



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
PÓS-GRADUAÇÃO DE BIOTECNOLOGIA APLICADO À AGROPECUÁRIA

IZABELY VITÓRIA LUCAS FERREIRA

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE *Elaeis guineenses* Jack A DOSES DE
CALCÁRIO EM ÁREA DE OCORRÊNCIA DE AMARELECIMENTO FATAL**

BELÉM/PA

2021

IZABELY VITÓRIA LUCAS FERREIRA

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE *Elaeis guineenses* Jack A DOSES DE
CALCÁRIO EM ÁREA DE OCORRÊNCIA DE AMARELECIMENTO FATAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação de Biotecnologia Aplicado à Agropecuária, para a obtenção do título de mestre.

Área de Concentração: Biotecnologia.

Orientador: Dr. Roberto Lisboa Cunha

Coorientador: Marcelo Murad Magalhães

BELÉM/PA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F383r Ferreira, Izabely Vitória Lucas
RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE Elaeis guineenses Jack A DOSES DE CALCÁRIO EM ÁREA DE
OCORRÊNCIA DE AMARELECIMENTO FATAL / Izabely Vitória Lucas Ferreira. - 2021.
54 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Biotecnologia Aplicada à Agropecuária
(PPGBAA), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2021.
Orientador: Prof. Dr. Roberto Lisboa Cunha
Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Murad Magalhães.

1. Amarelecimento Fatal. 2. Calagem. 3. Dendê. I. Cunha, Roberto Lisboa, *orient.* II. Título

CDD 633.8551

IZABELY VITÓRIA LUCAS FERREIRA

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE *Elaeis guineenses* Jack A DOSES DE
CALCÁRIO EM ÁREA DE OCORRÊNCIA DE AMARELECIMENTO FATAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação de Biotecnologia Aplicado à Agropecuária, para a obtenção do título de mestre. Área de Concentração: Biotecnologia.

30/08/2021

Data da Aprovação

Banca examinadora:



Roberto Lisboa Cunha- Doutor
Embrapa



Marcelo Murad Magalhães - Doutor
UFRA



Nara Helena Tavares da Ponte- Doutora



Gledson Luiz Salgado de Castro - Doutor
UFRA

DEDICO

Aos meus pais, Enaldo Luiz de Melo Ferreira e Micheline da Silva Lucas, por incentivar-me a continuar meus estudos, apoiando-me incondicionalmente e de todas as formas que eu necessitasse.

As minhas Avós, Maria Lucy de Melo Ferreira e Marinalva Iglonete da Silva, por alicerçarem minha trajetória educacional, desde a infância e até quando puderem.

Ao meu amigo, Hermano Yago Chaves Vulcão, por todo amor, carinho e o apoio nas horas mais difíceis.

Aos meus amigos e demais familiares, tão importantes quanto cada um destes que foram citados.

OFEREÇO (*in memorian*)

Ao Professor, Fabrício Khoury Rebello, por todo incentivo, força e amizade durante a graduação até a escolha do meu mestrado. Muito obrigado por acreditar em meu crescimento profissional.

Obrigada por tudo!

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me conceder a vida, saúde e paz. Por toda a força concedida diante das dificuldades e por todas as vitórias alcançadas. Sempre serei muito grata por estar comigo, por iluminar a minha mente e fazer de mim um instrumento em suas mãos.

À Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, pela formação profissional e oportunidade de realizar o curso de Mestrado em Biotecnologia Aplicado à Agropecuária.

Ao meu orientador, Dr. Roberto Lisboa, pela orientação, por toda a paciência, empenho e sentido prático com que sempre me orientou neste trabalho. Muito obrigada por me ter corrigido quando necessário sem nunca me desmotivar, pelas oportunidades e confiança depositadas em mim.

Ao meu coorientador, Dr. Marcelo Magalhães, pela orientação, ensinamentos e conhecimentos repassados desde o início desta jornada. Muito obrigado por sempre estar disponível e disposto a ajudar, querendo que eu aproveitasse cada segundo dentro do mestrado para absorver algum tipo de conhecimento.

Aos estagiários do laboratório, em especial, à Stephanie e Samara.

Ao meu amigo, Flavio Henrique, por toda paciência em campo, os ensinamentos e apoio durante minha pesquisa.

