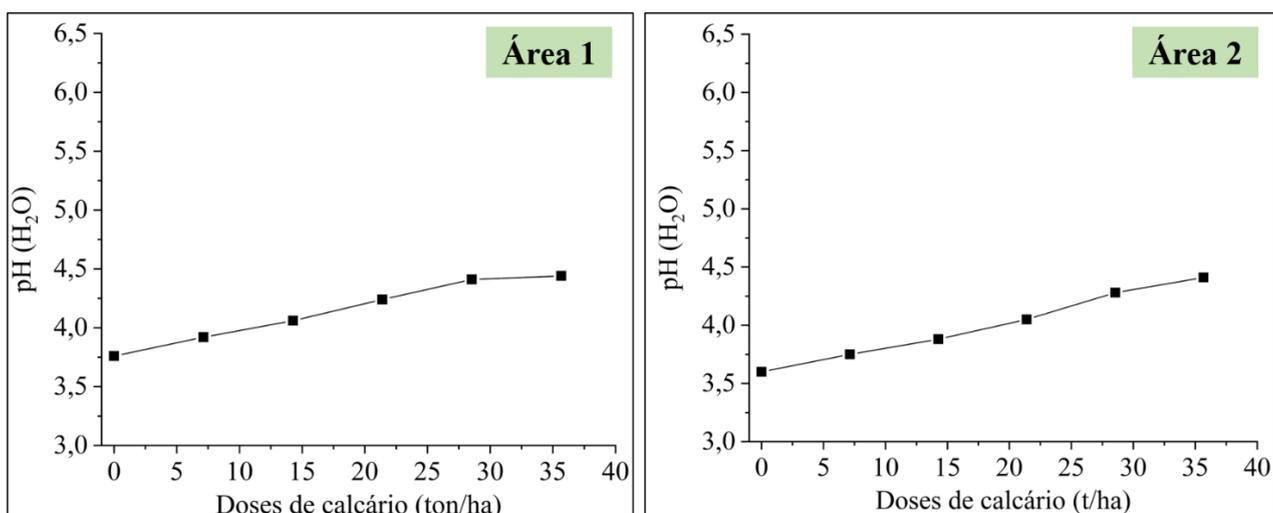
Mapa 3 – Teor de enxofre disponível no solo, nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm na área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu - PB.

2.4. Curva de incubação de solo tiomórfico

Área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu - PB

A curva de incubação, realizada em laboratório, para definição da recomendação de calagem para as Áreas 1 e 2, mostrou que não houve elevação significativa do pH. Mesmo doses elevadas dos corretivos (calcário dolomítico e calcário calcinado) não foram eficientes em reduzir a acidez dos solos (Figura 4).

Calcário dolomítico



Calcário calcinado

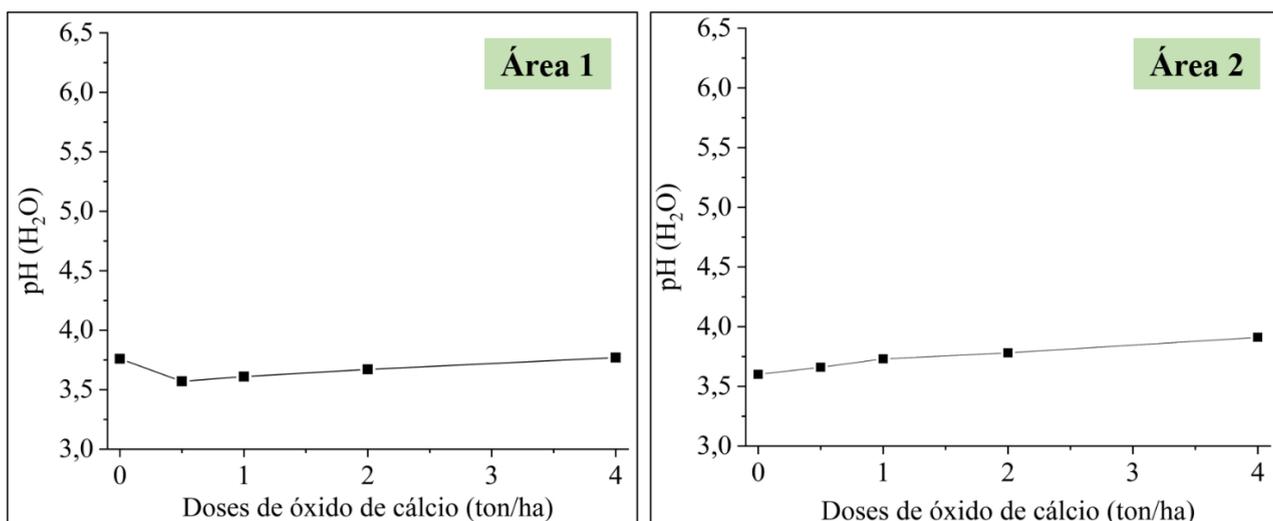


Figura 4 - Curvas de incubação do solo tiomórfico (área alagada da Fazenda Boqueirão) utilizando doses crescentes dos corretivos de acidez calcário dolomítico (acima) e calcário calcinado (abaixo).

2.5. Evolução do pH ao longo de 60 dias

Ao longo dos 60 dias de avaliação da curva de incubação, não houve alteração significativa do pH (Tabela 1). A acidez elevada é decorrente da reação de oxidação de materiais sulfídricos dos horizontes tiomórficos após a drenagem do solo, o que resulta na formação de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e reduz o pH para valores inferiores a 4,0. Nesta condição, os minerais do solo são solubilizados aumentando os teores de elementos metálicos, principalmente Al^{+3} e Fe^{+2} na solução do solo. Este ambiente de solo compromete o desenvolvimento das raízes e reduz o aproveitamento dos nutrientes fornecidos às plantas via adubação.

Quando solos tiomórficos são drenados, a necessidade de calcário para elevação da acidez ultrapassa as doses convencionais que variam entre 2 a 5 ton/ha, devido ao elevado poder tampão característico destes solos. Aplicações de doses desta magnitude não são economicamente viáveis.

A ausência de resposta dos corretivos, quanto à elevação do pH do solo, é decorrente de alguns fatores característicos de solos tiomórficos drenados, dentre eles:

- Poder tampão do solo muito elevado, reduzindo a eficácia dos corretivos;
- Teores elevados de matéria orgânica e argila de alta reatividade;
- Elevada atividade do Al^{3+} .

A aplicação do calcário, nesta área, utilizando doses economicamente viáveis, não será efetivamente capaz de neutralizar o Al^{+3} e aumentar o pH do solo. Desta forma, o manejo do calcário deve ser direcionado não para correção da acidez, mas para fins nutricionais, fornecendo Ca e Mg próximo ao sistema radicular para garantir o balanço adequado destes elementos no solo e reduzir a atividade do Al tóxico próximo ao sistema radicular. O fornecimento de Ca e Mg no solo reduz a atividade do Al tóxico, minimizando seus efeitos danosos sobre o crescimento radicular e da parte aérea. Além disto, o Mg está diretamente envolvido na tolerância da planta aos estresses ambientais, como temperatura e toxidez por Al, sustentando o desenvolvimento vegetativo adequado nessas condições de solo. Assim, a aplicação do calcário como fertilizante é uma ferramenta para convivência da cultura com o tiomorfismo.

A prática adotada no pré-plantio da Área 1, com aplicação de 4 ton/ha de calcário fracionadas nos dois eventos de revolvimento do solo (2 ton/ha em cada evento), fornece quantidades adequadas de Ca e Mg e possibilita adequada incorporação da dose.

Tabela 1 - Curvas de incubação do solo tiomórfico (camada 0-20 cm) utilizando calcário dolomítico e calcário calcinado

| CALCÁRIO DOLOMÍTICO | | | | | |
|----------------------------|-----------------------|------|------|------|-------|
| Dose (ton/ha) | pH (H ₂ O) | | | | Média |
| | Dias após aplicação | | | | |
| | 15 | 30 | 45 | 60 | |
| SOLO DA ÁREA 1 | | | | | |
| 0 | 3,91 | 3,86 | 3,85 | 3,76 | 3,84 |
| 7,13 | 4,08 | 4,07 | 4,08 | 3,92 | 4,04 |
| 14,27 | 4,25 | 4,17 | 4,18 | 4,06 | 4,17 |
| 21,40 | 4,20 | 4,41 | 4,33 | 4,24 | 4,30 |
| 28,54 | 4,41 | 4,47 | 4,39 | 4,41 | 4,42 |
| 35,67 | 4,39 | 4,35 | 4,40 | 4,44 | 4,39 |
| SOLO DA ÁREA 2 | | | | | |
| 0 | 3,74 | 3,77 | 3,77 | 3,60 | 3,72 |
| 7,13 | 3,91 | 3,92 | 3,96 | 3,75 | 3,89 |
| 14,27 | 4,02 | 4,12 | 4,12 | 3,88 | 4,03 |
| 21,40 | 4,22 | 4,18 | 4,24 | 4,05 | 4,17 |
| 28,54 | 4,22 | 4,34 | 4,34 | 4,28 | 4,30 |
| 35,67 | 4,44 | 4,43 | 4,47 | 4,41 | 4,44 |
| CALCÁRIO CALCINADO | | | | | |
| Dose (ton/ha) | pH (H ₂ O) | | | | Média |
| | Dias após aplicação | | | | |
| | 15 | 30 | 45 | 60 | |
| SOLO DA ÁREA 1 | | | | | |
| 0 | 3,91 | 3,86 | 3,85 | 3,76 | 3,84 |
| 0,5 | 3,72 | 3,80 | 3,84 | 3,57 | 3,73 |
| 1 | 3,76 | 3,81 | 3,79 | 3,61 | 3,74 |
| 2 | 3,84 | 3,89 | 3,92 | 3,67 | 3,83 |
| 4 | 3,81 | 3,94 | 3,93 | 3,77 | 3,86 |
| SOLO DA ÁREA 2 | | | | | |
| 0 | 3,74 | 3,77 | 3,77 | 3,60 | 3,72 |
| 0,5 | 3,76 | 3,81 | 3,80 | 3,66 | 3,76 |
| 1 | 3,80 | 3,83 | 3,86 | 3,73 | 3,81 |
| 2 | 3,79 | 3,85 | 3,91 | 3,78 | 3,83 |
| 4 | 3,99 | 4,00 | 3,96 | 3,91 | 3,97 |

PRNT: Calcário dolomítico = 84,1%; Calcário calcinado = 175%.

É recomendado realizar a aplicação de calcário a cada ciclo, buscando os efeitos nutricionais e de condicionamento do solo descritos anteriormente, em busca do desenvolvimento adequado da socaria.

O tempo de solubilização do calcário (2 a 3 meses) é lento em relação ao calcário calcinado (óxido de Ca e Mg), que apresenta PRNT acima de 100%. Assim, o calcário calcinado é recomendado para fornecimento de Ca e Mg no sulco de plantio e na superfície do solo, na linha de plantio da socaria, para minimizar o efeito do Al tóxico na zona radicular, por apresentar maior reatividade e solubilidade.

Apesar do custo elevado desse insumo no valor da tonelada, a dose recomendada de 250 a 300 kg/ha do calcário calcinado terá o custo compatível com a cultura e servirá para fornecer Ca e Mg na zona radicular quando aplicada de forma concentrada no sulco ou na linha de plantio da socaria (Tabela 7). A avaliação econômica da utilização deste insumo deve ser considerada, mas é importante ressaltar que a área alagada da Fazenda Boqueirão requer manejo diferente do convencional e investimentos em tecnologias que possibilitem maior eficiência do sistema de produção nesses solos.

A correção dos teores de Al não deve ser realizada com uso de gesso agrícola devido a contribuição deste corretivo no aumento do teor de sulfato que naturalmente já se encontra elevado nas áreas. A adição de enxofre, via gesso agrícola no solo, associado com a oscilação do lençol freático, pode aumentar a produção de ácido sulfúrico e agravar os problemas relacionados à acidez no solo.

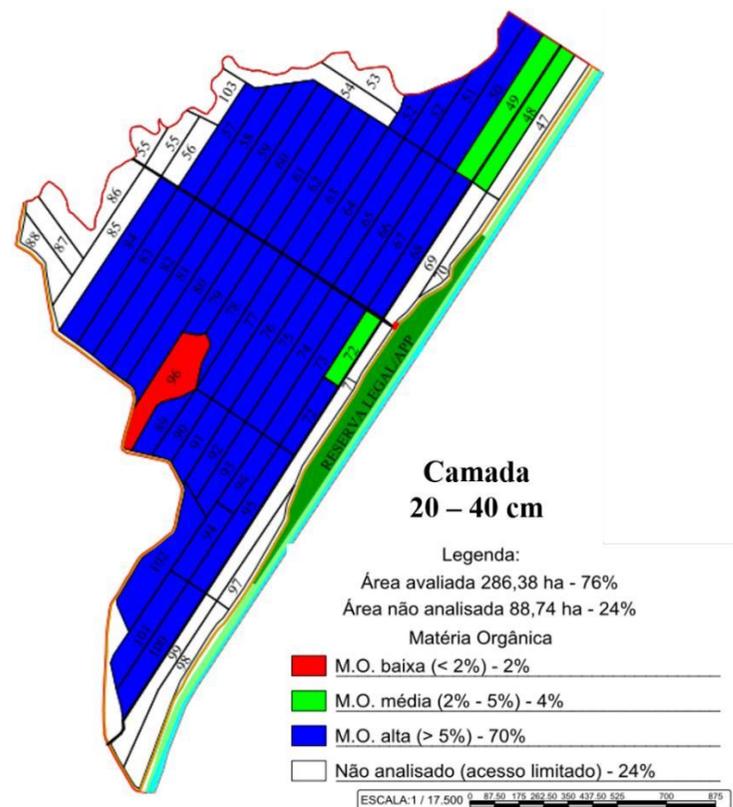
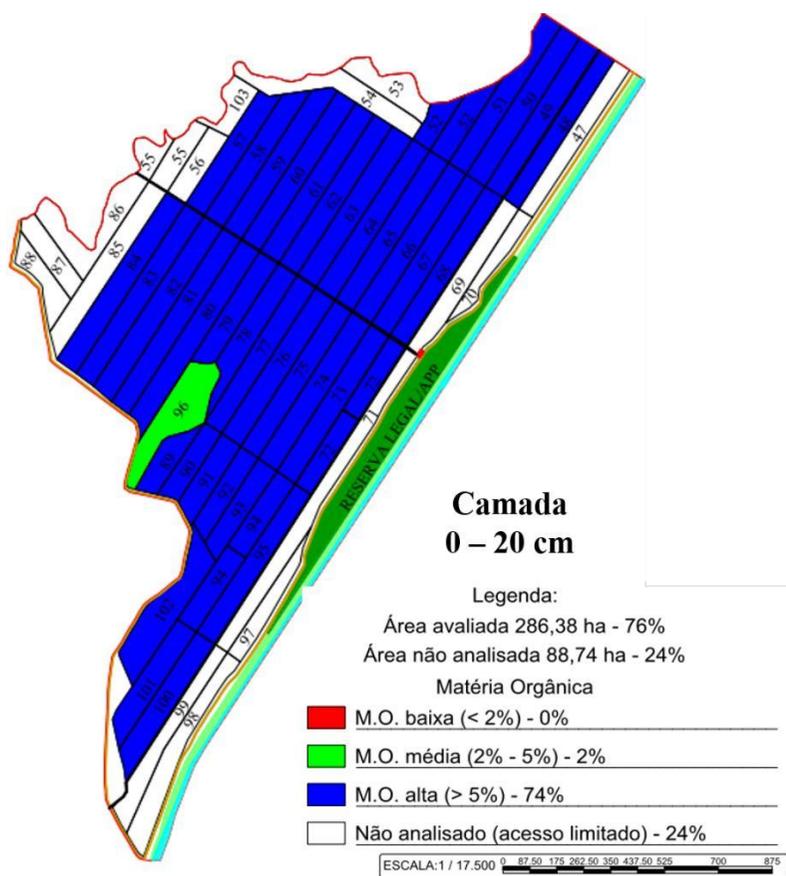
2.6. Teor de matéria orgânica (M.O.)

Em solos de várzea e em condição de hidromorfismo, a taxa de decomposição é baixa e favorece o acúmulo da M.O., como observado em toda área alagada da Fazenda Boqueirão (Mapa 4). O acúmulo da M.O. contribui para aumento da CTC e fornecimento de nutrientes ao longo dos ciclos. Além disso, a capacidade da M.O. em complexar o Al^{+3} da solução reduz a disponibilidade deste elemento, o que favorece o convívio da cultura com os teores elevados de Al^{+3} ($> 4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) no solo. Além do Al, a M.O. também complexa e indisponibiliza micronutrientes metálicos a curto prazo, comprometendo a nutrição adequada da planta. Por isso, o manejo de micronutrientes na área deve utilizar fontes quelatizadas na aplicação via solo e complementação via foliar para garantir a nutrição adequada da cana-de-açúcar.