Aos meus pais, Enaldo Luiz de Melo Ferreira e Micheline da Silva Lucas, pelos seus sacrifícios, incentivos e apoio nos momentos mais difíceis para me manter em meus estudos. Por estarem sempre comigo dando-me muito amor e carinho.

As minhas Avós, Maria Lucy de Melo Ferreira e Marinalva Iglonete da Silva, pelo acolhimento e incentivo desde criança aos meus estudos.

Ao meu amigo, Hermano Yago Chaves Vulcão por todo amor, carinho e o apoio nas horas mais difíceis.

Aos meus Sogros, Edilena Chaves e Germano Vulcão, por todo apoio e incentivo durante meu mestrado.

Aos meus amigos da Embrapa, Marielle, Victória, Wagner e Lucélia que desde quando iniciei o mestrado apoiam-me e auxiliam em minhas decisões e também pelos momentos de alegria e de descontração.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta dissertação e para o meu crescimento profissional.

Minhas sinceras considerações e agradecimentos.

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE *Elaeis guineenses* Jack A DOSES DE CALCÁRIO EM ÁREA DE OCORRÊNCIA DE AMARELECIMENTO FATAL

Resumo

A expansão da área cultivada de dendê nas áreas já desmatadas da Amazônia é um fato. Porém, um dos principais entraves para a expansão da dendeicultura no Estado do Pará deve-se ao Amarelecimento Fatal (AF), que é um problema de ordem desconhecida. A sintomatologia inicia-se pelo amarelecimento da folha flecha e com a evolução suas folhas secam. Este trabalho foi realizado sob condições de campo presentes na Marborges S.A., Moju – PA. Foram utilizados dois clones (BRS 2501 e 2801) de dendezeiro, previamente caracterizados como sensíveis ao amarelecimento fatal. Procedeu-se análise comparativa nos seis tratamentos T1 (controle sem gradagem), T2 (controle com gradagem), T3, T4, T5 e T6 (2, 4, 6 e 8 toneladas de calcário dolomítico). As avaliações foram realizadas em palmas de óleo no início de produção, durante o período caracterizado com menor intensidade de chuvas ao longo de um ano. Para tal foram realizadas análises de parâmetros fisiológicos, trocas gasosas, status hídrico, pigmentos, carboidratos, atividade enzimática, altura da planta, diâmetro do coleto e monitorar as condições físicas e químicas em solos relacionados com a problemática AF. Verificou-se, como um todo, que os resultados não apresentaram uma relação estreita entre o aparecimento de AF com a aplicação de calcário, porém o tratamento com 8 ton/ha apresentou um melhor desenvolvimento vegetativo.

Palavras-chaves: Amarelecimento fatal, calagem e dendê.

PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF ELAEIS GUINEENSIS TO LIME DOSES IN THE AREA OF OCCURRENCE OF FATAL YELLOWING

Abstract

The expansion of the oil palm cultivated area in the already deforested areas of the Amazon is a fact. However, one of the main obstacles to the expansion of palm oil cultivation in the State of Pará is due to Fatal Yellowing (FA), which is a problem of unknown order. The symptomatology begins with the yellowing of the arrow leaf and with evolution its leaves dry up. This work was carried out under field conditions present at Marborges S.A., Moju – PA. Two clones (BRS 2501 and 2801) of oil palm, previously characterized as sensitive to fatal yellowing, were used. A comparative analysis was carried out in the six treatments T1 (control without harrow), T2 (control with harrow), T3, T4, T5 and T6 (2, 4, 6 and 8 tons of dolomitic limestone). The evaluations were carried out on oil palms at the beginning of production, during the period characterized with less rainfall over a year. To this end, analyzes of physiological parameters, gas exchange, water status, pigments, carbohydrates, enzymatic activity, plant height, collar diameter and monitoring of physical and chemical conditions in soils related to the FA problem were performed. It was verified, as a whole, that the results did not present a close relationship between the appearance of FA with the application of limestone, however the treatment with 8 ton/ha showed a better vegetative development.

Key words: Fatal yellowing, liming and oil palm.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de localização do município de Moju. -----	22
Figura 2-Área do experimento. -----	23
Figura 3-Croqui demonstrativo da distribuição dos tratamentos. -----	23
Figura 4-Cachos secos ao redor da planta. -----	24
Figura 5- Equipamentos utilizados para medição de altura da planta e diâmetro do coleto. -----	27
Figura 6- Potencial hídrico foliar (Ψ_w) em plantas de dendê submetidas a diferentes doses de calcário. (colocar legenda)-----	30
Figura 7-Umidade Gravimétrica do solo (%) em plantas de dendê submetidas a diferentes doses de calcário. -----	30
Figura 8-Condições ambientais analisadas em plantas de dendê submetidas a diferentes doses de calcário: Temperatura do ar (A) e Temperatura foliar (B).-----	31
Figura 9- Variáveis fisiológicas analisadas em plantas de dendê submetidas a diferentes doses de calcário: A) Assimilação líquida de CO_2 (A), B) Condutância estomática (g_s), C) Concentração intercelular de CO_2 (C_i), D) Transpiração (E), E) Relação entre concentração interna e ambiente de CO_2 (C_i/C_a) e F) Eficiência instantânea do uso da água (WUE). -----	34
Figura 10- Análise da fluorescência em plantas de dendê submetidas a diferentes doses de calcário: A) Eficiência fotoquímica máxima do FSII (F_v/F_m), B) Rendimento quântico do transporte de elétrons (Φ_{FSII}), C) Eficiência de captura de energia de excitação pelos centro de reação abertos do FSII (F_v'/F_m'), D) Coeficiente de extinção fotoquímica (q_p), E) Coeficiente de extinção não fotoquímica (NPQ) e F) Taxa aparente de transporte de elétrons (ETR). -----	35
Figura 11- Concentrações de pigmentos cloroplastídicos em plantas de dendê submetidas a diferentes doses de calcário: A) Clorofila <i>a</i> (CHL <i>a</i>), B) Clorofila <i>b</i> (CHL <i>b</i>), C) Clorofilas totais (CHL <i>a+b</i>) e D) Carotenóides (CAR). -----	36
Figura 12- Concentrações foliares de carboidratos em plantas de dendê submetidas a diferentes doses de calcário: A) Glicose, B) Frutose, C) Sacarose e DP) Amido. -----	37
Figura 13- Atividade da Rubisco em plantas de dendê submetidas a diferentes doses de calcário: A) Atividade inicial ($V_{inicial}$) e B) Atividade total (V_{total}). -----	38
Figura 14- Níveis de Amarelecimento Fatal na palma de óleo. -----	39
Figura 15- Percentagem de plantas acometidas por AF em cada tratamento. -----	40
Figura 16- Média da variável da altura da planta (AP).-----	41
Figura 17- Média da variável do diâmetro do coleto (DC). -----	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resultados obtidos na caracterização química do solo em plantas de dendê submetidas a diferentes doses de calcário. -----	28
Tabela 2- Resultados obtidos na caracterização Física do solo em plantas de dendê submetidas a diferentes doses de calcário. -----	29
Tabela 2- Dados totais do clone 2801 em relação ao AF. -----	40
Tabela 3- Dados totais do clone 2501 em relação ao AF. -----	41

SUMÁRIO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Geral	14
1.1.2 Específicos	14
1.2 REVISÃO DE LITERATURA	15
1.2.1 Amarelecimento fatal	15
1.2.2 Acidez de solos e importância do cálcio	15
1.2.3 Deficiência do cálcio como causa inicial do AF	17
1.2.4 Efeitos da calagem no dendezeiro	18
2. RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE ELAEIS GUINEENSIS A DOSES DE CALCÁRIO EM ÁREA DE OCORRÊNCIA DE AMARELECIMENTO FATAL	20
2.1 INTRODUÇÃO	20
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	22
2.2.1 Implantação e execução do experimento	22
2.2.2 Parâmetros agrometeorológicos	24
2.2.3 Relações hídricas	25
2.2.4 Trocas gasosas	25
2.2.5 Parâmetros de fluorescência	25
2.2.6 Umidade gravimétrica do solo	26
2.2.7 Pigmentos	26
2.2.8 Amido, glicose, frutose e sacarose	26
2.2.9 Atividade enzimática	26
2.2.10 Análise de plantas acometidas com AF	27
2.2.11 Desenvolvimento vegetativo	27
2.2.12 Tratamento dos dados	27
2.3 RESULTADOS	28
2.3.1 Considerações Iniciais	28
2.3.2 Fator ambiental	29
2.3.3 Trocas gasosas, parâmetros fotoquímicos e pigmentos	31
2.3.4 Concentração de carboidrato	36
2.3.5 Atividade enzimática	37
2.3.6 AF	38
2.3.7 Desenvolvimento vegetativo	41
2.4 DISCUSSÃO	43
2.5 CONCLUSÃO	47
2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Elaeis guineensis Jacq. é a espécie vegetal que mais produz óleo por unidade de área, 4 a 5 ton. de óleo/ ha, sendo nativa das florestas tropicais da costa oeste do continente africano (CORLEY & TINKER, 2015). De seus frutos obtém-se dois tipos de óleo: o de palma, extraído do mesocarpo; e o de palmiste, extraído da semente; o seu óleo apresenta diversas utilizações na indústria alimentícia, medicinal e oleoquímica. Os principais cultivos estão situados na Indonésia e Malásia, correspondendo 85% da produção mundial (ABRAPALMA, 2020).