2.7. Capacidade de troca de cátions (CTC)

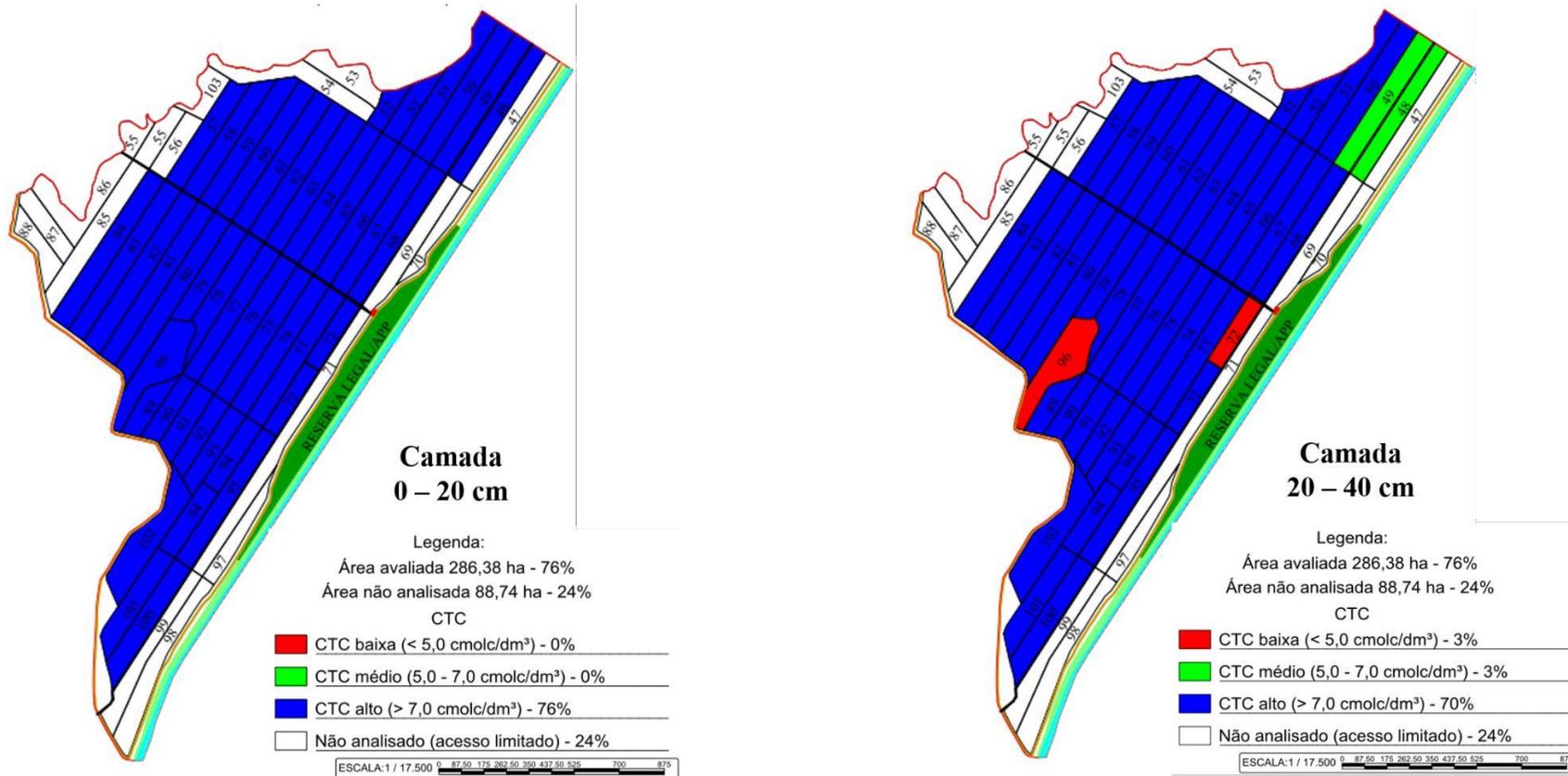
A área apresenta elevada CTC ($> 7 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) nas duas profundidades avaliadas (Mapa 5), com média de $32 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Isso se deve à presença de argila de alta atividade (esmectitas) e ao elevado teor de matéria orgânica (Mapa 4). Embora seja positivo para adsorção de nutrientes, essa CTC favorece a retenção de grande quantidade de Al^{+3} e H^+ (acidez) gerada pela drenagem do solo tiomórfico, o que aumenta o poder tampão do solo e reduz a eficácia dos corretivos de acidez, como observado na curva de incubação. Como consequência, as bases (Ca, Mg, K) ocuparam, em média, apenas 22% e 32% da CTC nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm, respectivamente.

Matéria Orgânica do Solo



Mapa 4 – Teor de matéria orgânica no solo, nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm na área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu – PB.

Capacidade de Troca de Cátions



Mapa 5 – CTC do solo, nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm na área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu - PB.

2.8. Fósforo (P) disponível

Os teores de P disponível foram distintos entre as Áreas 1 e 2 (Mapa 6). Os teores elevados de P podem ter sua origem na M.O. do solo, que constitui uma importante fonte de P. A baixa concentração observada na Área 2 é consequência do alto teor de Al (Mapa 2), que promove a formação de precipitados AlPO_4 (fosfato de Al), reduzindo a disponibilidade de P no solo.

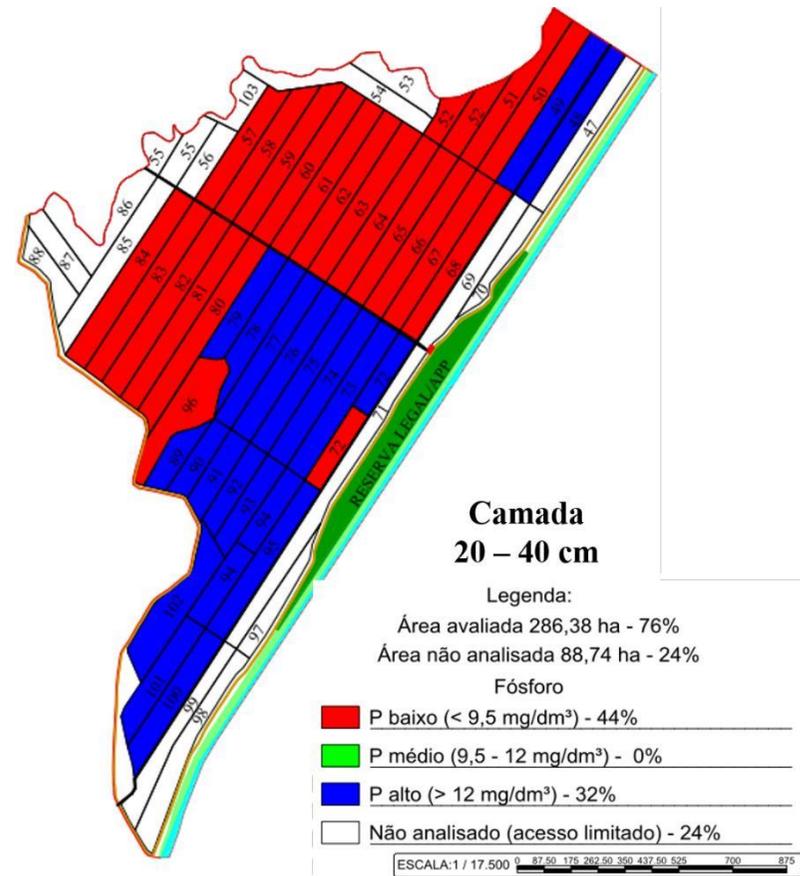
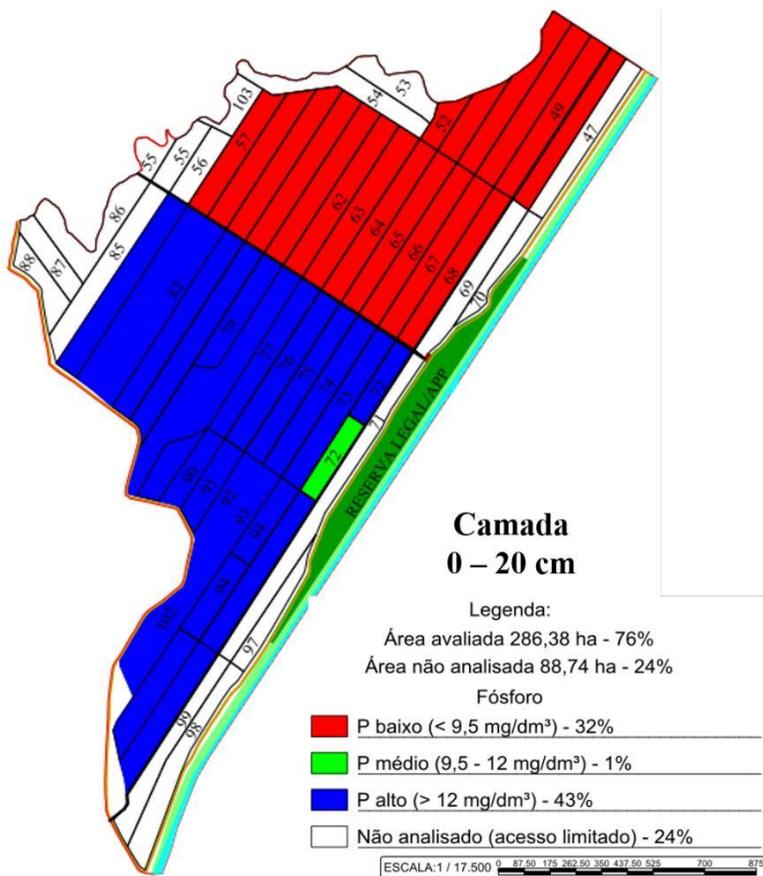
2.9. Teor e saturação de bases (Ca, Mg e K) trocáveis na CTC

Os teores de cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{2+}) variam de médio a alto em toda a área avaliada, nas duas profundidades (Mapas 7 e 8). A área apresenta fragmentos de rocha calcária (Figura 2D) e sedimentos marinhos, como pôde ser observado nas visitas ao campo. Ao longo do tempo, estes fragmentos são solubilizados e a drenagem limitada favorece o acúmulo de Ca^{+2} e Mg^{+2} no solo. A M.O. também é fonte de Ca^{+2} e Mg^{+2} , bem como favorece a adsorção destes nutrientes no solo.

O teor de potássio (K^+) variou de baixo a médio na camada 0-20 cm e de médio a alto na camada 20-40 cm (Mapa 9). Este elemento é facilmente lixiviado, se deslocando para a camada subsuperficial. Na Área 2 esse efeito foi evidente, concordando com a observação em campo de que essa área apresenta drenagem melhor quando comparada com a Área 1. Os teores elevados de K^+ no solo são indicativos da presença de minerais como a esmectita, que contém este elemento em sua composição, constituindo assim uma reserva no solo. Esses minerais foram identificados pelo estudo realizado por Mendonça (2011) na Área 2.

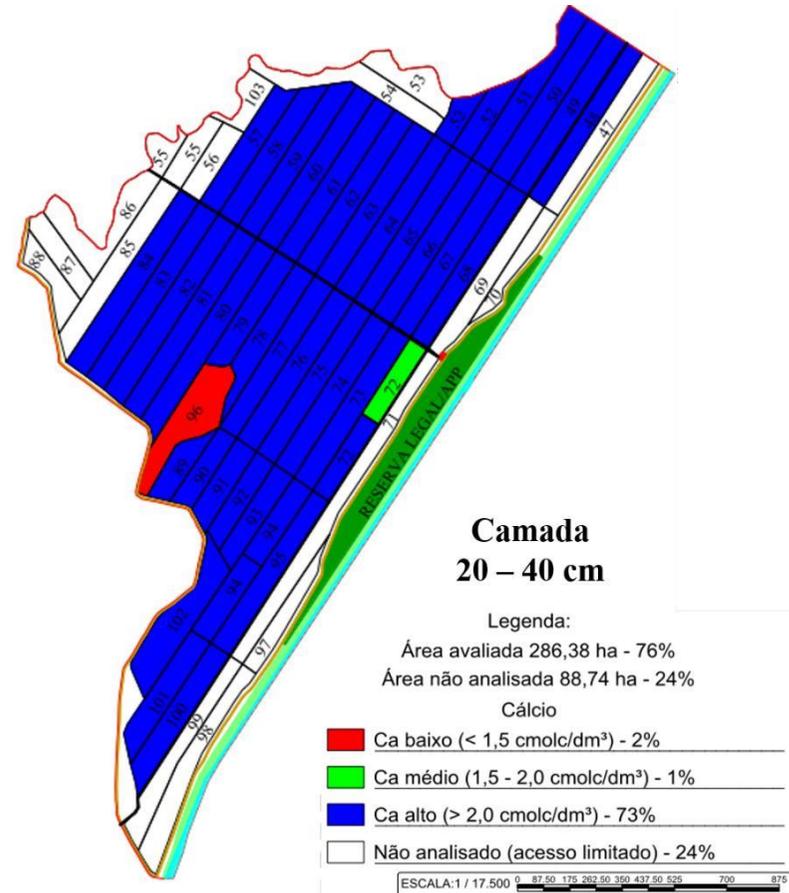
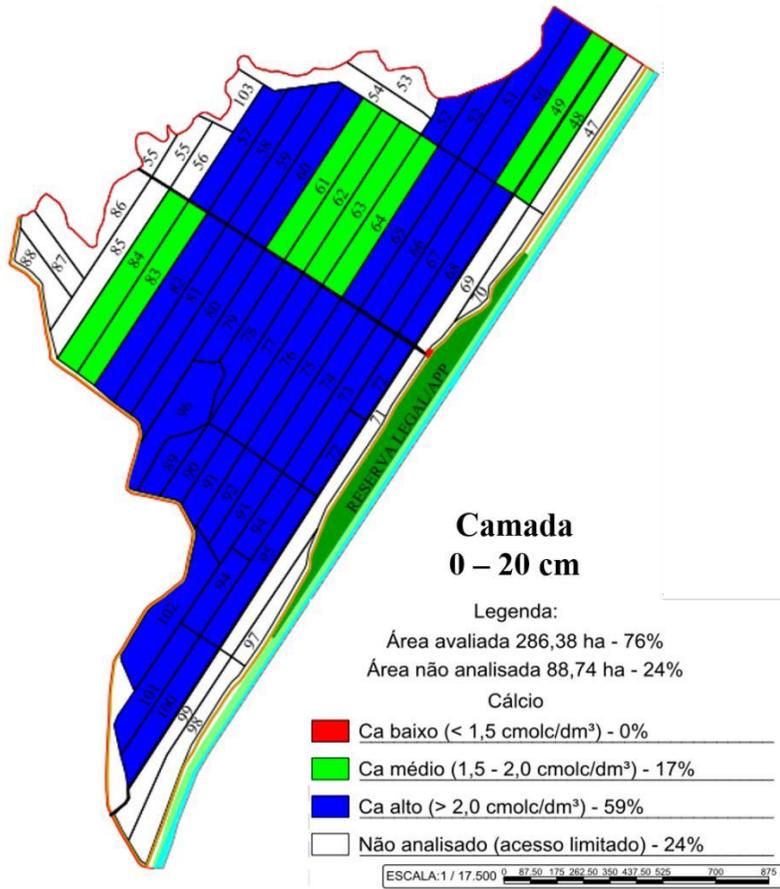
A saturação de Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^+ são baixas em mais de 50% da área (Mapas 10, 11 e 12). Em solução, estes nutrientes estão sujeitos a serem perdidos por lixiviação ou formar complexos com a M.O. e outros elementos, reduzindo a disponibilidade. Após a drenagem ácida de solos tiomórficos, o K^+ , que é liberado das esmectitas, pode se ligar ao Fe^{+2} e SO_4^{-2} em solução, e precipitar na forma do mineral Jarosita ($\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$) (Figura 3B), se tornando indisponível às plantas.

Teor de P



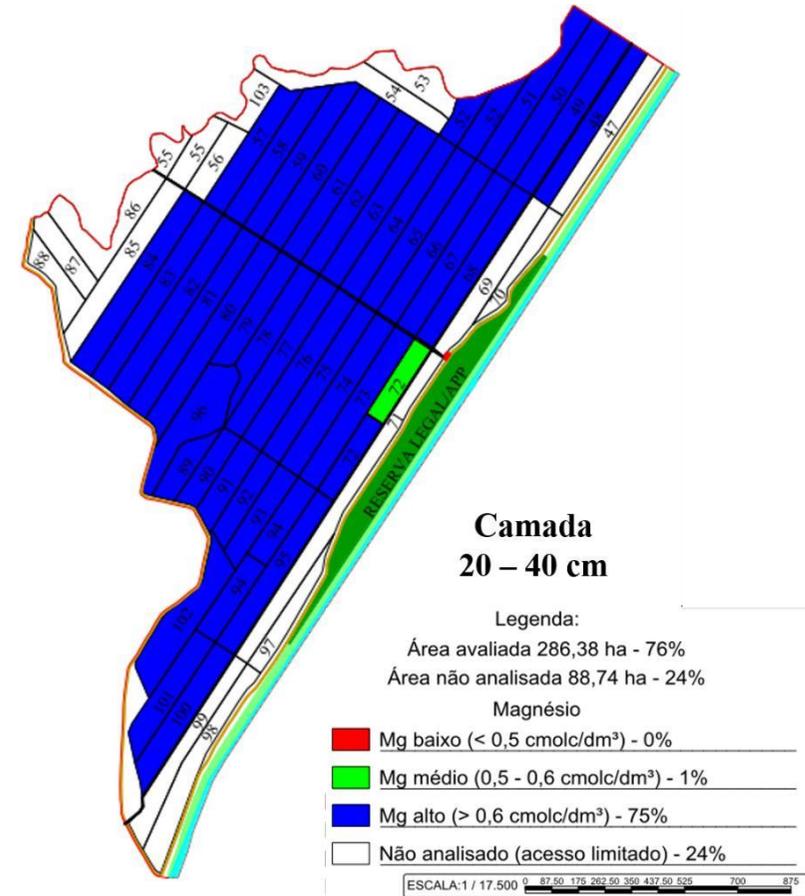
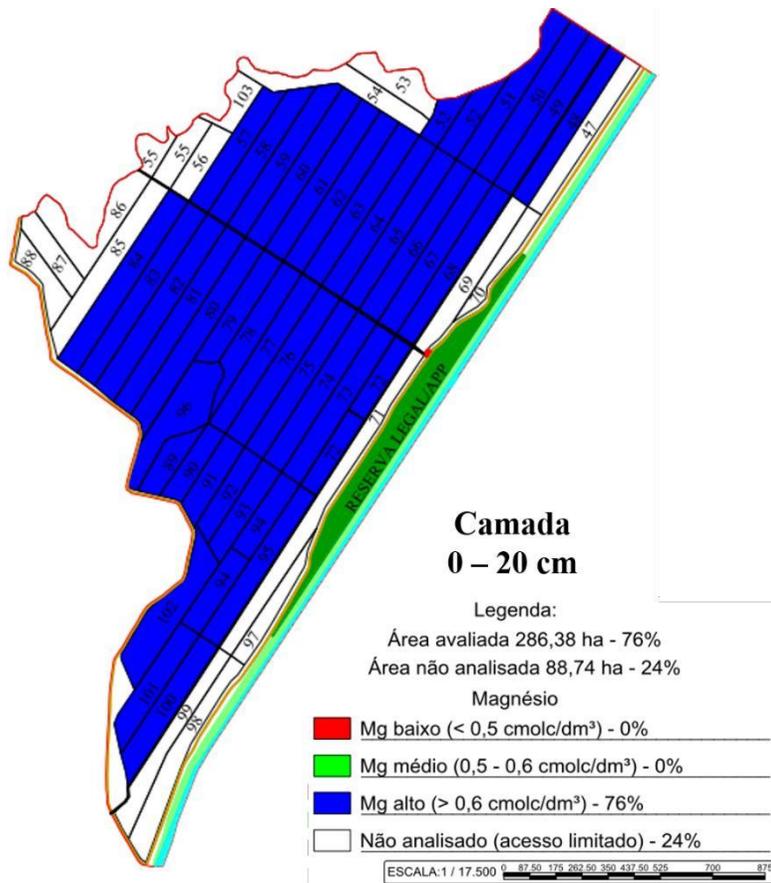
Mapa 6 – Teor de P disponível no solo, nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm na área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu - PB.

Teor de Ca



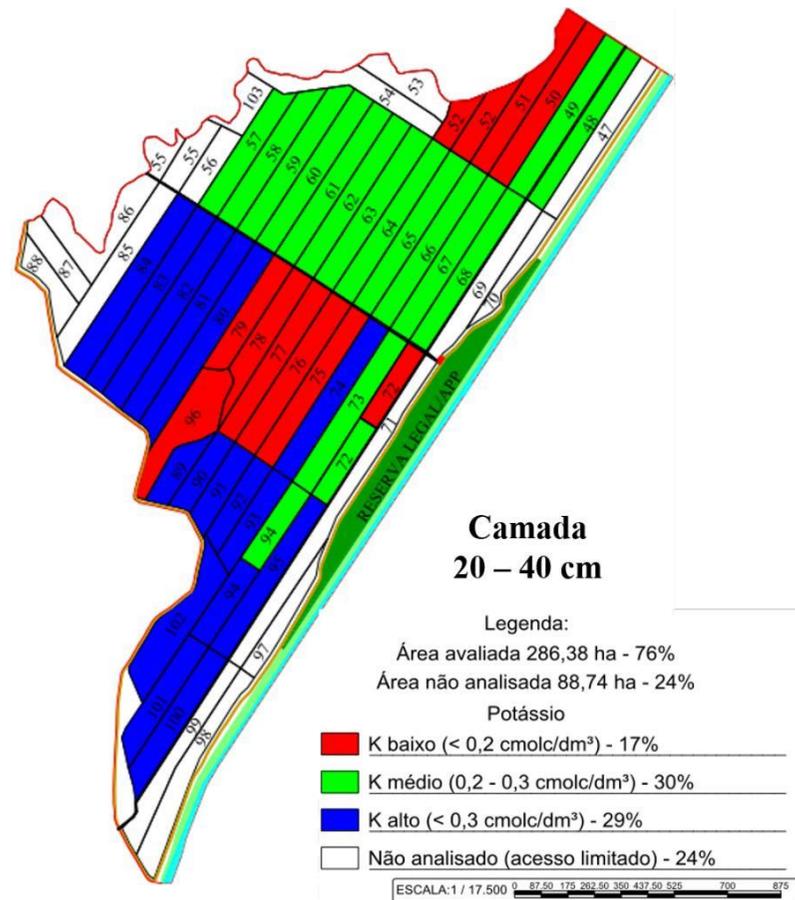
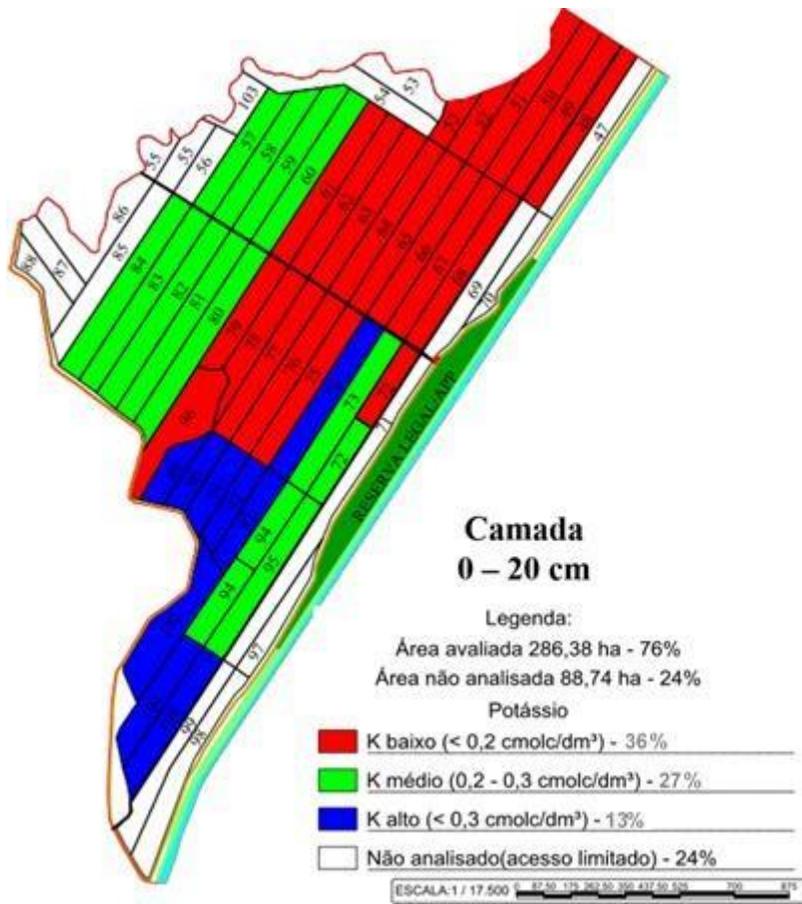
Mapa 7 – Teor de Ca trocável no solo, nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm na área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu - PB.

Teor de Mg



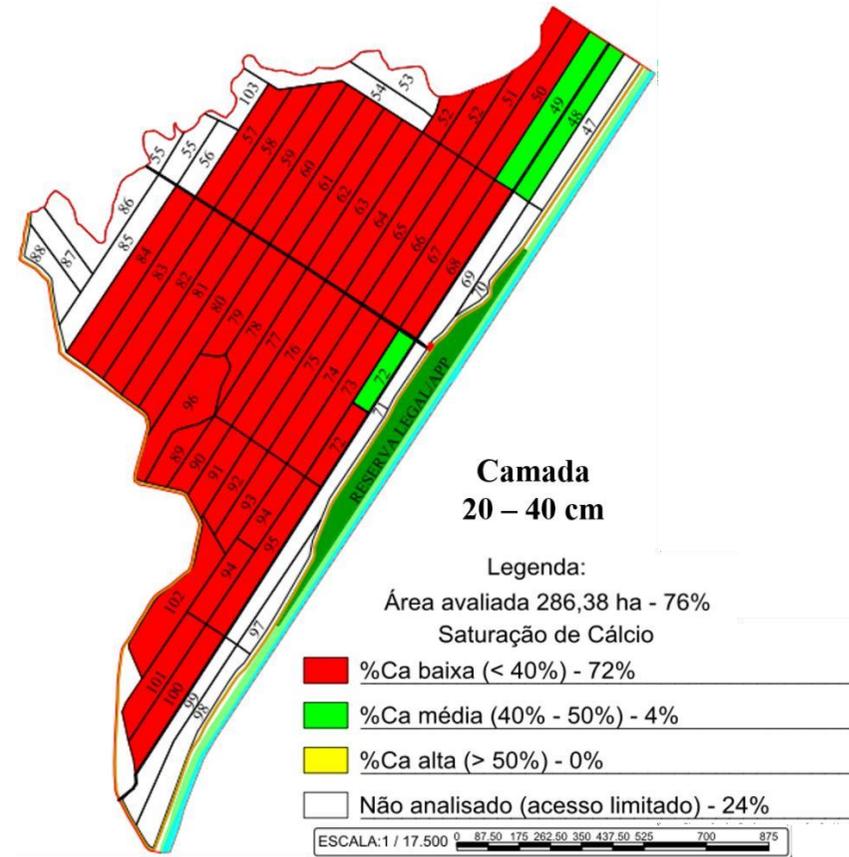
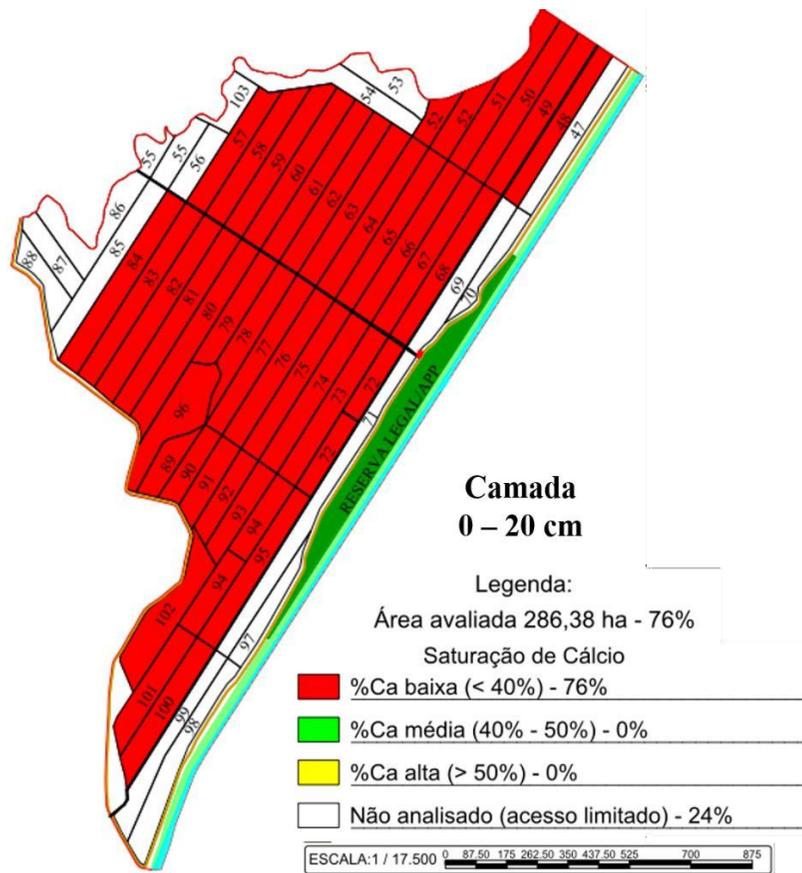
Mapa 8 – Teor de Mg trocável no solo, nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm na área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu - PB.

Teor de K



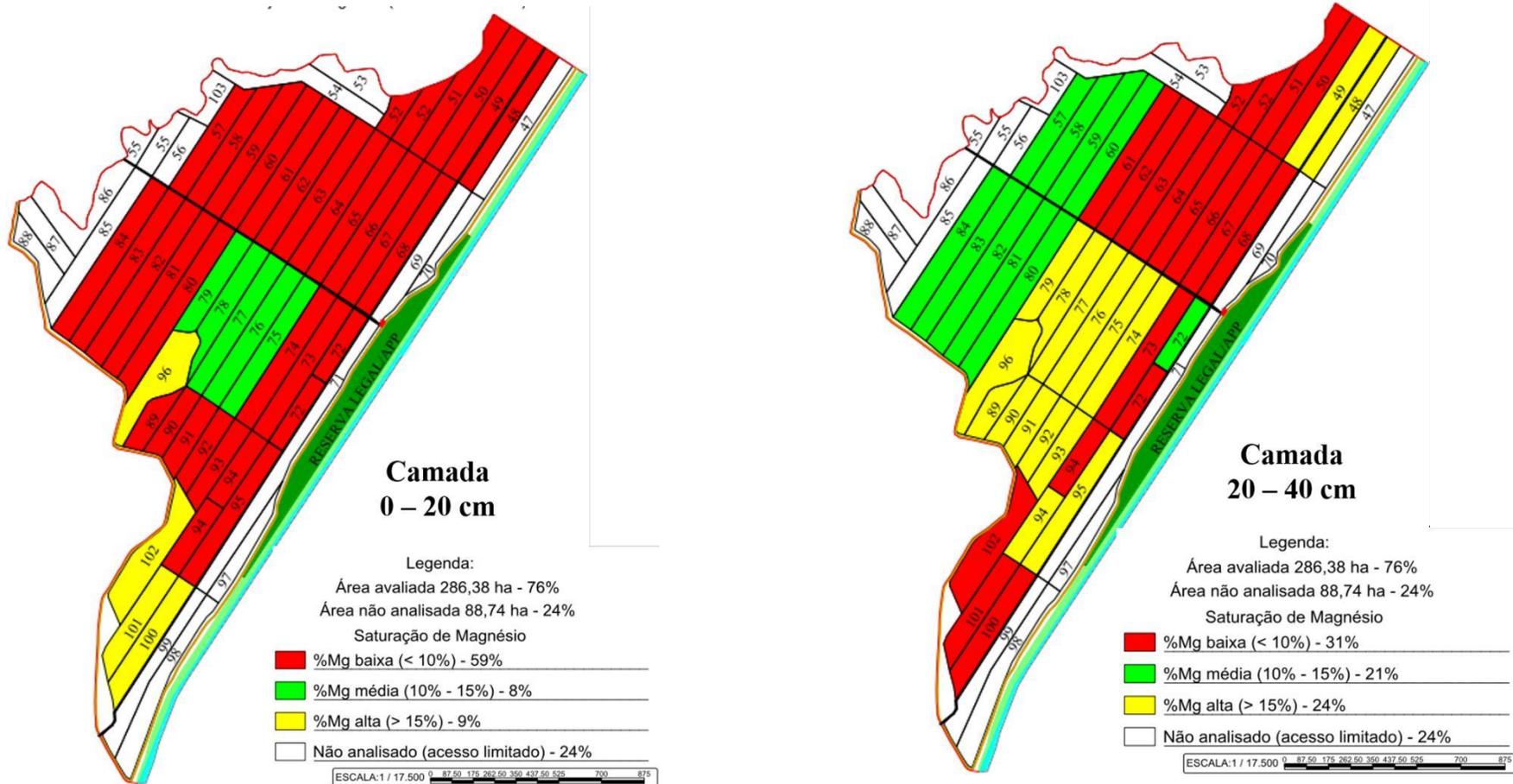
Mapa 9 – Teor de K no solo, nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm na área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu - PB.