No Brasil, a produção de óleo de palma não supri nem o consumo interno, por isso há necessidade de importação para fazer frente a demanda da indústria nacional. Além disso, dada a necessidade de a legislação brasileira permitir apenas uso na indústria alimentícia de gorduras zero trans, isso pode proporcionar oportunidades para expansão da dendeicultura no Estado do Pará, principal produtor nacional. Porém, um dos principais fatores que impedem essa expansão, talvez, deve-se ao Amarelecimento Fatal, AF, do dendezeiro, que é uma doença de ordem ainda desconhecida. A sintomatologia inicia-se pelo amarelecimento da folha flecha e com a evolução suas folhas secam (SOUZA; VEIGA; RAMOS, 2000). E por conseguinte, esse problema vem ocasionando perdas significativas de produção e até mesmo dizimando plantios inteiros. Contudo, existem inúmeros empreendimentos de grande porte já instalados e em franca expansão no Estado do Pará (como; Biovale e Petrobras Bicomustíveis) e em alguns deles em áreas de ocorrência de AF utilizando-se de materiais de *E. guineenses* e outros utilizando o híbrido interespecífico (*Elaeis guineenses* X *Elaeis oleífera*). Este último, nativo do continente americano, onde ocorre principalmente na floresta tropical amazônica, é tolerante ao AF, e, inclusive o híbrido interespecífico está sendo utilizado pelas empresas de dendê para substituir o material de origem africana (*E. guineenses*), mas há necessidade de haver polinização assistida o que vem, sobremaneira, encarecendo os custos de produção. Para fazer frente ao avanço do AF sobre as áreas com excelente aptidão climática para a cultura da palma de óleo no Estado do Pará (ALVES et al., 2011; BENÍTEZ; GARCÍA, 2014; KUSHNIR, 2013).

Por conseguinte, plantios que se mantinham produtivos utilizando-se materiais de origem africana (*E. guineenses*) nessas áreas por muitos anos, agora estão sendo substituídos

por matérias híbridas. E, atualmente existe uma tendência em nosso grupo de pesquisa em aceitar a hipótese que existem alterações em componentes abióticos propiciadas pelas condições locais de solo e clima que favoreçam o desenvolvimento da doença. Em concordância a isso, foi verificado que nas profundidades de 30 a 60 cm do solo apresentou elevada compactação, o que acarretou numa saturação desta região, originando um ambiente hipóxico que é prejudicial ao sistema radicular do dendezeiro, estando associado com o aparecimento do AF (BERNARDES, 2001). A baixa tolerância de raízes de dendezeiro à hipóxia foi relatada por Corley & Tinker (2015). Muito embora seja importante salientar que estudos sobre a hipóxia e alterações fisiológicas do sistema radicular do dendezeiro ainda permanecem escassos e/ou inexistentes. Até o presente, os resultados são incipientes para explicar os fatores que levam ao aparecimento do AF. Aliado a isso, está bem estabelecido que em situações de estresse as plantas induzam diversas rotas de transdução de sinais simultaneamente, muitas das quais, culminam na síntese ou repressão de proteínas envolvidas em diferentes rotas metabólicas (BUCHANAN; GRUISSSEN; JONES, 2000).