Saturação de Ca



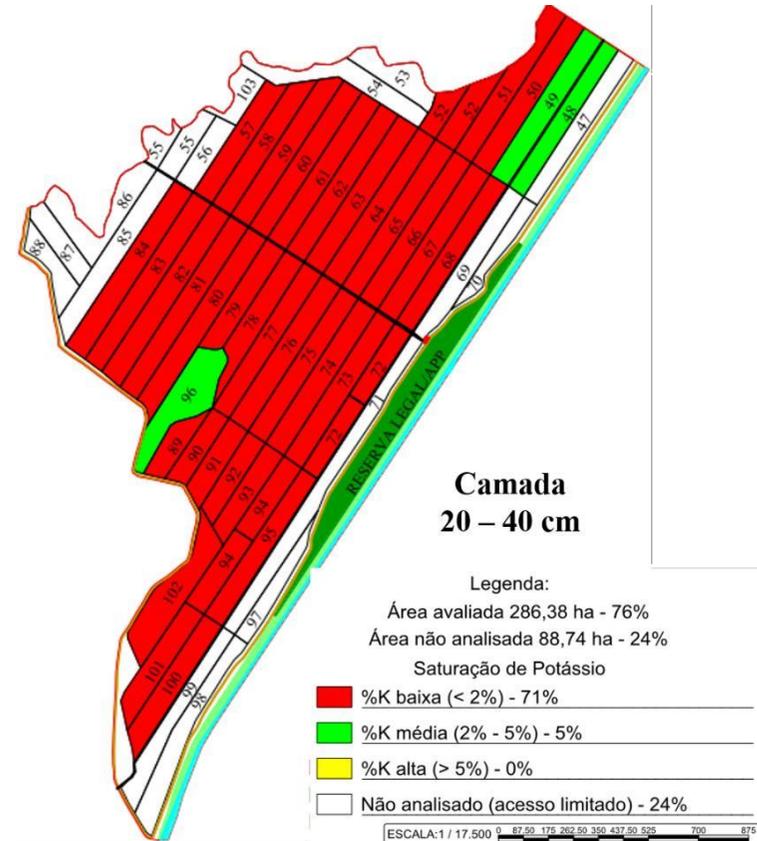
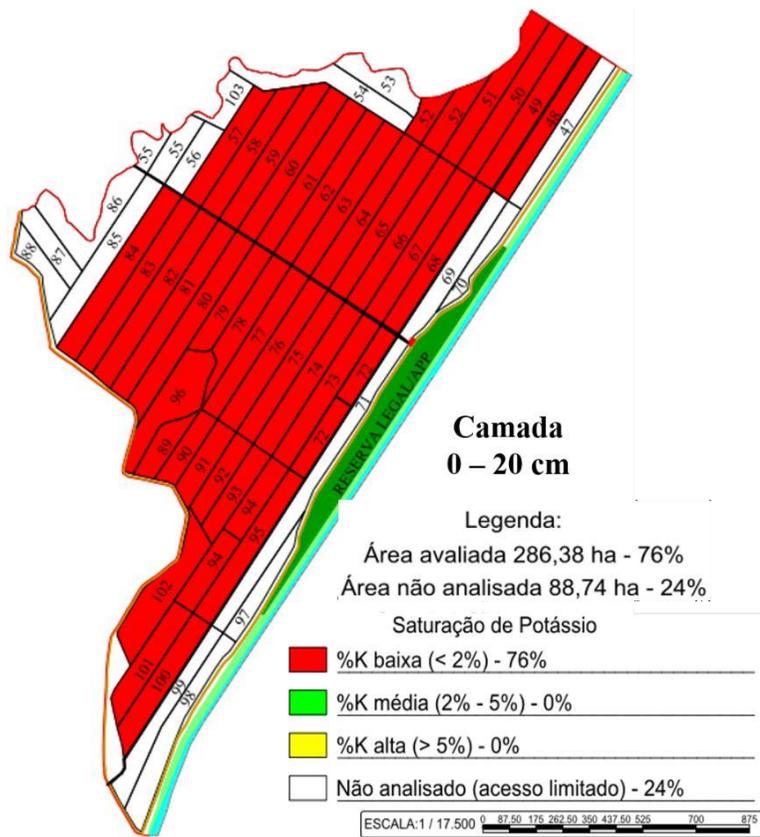
Mapa 10 – Saturação de Ca na CTC do solo, nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm na área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu - PB.

Saturação de Mg



Mapa 11 – Saturação de Mg na CTC do solo, nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm na área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu - PB.

Saturação de K



Mapa 12 – Saturação de K na CTC do solo, nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm na área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu - PB.

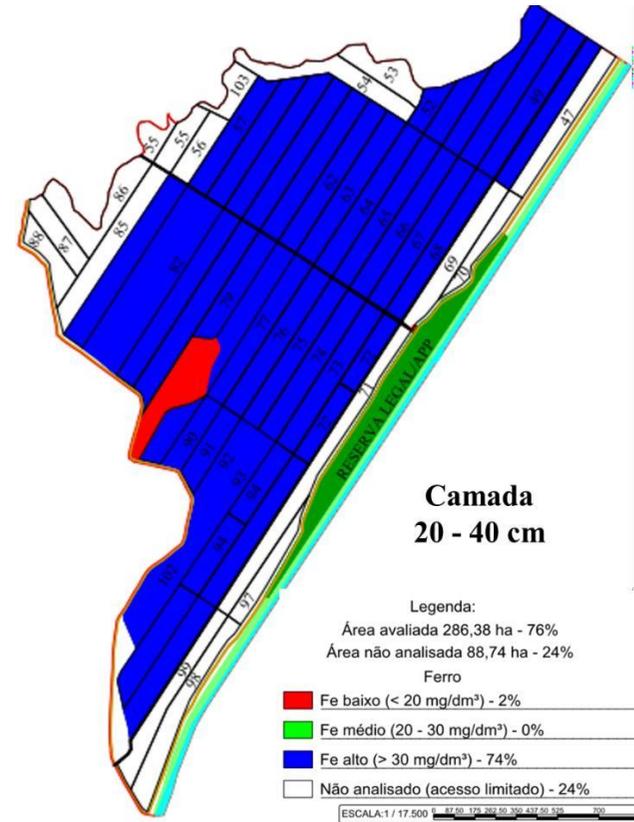
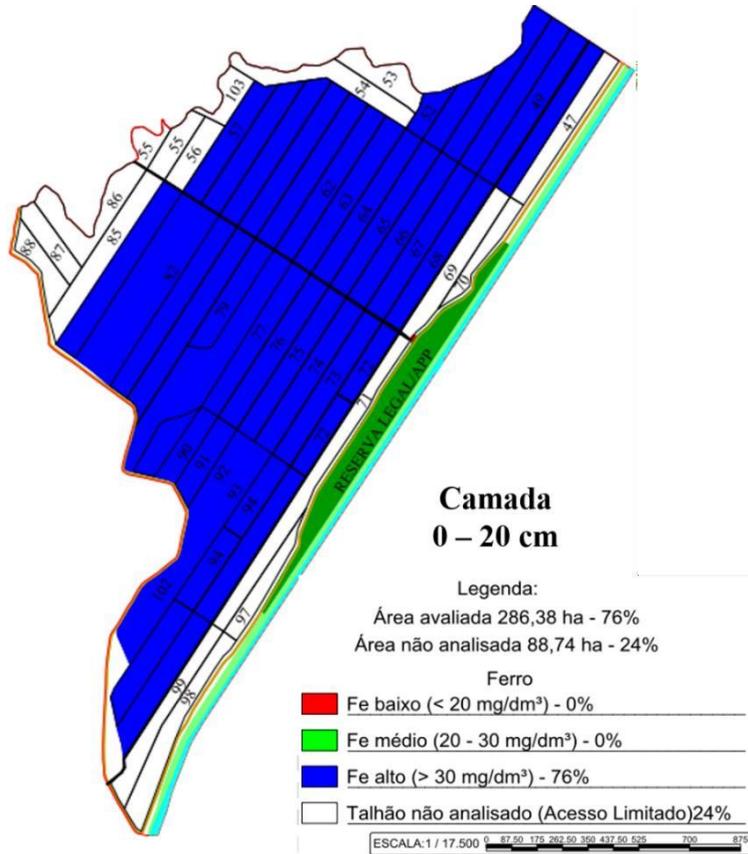
2.10. Micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn e B)

A solubilização dos micronutrientes é favorecida pela drenagem destes solos, devido à redução brusca do pH, aumentando assim a disponibilidade dos mesmos. A M.O., apesar de ser considerada fonte de micronutrientes, pode se tornar dreno destes elementos quando presente em alta concentração no solo, pois os complexa, tornando-os menos disponíveis. Todavia, isto pode ser benéfico quando alguns micronutrientes se encontram em altas concentrações no solo, diminuindo seus efeitos tóxicos.

Em toda área foram observados elevados teores de ferro (Fe), zinco (Zn) e boro (B) em mais de 40% da área (Mapas 13, 14 e 15). *A adubação com esses nutrientes só deve ser realizada se identificada deficiência em análise do tecido foliar. Especificamente para os lotes em vermelho, os teores no solo estão a baixo do indicado, necessitando, assim, de doses mais elevadas (Mapa 14).*

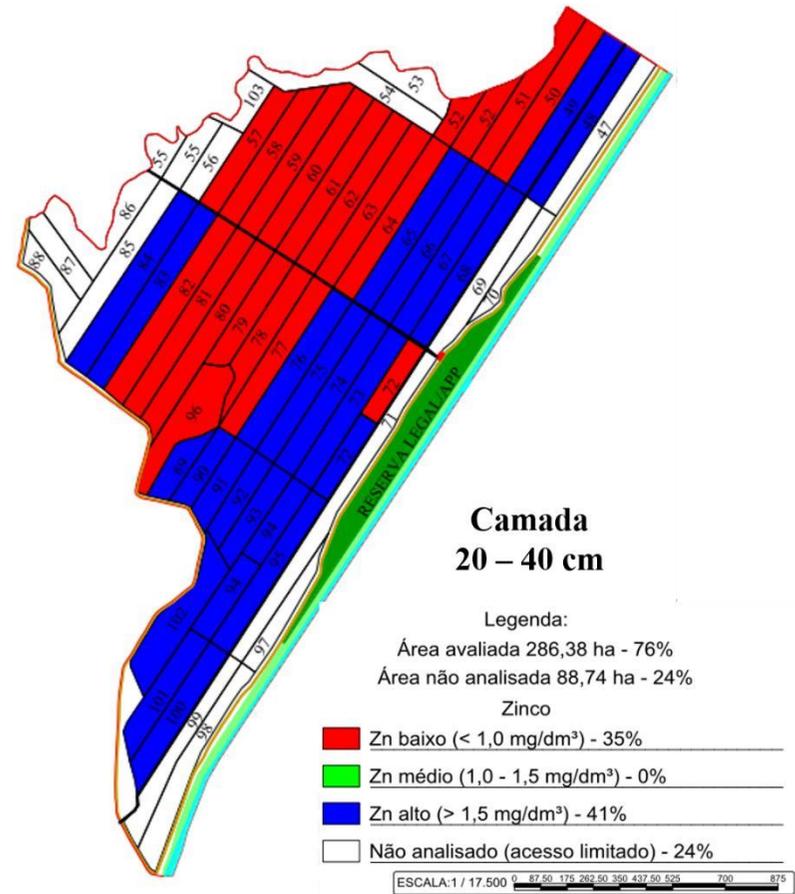
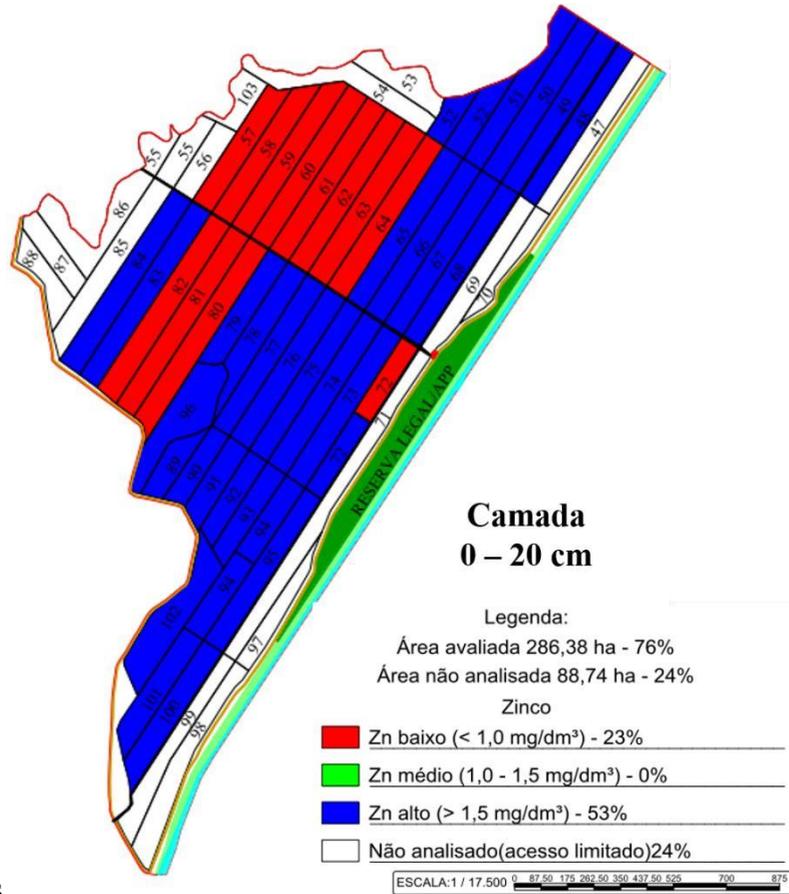
Alguns micronutrientes têm maior afinidade pela M.O. e formam complexos de maior estabilidade que reduzem suas disponibilidades no solo. O cobre (Cu) e manganês (Mn) são exemplos, pois foi identificado baixa disponibilidade desses nutrientes, principalmente na camada 0-20 cm para o Cu (Mapas 16 e 17). É comum a deficiência desses nutrientes nesta região de produção de cana-de-açúcar, herdada da carência natural do material (rocha e/ou sedimento) que originou os solos. Assim, é necessária a adubação corretiva de Cu e Mn, com aplicação de fontes quelatizadas ou de baixa solubilidade no solo. No mercado existe fontes desses nutrientes na forma de óxidos (Yara e Agrichen) e quelatizadas (Stoller, Union Agro, Ubyfol). Além da aplicação via solo, será necessário intervenção com adubação foliar no início do máximo desenvolvimento vegetativo, entre os meses de abril a agosto, com mais de uma aplicação. Para o uso de misturas, deve-se selecionar formulações com baixas concentrações de Fe e B.

Teor de Fe



Mapa 13 – Teor de Fe disponível no solo, nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm na área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu - PB.

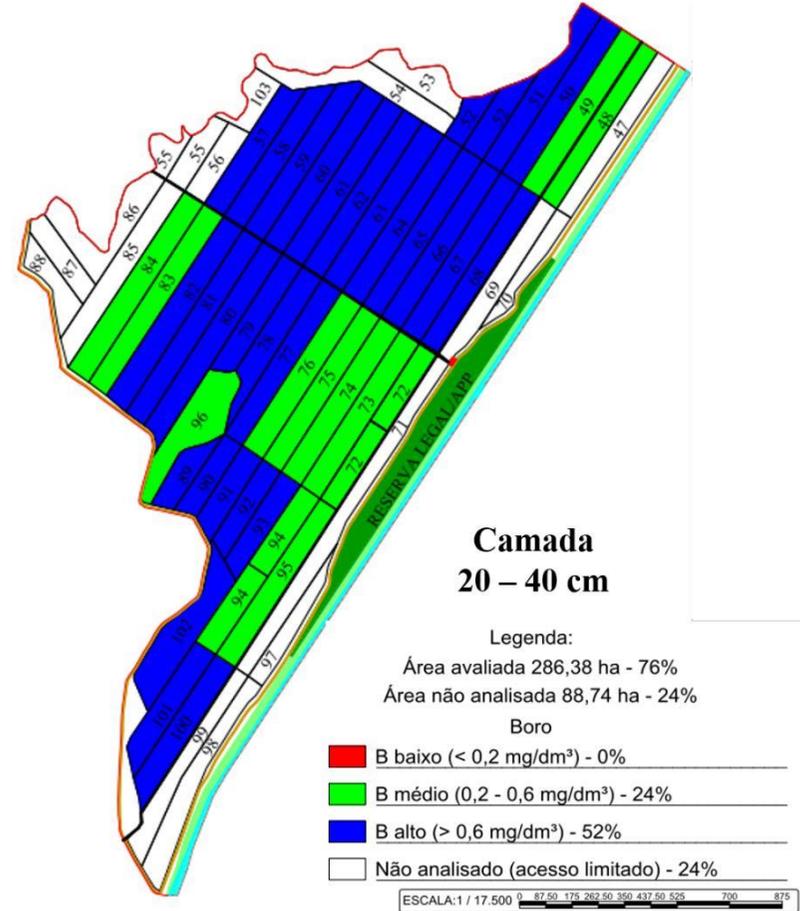
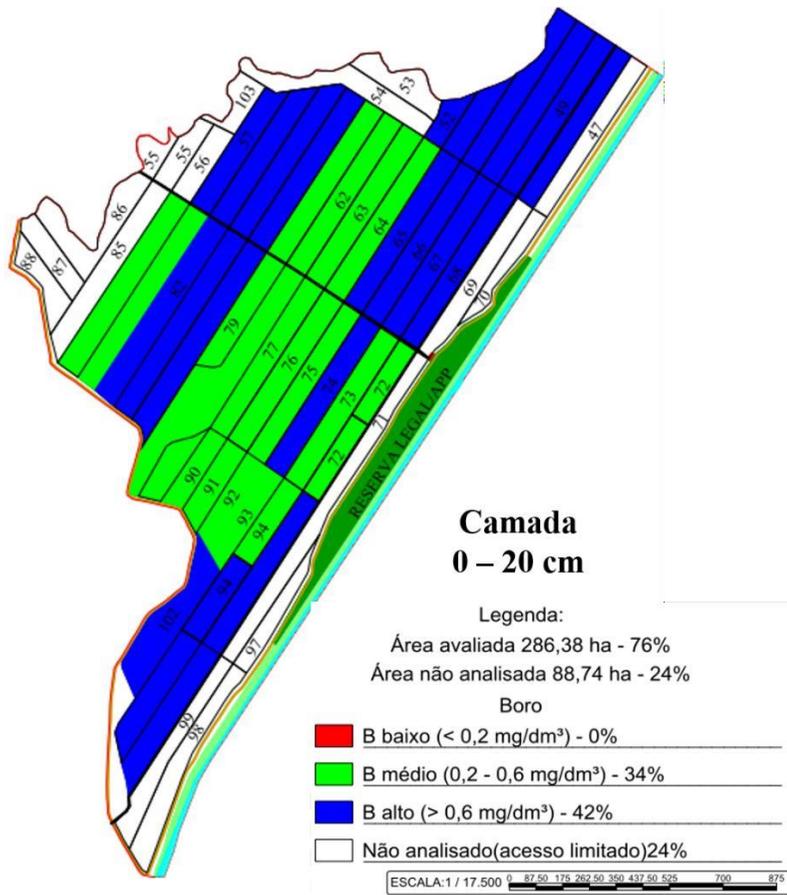
Teor de Zn



Os

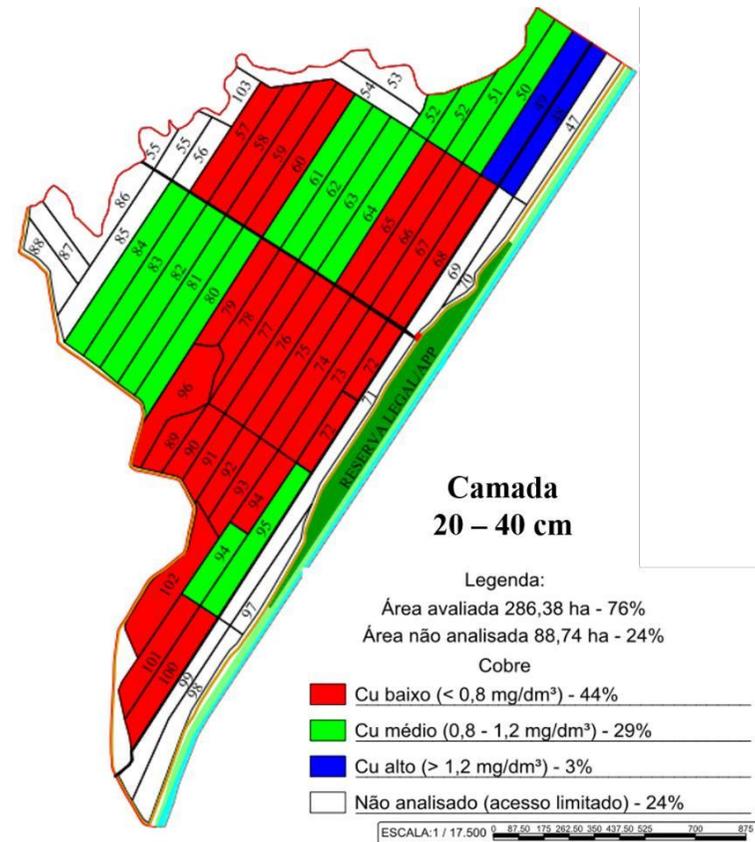
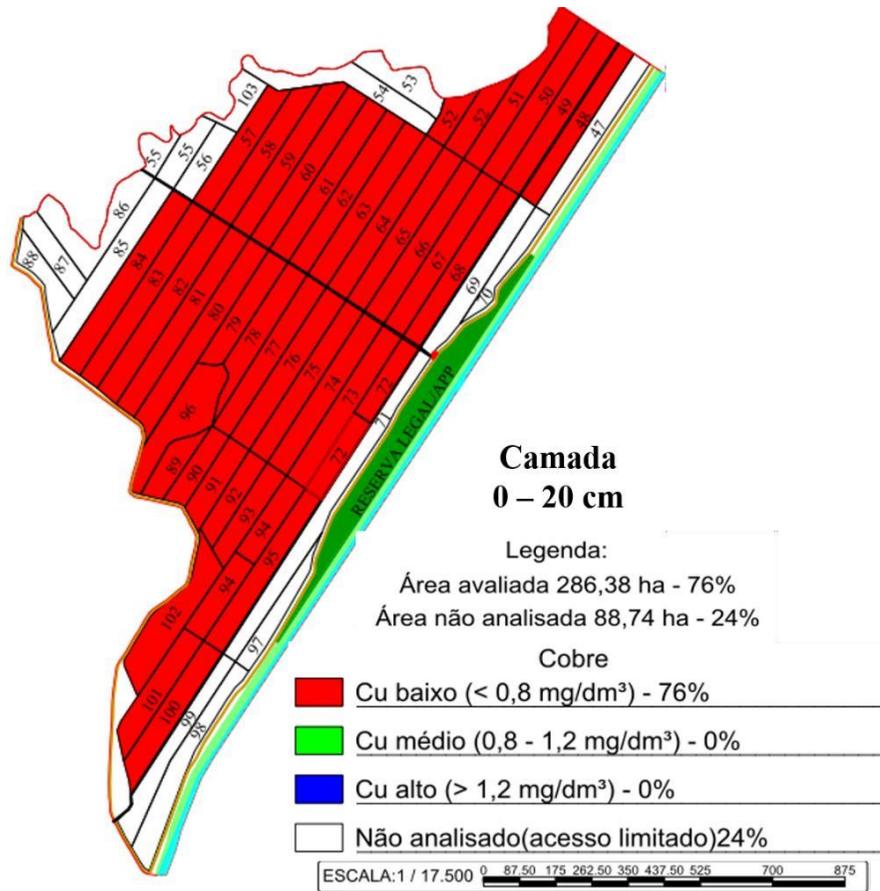
Mapa 14 – Teor de Zn disponível no solo, nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm na área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu - PB.

Teor de B



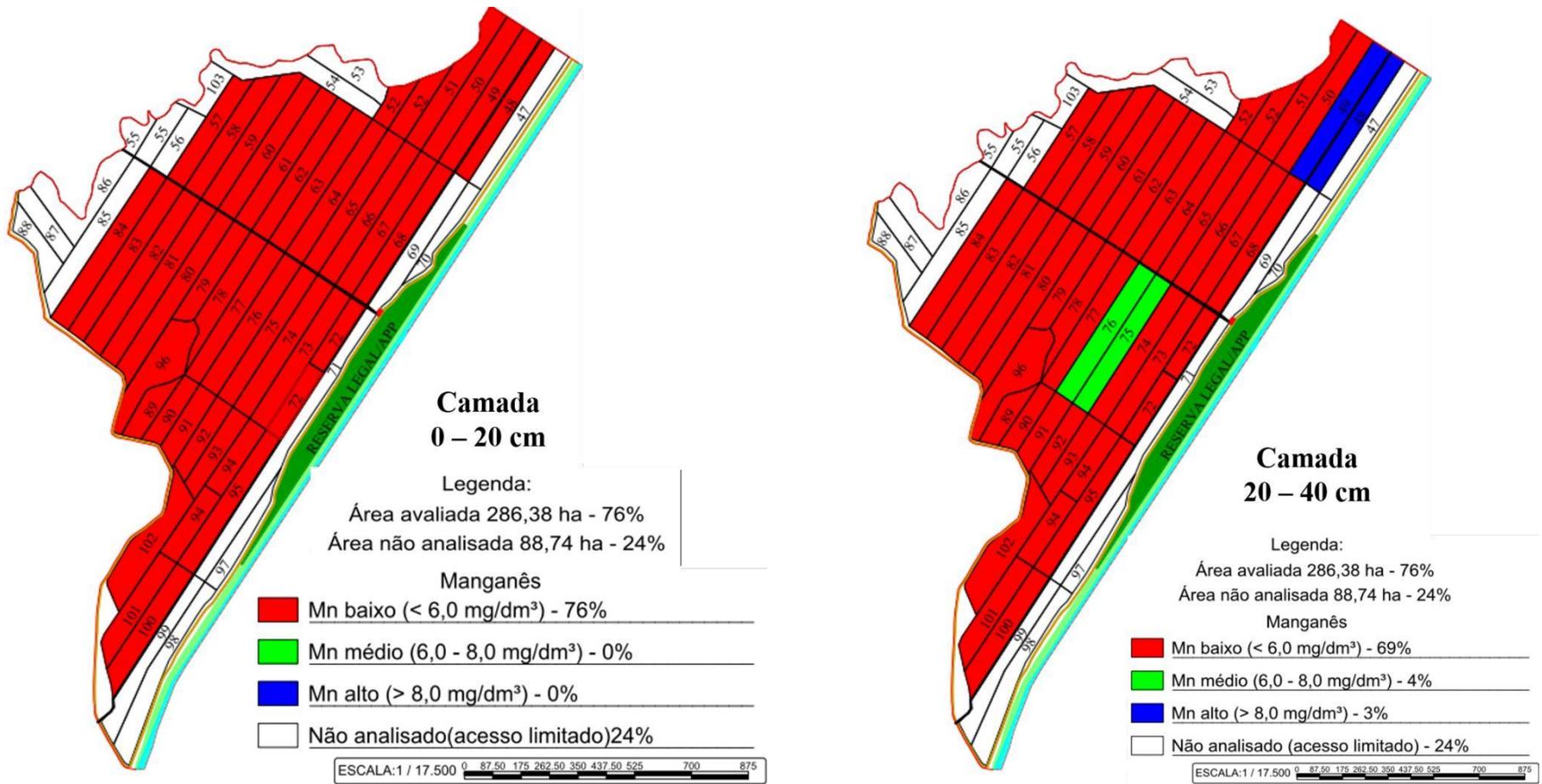
Mapa 15 – Teor de B disponível no solo, nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm na área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu - PB.

Teor de Cu



Mapa 16 – Teor de Cu disponível no solo, nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm na área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu - PB.

Teor de Mn



Mapa 17 – Teor de Mn disponível no solo, nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm na área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu - PB.

2.11. Condutividade elétrica (CE)

A Área 2 apresentou maior percentual de área com elevados teores de sais (Mapa 18). A influência das águas das marés, as quais possuem elevada concentração de sulfatos e outros sais, promoveu a elevação da CE dos solos. A drenagem, já realizada na área, promoveu a remoção de parte dos sais. Em 46% da camada superficial do solo, a CE está acima do indicado para a cultura, onde valores acima de 1,7 dS/m, a depender das condições do solo, da variedade utilizada e do manejo adotado, pode induzir estresse hídrico, prejudicando o sistema fotossintético das plantas, mesmo não sendo atingido o caráter salino.

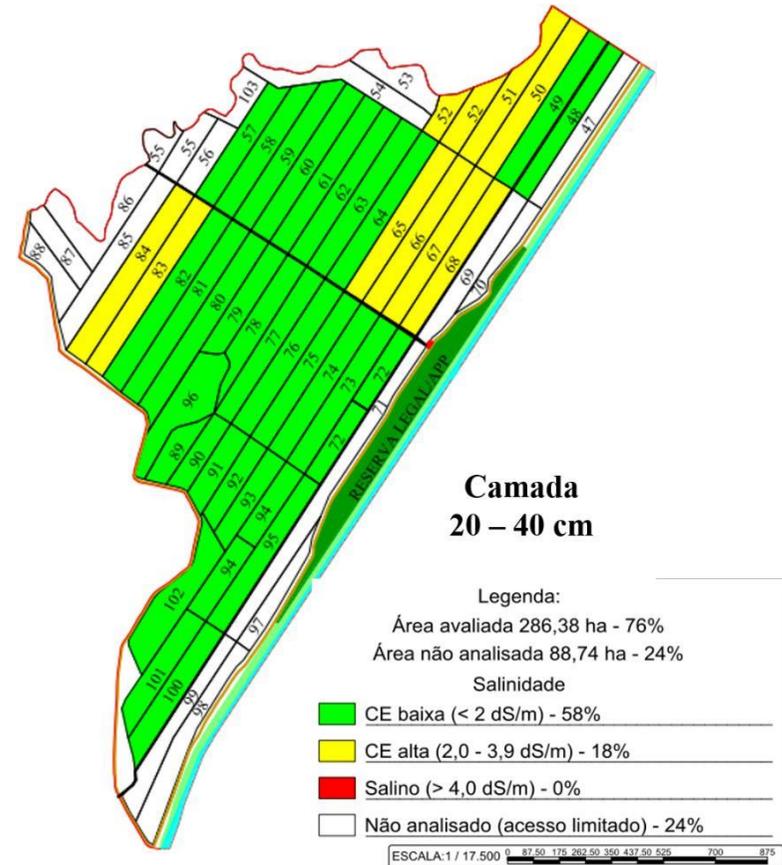
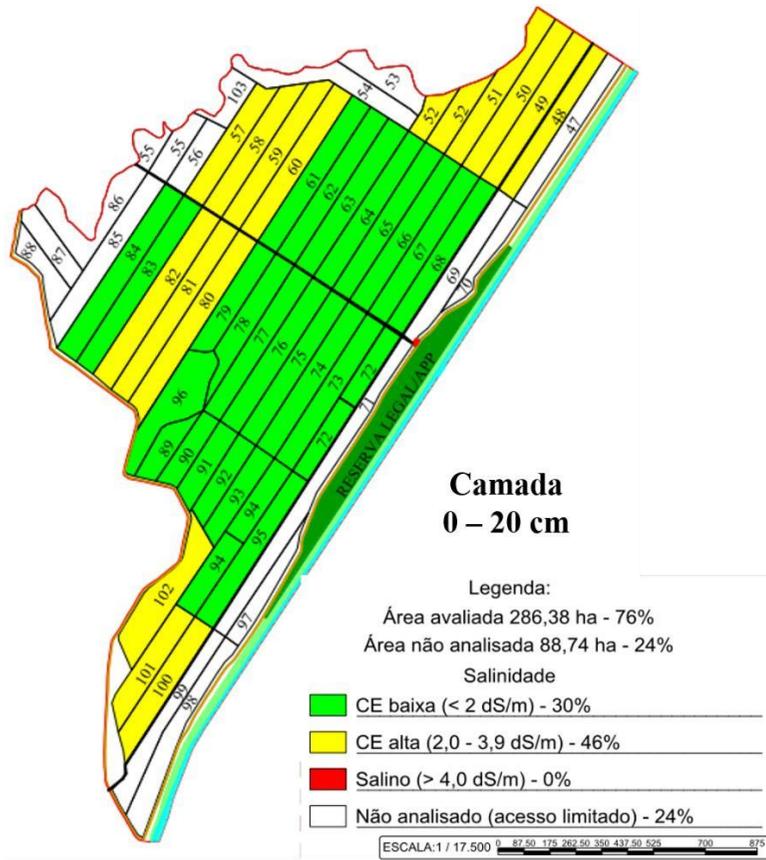
Na camada subsuperficial apenas 18 % dos solos apresentaram elevada CE, o que indica acúmulo superficial oriundo do histórico de alagamento com água de alta CE. Como a área de produção está situada no litoral paraibano, com precipitações anuais acima de 1.200 mm/ano, atrelado a existência de um projeto de irrigação para o local e a manutenção do lençol freático no nível recomendado, espera-se que os anos de cultivo reduzam o efeito salino dessa área com a manutenção da umidade do solo.

Após a estabilização do nível do lençol freático, é recomendado realizar o monitoramento da CE para evitar o comprometimento do desenvolvimento da cultura. Como o terreno apresenta irregularidades, pode ocorrer acúmulo de água nas cotas mais baixas da área e, após drenagem natural, há tendência de aumento na CE do solo rebaixado devido as altas concentrações de sulfato decorrentes do tiomorfismo. Para evitar que isto ocorra, é recomendado a realização do nivelamento do terreno e a manutenção do lençol freático a uma altura de 30 cm.