Ademais, acredita-se que a deficiência transitória do cálcio pode levar ao aparecimento de AF (LAING, 2012). A acidez no solo é um dos fatores principais que ocasiona o declínio da saúde das raízes e da rizosfera em sistemas intensivos (SERRANO, 2003). Estudos realizados com a cultura da banana, foram encontrados sintomas de AF (PLOETZ, 2000; TURNER; ROSALES, 2003). Sendo assim, os sintomas encontrados no dendezeiro são muito semelhantes ao encontrado a banana (NELSON et al., 2010). O solo Paraense é muito ácido, variando entre pH 4,0 e 5,5, desta forma, deve-se aplicar práticas, como a calagem, para que haja o desenvolvimento da raiz de forma saudável (CHAVES et al., 2003)

Então, como ponto de partida, dois materiais genéticos (BRS 2501 e 2801) de dendezeiro muito utilizados em plantios comerciais no Estado do Pará (*Elaeis guineenses* var. Tenera) foram comparados neste experimento, frente ao ambiente de ocorrência de AF, em níveis crescentes de calcário, para compreender como seus processos fisiológicos e bioquímicos auxiliam no crescimento e desenvolvimento da cultura. Haja vista que o solo sob tal condição (inverno amazônico) se apresenta totalmente saturado durante pelo menos seis meses no ano. Espera-se identificar quais mecanismos fisiológicos e bioquímicos estão

associados a essa tolerância sob condições de campo. Esses resultados darão suporte ao programa de melhoramento genético do dendezeiro que visem buscar genótipos mais tolerantes e produtivos em áreas de ocorrência de AF.

A hipótese do presente trabalho é que alterações metabólicas que tornam as plantas de dendezeiros mais propícios ao AF podem estar relacionados a componentes abióticos, e que os tratamentos de níveis crescentes de calcário podem estar interligados nesta anormalidade, resultando de alterações metabólicas relacionadas à tolerância e ao desenvolvimento dos sintomas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Analisar as alterações morfofisiológicas em plantas de dendê *Elaeis guineenses*, frente à níveis de calcário no solo, no que concerne as trocas gasosas, relações hídricas, pigmentos cloroplastídicos, carboidratos, atividade da rubisco e desenvolvimento vegetativo, em áreas de incidência de AF.

1.1.2 Específicos

- Avaliar as variações diurnas nas trocas gasosas, curvas de luz e status hídrico de plantas de dendezeiro sob as condições de campo o durante o período do fim do verão;
- Determinar a magnitude das alterações nas concentrações de carboidratos, atividade enzimática e de pigmentos cloroplastídicos;
- Monitorar as alterações nas características físico-químicas do solo;
- Determinar a quantidade de plantas afetadas por AF;
- Determinar altura da planta e diâmetro do coleto.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 Amarelecimento fatal

O AF é uma doença ainda desconhecida que se caracteriza visualmente, pelo ligeiro amarelecimento dos folíolos basais das folhas e, posteriormente, seca das folhas flechas. Além disso, a formação de novos cachos fica comprometidos (SOUZA; VEIGA; RAMOS, 2000). Apesar de algumas plantas ocorrerem à remissão de folhas, a produção de cachos é insignificante (VAN SLOBBE, 1991).

Além do mais, mesmo após o aparecimento dos primeiros sintomas do AF na parte aérea, observa-se que não há crescimento de raízes quartanárias. Onde o sistema radicular se apresenta necrosado no início do aparecimento do amarelecimento dos folíolos das folhas intermediária (AYALA, 2001; BERNARDES, 1999). Nos tecidos do estipe e meristema das plantas com AF, não são observados apodrecimentos ou necroses do sistema vascular (VAN SLOBBE, 1991), ou seja, corroborando com a ausência de sintomas internos, o que o diferencia de fusariose, anel-vermelho, entre outras. Não podendo ser observado em nenhum microrganismo ou isolado para afirmar a causa de origem patogênica da doença (VAN SLOBBE, 1991).

Embora o AF constitui-se de um sério problema fitossanitário, o mesmo não possui medidas de controle eficazes. Todavia, diversas pesquisas ocorreram tentando compreender a causa, através de fatores bióticos (SILVA et al., 1995; CELESTINO FILHO et al., 1993; SARRIA et al., 2008) e fatores abióticos (ALBERTAZZI; BULGARELLI; CHINCHILLA, 2005; BERNARDES, 2001; VENTURIERI 2009). Ou seja, buscam fatores físico-químicos para a causa das anomalias, enquanto as de natureza biótica procuram um agente e/ou vetor. Resultando em trabalhos de grande importância como o emprego de híbridos interespecíficos, a produção, avaliação e seleção de material resistente ou tolerante ao AF e com boa capacidade produtiva para o controle da doença (MULLER; FURLAN; CELESTINO, 2006).