2.12. Sodicidade

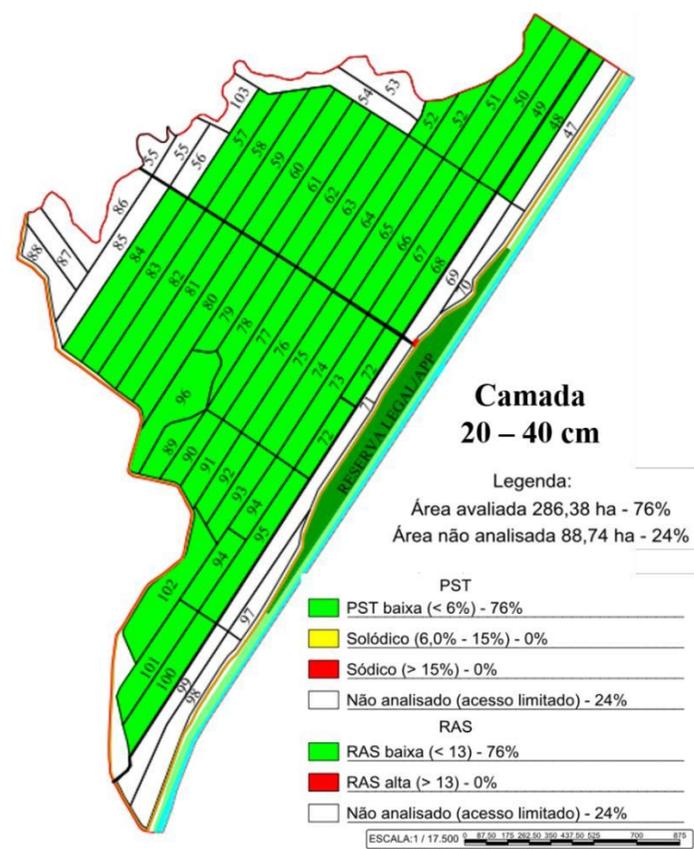
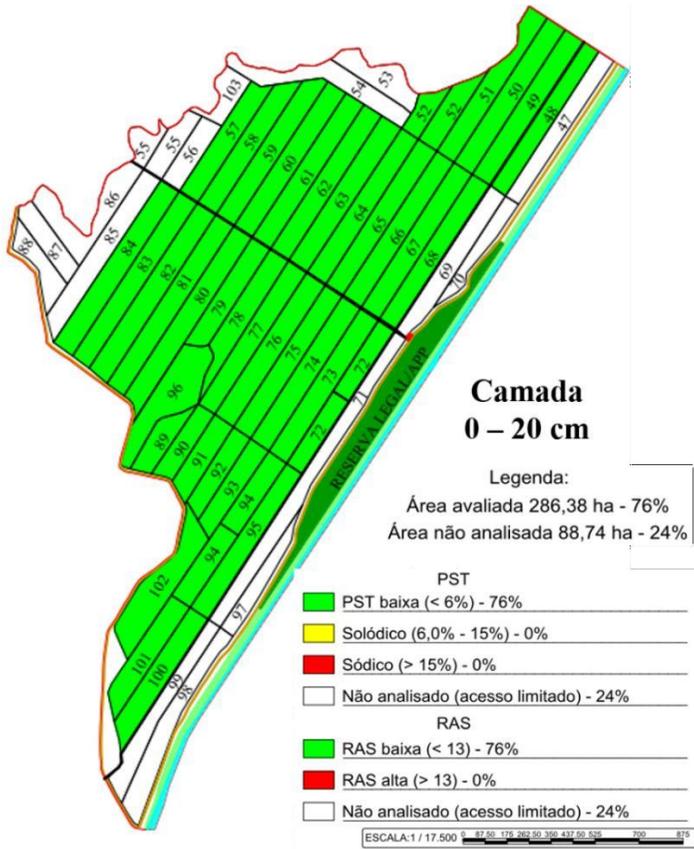
Em toda área avaliada não foi observado acúmulo de sódio (Na^+) até 40 cm (Mapa 19), observado pela porcentagem de sódio trocável ($\text{PST} < 6\%$) e relação de adsorção de sódio ($\text{RAS} < 13$) baixos. Na profundidade 60-80 cm (lote 52) foi observado teores de sódio mais elevados, apresentando caráter solódico (PST entre 6 e 15%) devido a influência marinha em camadas subsuperficiais do solo. A estabilização do nível do lençol freático em 30 cm é importante para que este íon não se acumule em camadas superficiais e promova degradação física e química do solo, prejudicando, conseqüentemente, o desenvolvimento e nutrição da cana-de-açúcar.

Condutividade Elétrica



Mapa 18 – CE do solo nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm na área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu - PB.

Porcentagem de sódio trocável



Mapa 19 – PST e RAS do solo nas camadas 0-20 cm e 20-40 cm na área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu – PB.

3. Avaliação física do solo

3.1. Textura

Os solos da área alagada são predominantemente Franco Arenosos na camada de 0-20 cm (Tabela 2). O teor de argila aumenta em subsuperfície, tornando-se Franco Argiloso na maioria dos lotes (Tabela 3). O maior percentual de argila em subsuperfície causa uma redução da macroporosidade, reduzindo, de forma significativa, a infiltração de água no solo.

Tabela 2 – Classe textural dos solos da Área 1 (antes da casa de bomba)

| Lote | 0 – 20 cm | Classe textural | 20-40cm |
|----------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| 72 | Franco | | Franco Argiloso |
| 72.1 | Franco Arenoso | | Areia |
| 73/94.2 | Franco Argiloso | | Franco Argiloso |
| 74 | Franco Arenoso | | Franco |
| 75/76 | Franco Arenoso | | Areia |
| 77 | Franco Argilo Arenoso | | Franco Arenoso |
| 82 | Franco Argilo Arenoso | | Franco Argiloso |
| 83 | Franco Arenoso | | Franco Argiloso |
| 91/92/93 | Areia | | Franco Arenoso |
| 94/95 | Franco Arenoso | | Franco Arenoso |
| 96 | Areia | | Areia |
| 100/101 | Franco Arenoso | | Franco Arenoso |

Tabela 3 – Classe textural dos solos da Área 2 (depois da casa de bomba).

| Lote | 0 – 20 cm | Classe textural | 20-40cm |
|----------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| 48/49 | Franco | | Franco Siltoso |
| 50/52 | Franco Arenoso | | Franco Argiloso |
| 58/60 | Franco Argilo Arenoso | | Franco |
| 62/63/64 | Franco Arenoso | | Franco Argiloso |
| 67/68 | Franco Argilo Arenoso | | Franco |

A composição da argila apresenta predominância de minerais 2:1 do tipo esmectita (montmorilonita), de acordo com Mendonça (2011)³. O aumento da argila na camada 20-40 cm implica no aumento da CTC em subsuperfície e caráter expansivo em profundidade, como verificado pela presença de fendas no solo. O manejo inadequado de maquinário e da irrigação nesse solo podem resultar em graves problemas de ordem física, como redução da permeabilidade (Figura 2C).

³Caracterização de solos tiomórficos da várzea do rio Camocim, Caaporã, PB.

3.2. Permeabilidade do solo

A água do rio Popocas é considerada de boa qualidade química (baixos teores de sais e sódio) (Tabela 4) e vem sendo utilizada para irrigação da área de estudo. Em solos com altos teores de matéria orgânica e presença de minerais 2:1 é recomendado o estudo da influência da água de boa qualidade nas propriedades físicas do solo, devido à susceptibilidade ao adensamento e à redução da permeabilidade.

Tabela 4 – Avaliação da qualidade química das águas dos rios no entorno da área alagada da Fazenda Boqueirão – Destilaria Tabu

| Fonte | CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) |
|-------------|--------------------------------|
| Rio Camucim | 798,8 |
| Rio Popocas | 188,3 |

O ensaio de condutividade hidráulica em amostras de solo saturadas com água (K_{sat}) foi realizado após estabilização da CE da solução lixiviada por 7 dias. Durante a primeira leitura, foi identificado que na camada superficial houve um aumento na permeabilidade do solo, provavelmente devido aos maiores teores de M.O. nesta camada. Nessa camada, a permeabilidade foi classificada como lenta (Tabela 5). Como os teores de M.O. continuam altos em subsuperfície, o efeito sobre a K_{sat} se estende até 40 cm. Na camada 60-80 cm, a permeabilidade torna-se muito lenta devido à obstrução de poros causada pela dispersão das partículas de argila do solo (minerais de alta atividade).

Após 30 dias mantendo carga constante nas amostras, a permeabilidade foi reduzida nas duas camadas submetidas às águas de ambos os rios (Tabela 5). A redução foi menos expressiva quando a água do rio Camucim foi utilizada. O maior teor de sais da água deste rio promove a maior neutralização das cargas negativas das esmectitas (maior floculação do solo), promovendo a agregação das partículas do solo e, conseqüentemente, há a menor obstrução dos poros do solo. Apesar disto, a condutividade hidráulica do solo foi caracterizada como lenta, o que reduz a infiltração de água no perfil do solo.

Quando o solo foi submetido à água do rio Popocas (boa qualidade) ocorreu a diminuição da permeabilidade do solo devido à redução da concentração de sais, o que favorece a dispersão e obstrução dos poros do solo. Com a redução da concentração de sais, as cargas elétricas das argilas não são neutralizadas e as partículas sofrem repulsão, não permitindo a agregação do solo.

Tabela 5 - Condutividade hidráulica do solo (K_{sat}) da área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu

| Prof. (cm) | Ksat (cm/h) | | Classe de permeabilidade |
|----------------|-------------|-------------|--------------------------|
| | RIO CAMUCIM | RIO POPOCAS | |
| 7 dias | | | |
| 0-20 | 0,162 | 0,133 | Lenta |
| 60-80 | 0,084 | 0,082 | Muito lenta |
| 30 dias | | | |
| 0-20 | 0,111 | 0,077 | Muito lenta |
| 60-80 | 0,045 | 0,035 | Muito lenta |

A amostra coletada no lote 52. Permeabilidade lenta: 0,125 cm e 0,5 cm/h; Muito lenta: < 0,5 cm/h.

A maior concentração de sais em solução, respeitando os níveis aceitáveis para as culturas (< 2 dS/m), pode ter efeitos positivos sobre a condutividade hidráulica de solos com argila do tipo 2:1. A água do rio Camucim, com CE de 798,8 $\mu\text{S cm}^{-1}$, tem menor efeito dispersivo e favorece a agregação do solo. Deve-se estar atento aos teores de Na nos períodos de maior influência da maré no rio Camucim. A adição de Na nos solos avaliados tem efeito dispersivo e compromete também a nutrição de plantas.

A presença de Al^{+3} trocável em altas concentrações, para este solo, permite que não haja o comprometimento total na permeabilidade do solo, pois este elemento, apesar de tóxico para as plantas, promove o efeito contrário à dispersão do solo, ou seja, favorece a floculação. Desta forma, é importante realizar estudo para avaliação do potencial de comprometimento da permeabilidade do solo pela utilização da água de boa qualidade do rio Popocas, bem como avaliar o potencial de utilização da água do rio Camucim (baixa qualidade – teor de Na^+ elevado), sob diferentes intensidades de influência da maré.

Em visita ao campo, durante a irrigação por aspersão (canhão hidráulico), foi identificado o selamento superficial, que impedia a infiltração da água no solo. Quando isto ocorre, a água permanece acumulada na superfície, impedindo a infiltração da água para camadas subsuperficiais que permanecem secas (Figura 5).



Figura 5 - Redução na infiltração da água no solo da Fazenda Boqueirão. Nota-se em A e B que a água de irrigação permanece estagnada em superfície e o solo permanece seco.

Em condições naturais, o selamento superficial ocorre devido ao tipo predominante de argila, propriedades químicas do solo e da composição da matéria orgânica, podendo ser agravado pelo revolvimento do solo (que ocorre durante o preparo e plantio) e/ou pela erosão causada pelo impacto da gota da água (da chuva ou irrigação) sobre o solo exposto. *A partir destas observações, deve ser considerada a utilização de aspersores de baixa precipitação na irrigação da área avaliada, para diminuir o acúmulo da água em superfície. Além disso, recomenda-se a manutenção da cobertura do solo durante os ciclos, o que pode ser viabilizado pela colheita de cana crua.*

4. Caracterização da água do lençol freático

A coleta das amostras de água foi realizada em três pontos, sendo duas amostras coletadas em trincheiras (Lotes 62 e 100) e uma no dreno que separa os lotes 75/76 (Tabela 6). Todas as amostras de água coletadas apresentaram elevada acidez, atingindo pH inferiores a 4,5, em consequência da drenagem ácida dos horizontes tiomórficos do solo.

A presença de sulfato, H^+ e outros íons solubilizados pela drenagem ácida do solo (Ca, Mg, cloretos e ferro) elevam a CE da água (> 6 dS/m) (Tabela 6) como ocorreu nos lotes 75/76 e 62. Nesses lotes, a concentração de sódio relativa aos teores de Ca e Mg está aumentando, porém a água é classificada como C4S1. Esse nível de salinidade é prejudicial à cultura da cana-de-açúcar, podendo causar perda de água dos tecidos da planta para o solo e limitações ao crescimento.

Os níveis de sólidos totais dissolvidos também estão altos (superior a 2.000 mg/L), refletindo a alta concentração de sais, Fe oxidado e material orgânico, que estão sendo lavados do solo pela drenagem. Esses fatores conferem a cor escura das águas coletadas.

Tabela 6 - Análise de água de drenagem da área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu.

| Atributos | Lote amostrado | | |
|--|----------------|---------|--------|
| | Área 1 | | Área 2 |
| | L-100 | L-75/76 | L-62 |
| pH | 4,27 | 3,22 | 3,16 |
| SO ₄ ⁻² (mmol _c /L) | 5,734 | 22,984 | 22,223 |
| Fe (mg/kg) | 2,422 | 47,39 | 49,05 |
| RAS | 0,40 | 5,90 | 9,70 |
| CE (dS/m) | 1,024 | 6,286 | 6,238 |
| Sólidos totais dissolvidos (mg/L) | 767,7 | 4714,4 | 4678,8 |

Coleta realizada em agosto de 2020.

A água do lote 100, apesar da CE ser inferior aos demais lotes, é classificada como C3S1, o que indica uma concentração de sais potencialmente limitante às culturas. Essa água, assim como a água do lote 62, pode ascender pelo fenômeno de capilaridade e atingir a superfície do solo, prejudicando o desenvolvimento da cana-de-açúcar. A manutenção do lençol freático permite a atenuação dos efeitos do tiomorfismo e da salinidade. É necessária a avaliação periódica das águas subsuperficiais para não haver problemas de salinização e sodificação na área. Esta avaliação deve ser feita a cada ciclo coletando a água proveniente dos drenos secundários observando os parâmetros que indicam elevados teores de sais e sódio (CE e RAS).

5. Recomendação de manejo nutricional

5.1. Correção do solo

A área em avaliação possui limitações química e física considerável para o cultivo e desenvolvimento da cana-de-açúcar. O manejo do lençol freático e a redução dos efeitos da alta acidez e do alumínio elevado devem ser priorizados para que seja possível o desenvolvimento adequado da cultura. Deste modo, ações diferentes das convencionais serão sugeridas para minimizar o efeito adverso do solo.

Serão apresentadas recomendações para a manutenção da socaria na área 01 e para o plantio da Área 2. A socaria deve receber aplicação de calcário na dose de 2,0 t/ha para ser distribuído em área total. Adicionalmente também pode ser aplicado na linha de cultivo 1,0 t/ha de calcário dolomítico ou 300 kg/ha do calcário calcinado (Tabela 7).

Para a cana planta da Área 2 foi identificadas concentrações de sais e saturação de Al mais altas quando comparadas com a Área 01, assim o condicionamento do ambiente radicular deve ser melhorado e o fornecimento de Ca e Mg no sulco de plantio tem que ser realizado. Após o inverno, quando a área permitir a mecanização, devem ser aplicadas mais 2,0 ton/ha em área total e proceder a incorporação até 20 cm (Tabela 7). Recomenda-se incorporar o calcário em maior profundidade, caso seja possível, aplicar no mínimo 5,0 ton/ha. Após a incorporação, proceder a subsolagem para reduzir o efeito do adensamento natural subsuperficial observado e minimizar o efeito do “pé de grade”, que será elevado nesse solo devido ao tipo de argila presente. Em seguida, proceder à abertura dos sulcos de plantio, e com os sulcos abertos devem ser aplicadas mais 2,0 ton/ha de calcário em área total para que o corretivo também seja acomodado no fundo de sulco de plantio (Tabela 7). Para realizar esta operação deve ser utilizada a distribuidora a lanço com o tráfego nas banquetas de distribuição de sementes utilizadas pelo caminhão. Deste modo, será possível aplicar calcário nas paredes, no fundo de sulco e na superfície da área.

Também é recomendada a utilização de calcário calcinado na dose 300 kg/ha direcionada para o fundo de sulco de plantio. Caso se opte pela aplicação do calcário calcinado, no sulco de plantio, não é necessário aplicar o calcário mineral em sulco aberto.

p.s. Cuidado deve ser tomado para que a distância entre as banquetas seja suficiente para cobrir toda a área aplicada de calcário.

p.s. É importante que a relação entre Ca:Mg do calcário utilizado na cana planta e cana soca seja igual ou superior a 2:1.

Tabela 7 - Aplicação de calcário como fonte de Ca e Mg em cana soca

| Área | Ciclo | Fonte | Dose / ha | Forma de aplicação |
|--------|-------------|---------------------|-----------|--------------------|
| Área 1 | Cana Soca | Calcário dolomítico | 2 ton | Área total |
| | | | 1 ton | Linha de Cultivo |
| | | Calcário calcinado | 300 kg | Linha de Cultivo |
| Área 2 | Cana Planta | Calcário dolomítico | 5 ton | Área total |
| | | | 2 ton | Sulco de Plantio |
| | | Calcário calcinado | 300 kg | Sulco de Plantio |

5.2. Fosfatagem

A prática da fosfatagem será de extrema importância e deve seguir a recomendação da Tabela 8. No Mapa 6, os teores de P são baixos em todos os lotes que serão plantados, com exceção dos Lotes 48 e 49. Com essa prática, o teor de P será elevado na superfície do solo e possibilitará para a planta maior volume de solo explorado. Como a acidez é elevada, a fonte utilizada deve ser o fosfato natural reativo (FNR) para que haja solubilização mais lenta e disponibilização gradual do P.

O P é importante para reduzir os estresses abióticos, reduzir a atividade do Al tóxico e auxiliar no desenvolvimento radicular. Estes fatores são importantes para mitigar os efeitos deletérios observados na Área 1 e que podem ocorrer na Área 2.

Tabela 8 - Recomendação da prática da fosfatagem

| Teor de P no solo (0 a 20 cm) | Cana Planta | Dose (kg/ha) | Fonte |
|-------------------------------|--------------|--------------|-------|
| < 15 mg/dm | Recomendação | 500 - 750 | FNR |

FNR: Fosfato natural reativo com 29 % do P₂O₅ solúvel em ácido cítrico.

5.3. Adubação de macronutrientes

Após a intensificação da correção no sulco de plantio, com objetivo de minimizar os efeitos da Al no enraizamento da cana planta, a adubação também deve ser estrategicamente reavaliada para aumentar a disponibilidade de N, P e K e reduzir efeitos negativos na acidez do solo, na disponibilidade de P e na salinização.

Cana planta

Na adubação fosfatada, a fórmula de plantio 11-24-18 é composta por MAP como fonte de P e o N amoniacal (N-NH₄⁺). Esse fertilizante possui o P disponível em água (100%), o que irá reagir com o Al elevado no solo e formar precipitados não solúveis, reduzindo desta

forma a disponibilidade para a cana planta e residual para cana soca. Como forma de minimizar a reação com o Al, as fontes de P em solos com alta acidez devem possuir menor solubilidade em água, sendo recomendada a utilização do superfosfato triplo, (ST) preferencialmente, ou do superfosfato simples (SPS), porém deve ser cauteloso o uso deste último por ser rico em enxofre (11%), o qual já está elevado no solo.

Nas condições dos solos tiomórficos da fazenda Boqueirão com baixo P, elevada acidez e Al tóxico, o uso do fosfato natural reativo (FNR) será a melhor opção (Tabela 10). Essa fonte possui solubilidade em meio ácido e é rico em Ca. Esses fatores irão disponibilizar o P e Ca, reduzir o efeito tóxico do Al ao sistema radicular, além de disponibilizar o P para socarias.

Como não existem resultados sobre eficiência da substituição total de fontes solúveis pelo FNR, recomendamos a realização de teste para avaliar o efeito desta prática no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar na Área 2. Nessa “área-teste” podem ser aplicados os tratamentos: T1 - FNR, T2 - ST (ou SPS), e T3 - ST (80 kg de P_2O_5) + FNR (complemento da dose de P_2O_5). Todos os tratamentos devem apresentar como dose final a recomendação de P_2O_5 da Tabela 11.

O suprimento de K deve ser mais elevado em virtude dos baixos teores no solo e pode ser feito em cobertura juntamente com o N na forma de nitrato (NO_3^-) utilizando a fórmula 15-00-26 que deve possuir o fertilizante CAN (Nitrato de amônio, cálcio e magnésio) como fonte de N (Tabela 9). Outras fórmulas como a 14-00-27 tem como fonte de N o sulfato de amônio que é rico em enxofre, elemento não desejado nesse solo, além da fonte amoniacal de $N-NH_4^+$ que acidifica ainda mais o solo.

Cana soca

Para a nutrição da cana soca nesse ambiente, o sulfato de amônio não deve ser utilizado na composição da fórmula de adubação de socaria. O enxofre, que já está elevado, e a forma amoniacal ($N-NH_4^+$) do N nesse fertilizante irá acidificar ainda mais o solo. *A fonte correta N para a socaria nesse solo é o nitrato de cálcio ou potássio, que possui o $N-NO_3^-$ que não acidifica o solo e não possui S na formulação. Caso o custo fique elevado, a alternativa é utilizar, como fonte de N na fórmula de socaria, o nitrato contendo cálcio (CAN).*

Quanto maior a proporção de nitrato contendo cálcio (CAN) menor será o efeito negativo da adubação na socaria. Deste modo, o uso da fórmula 16-04-24 (Tabela 9) ou similar é mais recomendada e as doses devem ter como base a produtividade apresentada na Tabela 10.

Tabela 9 - Sugestões de nutrição e fertilizantes para adubação de cana planta e cana soca nos solos tiomórficos da área alagada da Fazenda Boqueirão – Destilaria Tabu

| Recomendação de Adubação de plantio | | | | | |
|--|-----------|-------------------|-------------------------------|------------------|---|
| Fertilizante | Dose | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | S |
| | kg/ha | kg/ha | | | |
| CANA PLANTA | | | | | |
| FNR | 550 - 650 | 0 | 127 - 149 | 0 | - |
| 15-00-26 | 450 - 500 | 67 - 75 | 00 | 126 - 140 | - |
| CANA SOCA | | | | | |
| Fertilizante | Dose | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | S |
| | kg/ha | kg/ha | | | |
| 16-04-24 | 500 | 80 | 20 | 120 | - |

FNR: fosfato natural reativo (29% de P₂O₅)

Tabela 10. Necessidade nutricional par cana soca em relação a produtividade esperada

| TCH | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | S |
|-------|-----|-------------------------------|------------------|---|
| < 50 | 60 | 30 | 8 5 | - |
| 50-60 | 72 | 36 | 102 | - |
| 60-70 | 84 | 42 | 120 | - |
| 70-80 | 96 | 48 | 136 | - |
| >80 | 120 | 60 | 170 | - |

p.s. Na adubação da cana planta e cana soca, não utilizar fontes de nitrogênio amoniacal e que contenha enxofre (ex: sulfato de amônio).

p.s. Utiliza a fonte de nitrogênio na forma de nitrato contendo cálcio e/ou magnésio e/ou potássio.

p.s. Utilizar fontes de P de menor solubilidade que contenha cálcio.

5.4. Adubação com micronutrientes

Entre os micronutrientes, o Cu e Mn estão com disponibilidade muito baixa e necessitam ter os teores no solo aumentados. Os lotes 57 a 64, da Área 2, também possuem o teor de Zn no solo muito baixo e os demais lotes são considerados de teor médio. O micronutriente Mo não foi analisado, mas nas condições atuais de drenagem, minerais de argila e teor de matéria orgânica elevado será necessário realizar a adubação e reposição.

A quantidade de micronutriente aplicado atualmente (Tabela 11) não fará a correção necessária para elevar os teores Cu, Mn e Zn ao modo que auxilie na nutrição e redução do estresse promovido pelo ambiente na cana-de-açúcar. Deste modo, deve-se aplicar as doses recomendadas na Tabela 11, utilizando para os elementos catiônicos (Cu, Mn e Zn) fontes quelatizadas e para o B fonte complexada.

Como já relatado, o elevado teor de matéria orgânica no solo reage especificamente com Cu e reduz sua disponibilidade. Nestes casos, o Cu aplicado deve estar “protegido” por quelatos para que a sua absorção seja mais eficiente. No caso do Mn e Zn, o fornecimento também deve ser realizado utilizando fontes com quelatos ou óxidos de baixa solubilidade. Devido ao pH muito ácido, a disponibilidade desses micronutrientes aumenta, e apesar disso, nas condições de solo da área, tendem a forma precipitados e reduzir consideravelmente a disponibilidade para as plantas.

Para os elementos B e Mo, a dose deve ser apenas de reposição, de modo a atender as necessidades da cultura e auxiliar no controle osmótico e na utilização da adubação nitrogenada, respectivamente. Estudos nos Tabuleiros Costeiros demonstram a importância da nutrição com B e Mo na cana planta e cana soca com ganhos de 15 a 20% de produtividade. No ciclo de cana planta, o fornecimento dos micronutrientes no fundo de sulco deve ser mantido para garantir a disponibilidade dos elementos e o desenvolvimento da cana-de-açúcar. A complementação da dose para a cana planta deve ser realizada via foliar, evitando as perdas promovidas pelas interações dos nutrientes com os componentes do solo. Independente da forma de aplicação (via solo ou foliar), a eficiência da aplicação será maior utilizando fontes quelatizadas, que protegem o nutriente no solo e facilitam a absorção dos nutrientes pelos tecidos foliares.

Em virtude das deficiências observadas, após o corte da cana planta, é necessária a aplicação de micronutrientes na socaria, conforme recomendado na Tabela 11. Essa aplicação pode ser realizada juntamente com a aplicação de herbicida em área total.

Em ambos os ciclos, as aplicações devem ocorrer em condições de umidade adequada e quando as plantas apresentam alta biomassa foliar, com entrelinhas fechadas e idade máxima de 7 a 8 meses, entre os meses de abril a julho.

Tabela 11 - Recomendação dos micronutrientes para ser aplicadas no solo em função da disponibilidade identificada para cana planta e cana soca

| Disponibilidade | Fe | Cu | Mn | Zn | B | Mo |
|-------------------------------------|------------------|-----|-------|-------|-----|-----|
| | ----- g/ha ----- | | | | | |
| CANA PLANTA | | | | | | |
| Recomendação | 0 | 500 | 5.000 | 3.000 | 150 | 200 |
| Aplicado Multimicro + Potamol | 0 | 150 | 390 | 234 | 90 | 95 |
| Necessidade | 0 | 350 | 4.610 | 2.766 | 0 | 105 |
| CANA SOCA | | | | | | |
| Recomendação | 0 | 150 | 1.000 | 500 | 100 | 100 |

6. Recomendações de manejo para solos tiomórficos

6.1. Nível elevado do lençol freático

É necessário manter o nível do lençol freático estável durante o manejo agrícola de solos tiomórficos para evitar a repetição de eventos de drenagem ácida. O lençol deve ser mantido a 30 cm da superfície (Figura 6) durante todo o ciclo, possibilitando o desenvolvimento radicular na camada superficial aerada. Tendo em vista a heterogeneidade das cotas, ao longo do terreno, recomenda-se o trabalho de nivelamento das áreas identificadas com acúmulo de água em superfície.

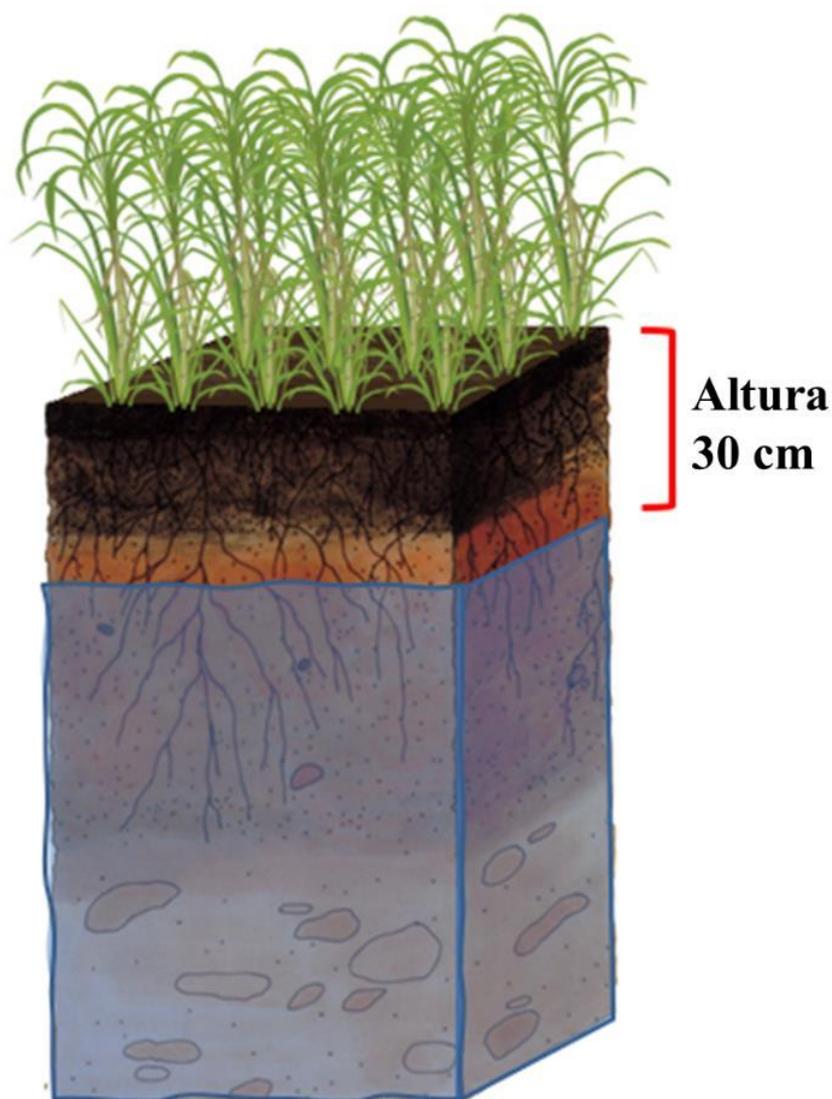


Figura 6 – Ilustração da recomendação de manutenção da altura do lençol freático na área de produção de cana-de-açúcar da área alagada da Fazenda Boqueirão – Destilaria Tabu.

6.2. Colheita da cana-de-açúcar

Os solos hidromórficos apresentam acúmulo de material orgânico nas camadas mais superficiais do solo. Nestas camadas ocorrem sítios de anaerobiose e formação de gases inflamáveis. A queima de cana-de-açúcar para colheita, ao entrar em contato com esses gases presentes no solo, irão promover uma intensa e longa combustão dos gases, reduzindo a capacidade de controle do fogo. A queima da matéria orgânica pode se estender em profundidade e por tempo prolongado, matando a socaria da cana-de-açúcar.

Durante a coleta de amostras de solo, foi verificado que a queima de plantas daninhas no preparo para o plantio promoveu, em alguns pontos, a queima da camada superficial do solo por vários dias, demonstrando a dificuldade neste controle (Figura 7).



Figura 7 – Registro do solo queimando em profundidade em local onde foi ateadado fogo em plantas daninhas cinco dias antes. Área alagada da Fazenda Boqueirão, Destilaria Tabu. Agosto/2020.

A queima prolongada ocorre devido a presença de gases resultantes da decomposição da matéria orgânica e de compostos de enxofre que se concentram à medida que a profundidade aumenta. Por serem inflamáveis e estarem em alta concentração, prolongam a queima durante bastante tempo. Os colaboradores de campo relatam que no passado, quando a área foi cultivada com cana-de-açúcar, a queima pré-colheita ocasionou incêndios sem controle, que duraram dias e prejudicaram a manutenção das socarias seguintes.

Deste modo, o corte da cana deve ser realizado sem queima, preferencialmente de forma manual, para viabilizar a qualidade da cana colhida e das socarias seguintes, garantindo a longevidade da produção da área alagada da Fazenda Boqueirão. Além disso, a palhada que se manterá no solo acarretará a preservação dos seus atributos, evitando os problemas identificados quanto à infiltração e permeabilidade da camada superficial.

6.3. Áreas falhadas na Área 1 – Cana planta

Em visita realizada em dezembro de 2020 (90 DAP) foram identificadas áreas de cana-de-açúcar de baixo crescimento, circundadas por plantas em pleno desenvolvimento (Figura 8). Nos lotes 95 e 100 foram coletadas amostras de solo (horizonte A e horizonte B – glei), na linha de plantio para avaliação química, dentro da área de baixo crescimento e na área vizinha em que a planta apresentava bom desenvolvimento. No lote 95, a coleta foi feita onde a cana foi roçada e recebeu calcário em cobertura. No momento da coleta, a cana já havia rebrotado (Figura 8B).

Essas falhas no canavial podem ser resultado do acúmulo de água (da irrigação ou chuva) causado pelo desnível do terreno, associado à drenagem lenta. Colaboradores de campo relataram que no lote 95 a brotação da cana planta apresentava coloração amarela e com lençol freático muito próximo da superfície. Nesse lote foi identificado que o horizonte B glei estava a menos de 20 cm da superfície, apresentando umidade elevada. Esse horizonte apresenta drenagem lenta, o que favorece o acúmulo de água por mais tempo, comprometendo o desenvolvimento inicial da cultura.

A irrigação por aspersão com canhão hidráulico de alta precipitação e intensidade pode contribuir para a morte e baixo desenvolvimento das plantas nessas depressões de terreno, como observado em campo. Esse problema é observado em áreas convencionais de produção de cana-de-açúcar (Figura 9). A baixa permeabilidade do solo faz com que água se acumule por tempo prolongado comprometendo, assim, o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar. A área apresenta peculiaridades e alto potencial de produção, de forma que o manejo da irrigação deve ser operado com atenção, mantendo os ajustes dos equipamentos a fim de minimizar os efeitos danosos sobre a cultura. O mais adequado será a utilização de aspersores de menor precipitação no manejo da irrigação.

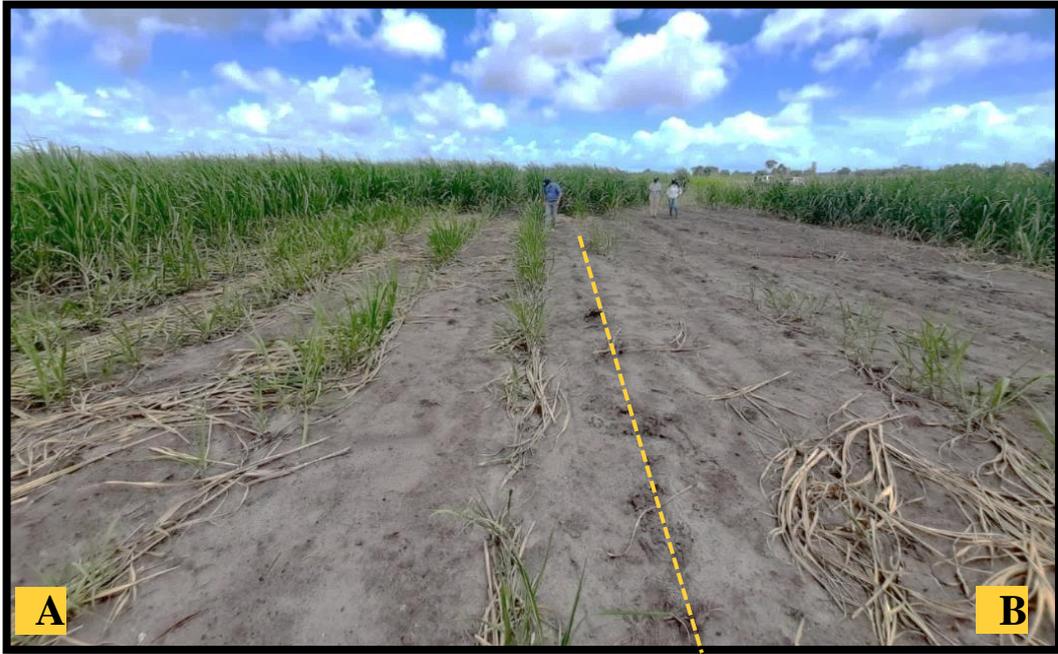


Figura 8 – Registro da área de baixo desenvolvimento no Lote 95 – Fazenda Boqueirão – Destilaria Tabu. A: rebrota da cana roçada (com calcário). B: germinação da cana replantada (sem calcário).



Figura 9 – Registro de área afetada pela irrigação com canhão hidráulico não regulado em canal do litoral da Paraíba.

6.4. Avaliação química do solo nas áreas de baixo e bom crescimento dos lotes 95 e 100

Os atributos químicos do solo que diferenciam as áreas de baixo e bom crescimento da cana planta estão relacionados à mudança da condição de umidade do solo, sugerindo ter havido alagamento seguido de drenagem ácida. Nas áreas em que foi observada as falhas e redução do crescimento da cana planta, o solo apresenta acidez mais elevada que nos locais de melhor desenvolvimento da planta, com redução de pH e aumento de H^+ e Al^{+3} . Essa mudança é mais expressiva no horizonte A, em que a drenagem é mais acentuada do que no horizonte B glei (Tabela 12).

Tabela 12 - Avaliação dos atributos químicos do solo nos horizontes A e B das áreas de baixo crescimento e bom crescimento identificadas nos lotes 95 e 100 da área alagada da Fazenda Boqueirão – Destilaria Tabu

| Atributos | Horizonte A | | | Horizonte B | | | |
|---|---------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| | Lote Crescimento | 95/100 Sem calcário BOM | 95 Com calcário BAIXO | 100 Sem calcário | 100 Sem calcário BOM | 95 Com calcário BAIXO | 100 Sem calcário |
| C.T.C. pH 7,0 ($cmol_c/dm^3$) | | 44,3 | 34,95 | 73,26 | 45,87 | 32,09 | 43,90 |
| C.T.C. efetiva ($cmol_c/dm^3$) | | 28,63 | 16,67 | 49,99 | 20,87 | 17,43 | 28,36 |
| M.O.S. (g/dm^3) | | 100,63 | 146,46 | 124,38 | 142,71 | 63,13 | 74,19 |
| pH H ₂ O | | 4,81 | 4,47 | 4,29 | 4,42 | 4,63 | 4,09 |
| H+Al ($cmol_c/dm^3$) | | 18,49 | 27,02 | 33,10 | 33,39 | 24,09 | 23,67 |
| H ⁺ ($cmol_c/dm^3$) | | 15,67 | 18,28 | 23,27 | 25,00 | 14,66 | 15,54 |
| Al ⁺³ ($cmol_c/dm^3$) | | 2,82 | 8,74 | 9,83 | 8,39 | 9,43 | 8,13 |
| Ca ⁺² ($cmol_c/dm^3$) | | 21,75 | 6,57 | 36,43 | 9,52 | 5,67 | 17,63 |
| Mg ⁺² ($cmol_c/dm^3$) | | 2,93 | 0,84 | 2,04 | 1,65 | 1,72 | 1,59 |
| K ⁺ ($cmol_c/dm^3$) | | 0,33 | 0,19 | 0,70 | 0,28 | 0,28 | 0,35 |
| Na ⁺ ($cmol_c/dm^3$) | | 0,8 | 0,33 | 0,99 | 1,03 | 0,33 | 0,66 |
| Ca% | | 49,1 | 18,8 | 49,73 | 20,75 | 17,67 | 40,16 |
| Mg% | | 6,61 | 2,4 | 2,78 | 3,60 | 5,36 | 3,62 |
| K% | | 0,74 | 0,54 | 0,96 | 0,61 | 0,87 | 0,80 |
| Na% | | 1,81 | 0,94 | 1,35 | 2,25 | 1,03 | 1,50 |
| H% | | 35,37 | 52,30 | 31,76 | 54,5 | 45,68 | 35,40 |
| Al% | | 9,85 | 52,43 | 19,66 | 40,20 | 54,10 | 28,67 |
| V% | | 58,26 | 22,68 | 54,82 | 27,21 | 24,93 | 46,08 |
| P Mehlich-1 (mg/dm^3) | | 56,79 | 20,38 | 138,59 | 69,48 | 7,37 | 81,85 |
| P rem. (mg/L) | | 4,34 | 2,51 | 4,91 | 7,78 | 5,84 | 14,13 |
| P Mehlich-3 (mg/dm^3) | | 13,23 | 2,27 | 44,14 | 19,35 | 1,63 | 52,70 |
| SO ₄ ⁻² (mg/dm^3) | | 163,59 | 173,2 | 182,82 | 160,94 | 157,77 | 182,82 |
| B (mg/dm^3) | | 3,99 | 2,77 | 4,07 | 2,43 | 3,07 | 3,68 |
| Fe ⁺² (mg/dm^3) | | 445,72 | 403,47 | 417,09 | 331,43 | 418,29 | 365,77 |
| Mn ⁺² (mg/dm^3) | | 7,39 | 1,31 | 3,46 | 3,08 | 2,34 | 2,22 |
| Cu ⁺² (mg/dm^3) | | <L.D. | <L.D. | <L.D. | <L.D. | <L.D. | <L.D. |
| Zn ⁺² (mg/dm^3) | | 2,42 | 2,38 | 3,82 | 1,74 | 1,28 | 1,69 |

<L.D.: abaixo do limite de detecção.

Também foi avaliada a química da solução do solo desses pontos com baixo desenvolvimento e morte da planta. Pela análise da pasta saturada, a solução do solo das áreas com desenvolvimento limitado apresentou aumento expressivo da acidez, com redução do pH, aumento extremo dos teores de S e principalmente do Al⁺³ (Tabela 13), característicos da ocorrência de drenagem ácida. Nesse processo, também há solubilização dos minerais e disponibilização de elementos, principalmente Fe e Si. O aumento observado no teor de micronutrientes e cobalto (Co) também é indicativo da ocorrência da drenagem ácida.

Tabela 13 - Avaliação da pasta saturada dos horizontes A e B das áreas de baixo crescimento e bom crescimento identificadas nos lotes 95 e 100 da área alagada da Fazenda Boqueirão – Destilaria Tabu

| Atributos | Lote | Horizonte A | | | Horizonte B | | |
|-------------------------|------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| | | 95/100 Sem calcário BOM | 95 Com calcário BAIXO | 100 Sem calcário | 100 Sem calcário BOM | 95 Com calcário BAIXO | 100 Sem calcário |
| Crescimento | | | | | | | |
| Ca ⁺² (mg/L) | | 465,48 | 433,50 | 414,02 | 463,49 | 383,78 | 445,34 |
| Mg ⁺² (mg/L) | | 80,18 | 67,96 | 105,80 | 70,71 | 70,43 | 125,49 |
| K ⁺ (mg/L) | | 14,74 | 11,70 | 47,85 | 24,66 | 20,05 | 61,09 |
| P (mg/L) | | 0,27 | 0,15 | 0,47 | 0,39 | 0,11 | 0,45 |
| S (mg/L) | | 494,40 | 597,05 | 755,75 | 535,93 | 504,86 | 947,37 |
| B (mg/L) | | 0,45 | 0,36 | 0,56 | 0,56 | 0,36 | 0,55 |
| Cu ⁺² (mg/L) | | 0,04 | 0,08 | 0,12 | 0,10 | 0,18 | 0,22 |
| Fe ⁺² (mg/L) | | 3,69 | 31,64 | 25,38 | 13,23 | 25,40 | 42,33 |
| Mn ⁺² (mg/L) | | 1,63 | 0,93 | 2,49 | 2,51 | 1,06 | 7,02 |
| Zn ⁺² (mg/L) | | 0,19 | 0,74 | 1,84 | 1,47 | 1,04 | 3,02 |
| Al ⁺³ (mg/L) | | 4,64 | 98,61 | 158,26 | 33,54 | 60,49 | 206,05 |
| Co ⁺² (mg/L) | | 0,03 | 0,12 | 0,10 | 0,06 | 0,08 | 0,16 |
| Si (mg/L) | | 16,38 | 34,29 | 36,90 | 34,29 | 30,67 | 43,50 |
| Na ⁺ (mg/L) | | 165,63 | 92,38 | 229,40 | 244,38 | 88,01 | 305,49 |
| Cl ⁻ (mg/L) | | 172,21 | 113,93 | 174,93 | 189,80 | 102,06 | 190,49 |
| Ni ⁺² (mg/L) | | 0,04 | 0,32 | 0,43 | 0,14 | 0,22 | 0,56 |
| RAS | | 1,86 | 1,09 | 2,60 | 2,79 | 1,08 | 3,28 |
| pH | | 4,23 | 3,75 | 3,53 | 3,61 | 3,48 | 3,46 |
| C.E. (dS/m) | | 3,55 | 3,27 | 4,68 | 4,01 | 3,07 | 5,43 |

<L.D.: abaixo do limite de detecção.

O prejuízo ao desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar ocorre a partir de 10 mg/L de Al em solução (Borges et al., 2020)⁴, com perdas progressivas na produção de raízes e do aproveitamento dos nutrientes até a concentração de 70 mg/L, quando há redução superior a 50% da biomassa da parte aérea. O teor de Al nas áreas de baixo crescimento apresentaram concentrações de 98,61 mg/L e 158,26 mg/L, o que limitou fortemente o desenvolvimento das plantas. Isso reforça a importância da implementação das técnicas recomendadas para redução da toxidez de Al na área alagada da Fazenda Boqueirão.

A partir desses resultados pode-se sugerir que a área de baixo crescimento passou por período de encharcamento suficiente para modificar as condições químicas, favorecido pela baixa permeabilidade do horizonte B e/ou possível rebaixamento do nível do terreno nas áreas de falha, como observado em campo. Essa condição pode ser criada pelos eventos de irrigação com uso de aspersores de alta precipitação associado a eventos pontuais de chuva.

Para áreas que apresentam cotas mais baixas e propensas ao acúmulo de água, deve ser realizado o nivelamento com a adição de materiais que promovam poros maiores ao solo. Essa prática é comum em áreas de várzea nos canais do litoral Nordestino (Figura 9), utilizando resíduos da indústria como forma de evitar o acúmulo de água e os danos na brotação da cana-de-açúcar.

Após a utilização do Drone, verificou-se que essas áreas apresentam significativa representação na Área 1, já cultivada, e soluções devem ser tomadas para a cana soca. Nessa área, a correção torna-se mais limitada, mas como sugestão, após a colheita da cana planta e início da rebrota da soqueira, deve ser aplicado o calcário localizado conforme sugerido na tabela 7 e resíduos orgânicos da indústria (cinzas de caldeira, “lama” da bacia de acúmulo de vinhaça ou mistura de bagaço+cinza+”lama”) devem ser distribuídos em superfície e na linha da soqueira de modo que forma uma camada significativa acima da superfície do solo (Figura 9).

Deste modo, a água da irrigação ficará em parte no material orgânico adicionado para garantir a umidade por maior período de tempo, secagem menos rápida e ácida. Também se espera que os ácidos orgânicos desse composto quando aplicados de forma localizada auxiliem no ambiente radicular da cana soca.

Nos locais em que as plantas não rebrotam deve ser realizado o nivelamento do terreno e um novo plantio com material descrito acima, seguindo as novas recomendações para a química e física do solo. Essas recomendações buscam garantir a população de plantas para safras posteriores e maior longevidade do canavial.

Atenção especial

No ambiente de solo da área da Área 2 da Fazenda Boqueirão os teores de Al, S e a concentrações de sais do solo nessa área são superiores ao observado na Área 1, já cultivada, e semelhante aos valores observados nas áreas de reboleiras em que a cana planta está apresentando limitação do crescimento. Na tentativa de evitar frustrações no plantio, sugerimos o manejo químico e físico específico para essa área, bem como é necessário trabalho de nivelamento intensivo da Área 2 para evitar a ocorrência de eventos de drenagem ácida e limitação do crescimento.



Figura 9 – Registro de deposição de cinza de caldeira depositada em depressões do terreno (setas) na implantação do canavial em área de várzea no litoral da Paraíba.

7. Considerações Finais

- A área apresenta pH muito ácido e altos teores de Al tóxico e enxofre, característicos do tiomorfismo, o que requer a seleção de insumos e práticas de manejo diferenciadas para viabilizar o desempenho produtivo potencial da cana-de-açúcar na área de várzea.
- O solo deve ser condicionado para diminuir a toxidez do Al nas raízes da planta com o uso de calcário mineral e calcário calcinado como fonte de Ca e Mg na cana planta e cana soca.
- A adubação deve ser realizada para aumentar a disponibilidade de nutrientes, utilizando fertilizantes que não contenham enxofre ou N que acidificam ainda mais o solo, priorizando o CAN como fonte de N e FNR como fonte de P. O K deve ser fornecido em doses altas, devido aos baixos teores deste elemento no solo. Os micronutrientes devem ser fornecidos com fontes quelatizadas e também via foliar.
- O manejo da irrigação requer o monitoramento da qualidade da água e da física do solo para evitar o comprometimento de sua permeabilidade. O nível do lençol deve ser mantido a 30 cm da superfície do solo, e o nivelamento de cotas baixas do terreno deve ser realizado, de modo a evitar o acúmulo de água superficial e a ocorrência de drenagem ácida.

- A colheita da cana-de-açúcar deve ser realizada sem a queima, evitando a ocorrência de incêndio na subsuperfície do solo, que comprometeria a socaria e longevidade do canavial.
- Atenção especial deve ser dada ao plantio da Área 2, cujas condições de solo são mais críticas que na Área 1, bem como as informações levantadas pelas análises e discussões podem tornar o manejo mais adequado e assertivo para o desenvolvimento e produtividade esperadas para a várzea da Fazenda Boqueirão.
- A partir das informações levantadas, nota-se que os solos tiomórficos da Fazenda Boqueirão possuem importantes limitações quanto ao cultivo da cana-de-açúcar, devido a elevada acidez (pH, Al^{3+} e $H+Al$), alta concentração de S e CE em níveis considerados prejudiciais a cultura. Desta forma, é fundamental a correta aplicação do manejo proposto neste relatório, dentro das possibilidades técnicas sugeridas, visando a tentativa de cultivo da cana-de-açúcar nestas áreas.