1.2.2 Acidez de solos e importância do cálcio

O processo de formação de solos ácidos, inicia a partir do momento que as rochas são formadas, das quais os solos se originam, as mesmas quando moídas e em contato com a água, mantém o pH próximo à neutralidade (pH 7,0) e apresentam substâncias muito pouco solúveis enquanto que, posteriormente, os solos formados por meio destas rochas apresentam reação ácida e uma elevada concentração de elementos com alta valência (Fe e Al). Desta forma, o processo de acidificação do solo se dá por meio da liberação de um próton de hidrogênio (H^+), pois ocorrem duas reações químicas importantes que são responsáveis pela liberação desse íon, sendo a dissociação do gás carbônico (CO_2) e nitrificação do íon amônio (NH_4^+), assim, o CO_2 atmosférico, ao iniciar o contato junto a água, se dissocia e libera o H^+ , onde ocupará os espaços nos complexos coloidais do solo, conforme a nitrificação, resultante da mineralização da matéria orgânica, libera o H^+ no sistema solo após a ação de bactérias, assim este íon passa a ocupar as cargas negativas existentes no solo (CAIRES, 2014).

Os solos da região amazônica descrito por Vale Júnior et al. (2011), apresentam acidez elevada, com alta saturação por alumínio e de baixa capacidade de troca de cátions. Mantovanelli (2016), de acordo com sua pesquisa, descreveu que além dessas características, os solos Amazônicos apresentam alto grau de intemperização e de baixa concentração de nutrientes. Consequentemente, a acidez no solo é prejudicial para as atividades agrícolas. Quando se trata de elevadas taxas de acidez, pode ocasionar problemas para as plantações, pois, essa acidez aumenta no solo a disponibilidade de alumínio e manganês, tornando tóxico, e diminuindo a quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas, especialmente fósforo e molibdênio (MANETTI, 2005).

Além disso, o cálcio é um componente muito importante, pois além de ser um dos elementos indispensáveis para a nutrição dos vegetais, desempenha um importante papel de neutralizar os ácidos, que neste caso, são formados nos solos. Assim, torna o meio mais neutro e melhor para o desenvolvimento da planta (CESAR, 1936).

A absorção do cálcio do solo ocorre na forma de cátion bivalente (Ca^{2+}) de maneira passiva, geralmente a concentração de Ca^{2+} na solução do solo é cerca de 10 vezes maior que a de K^+ , no entanto, a razão de absorção do Ca^{2+} é inferior. Este baixo potencial de absorção de Ca^{2+} ocorre devido este somente pode ser absorvido pelas extremidades de raízes jovens,

nas quais a parede celular da endoderme não está suberizada (CLARKSON & SANDERSON, 1978). O cálcio é absorvido, pelas raízes, por fluxo de massa, observa-se que seu movimento, parece ser mais dependente da razão de transpiração da planta do que da elongação e interceptação radicular (BANGERTH, 1979).

O cálcio é um nutriente não tóxico (CLARKSON & HANSON, 1980), mesmo em altas concentrações e apresenta importantes funções em plantas, como, estabilidade da parede celular, elongação celular, estabilidades de membranas, ativação enzimática, interações com outros minerais no solo e interações com fitohormônios.

Com estudos em outras culturas, como a videira, Silva et al. (2004) descreveu o que pode causar na planta a deficiência desse nutriente, assim, sua carência pode dar início a paralisação do crescimento das raízes e ramos, devido a morte dos tecidos dos ápices, retardando o desenvolvimento da planta. Afeta, individualmente, os pontos de crescimento da raiz. Nas folhas mais novas a deficiência apresenta por meio de uma clorose internerval e marginal, por conseguinte de necrose das margens do limbo, podendo ocasionar, ainda, a morte dos ápices dos ramos.

1.2.3 Deficiência do cálcio como causa inicial do AF

No estado do Pará os solos geralmente são ácidos, sendo assim, os solos cultivados com palma de óleo, que são naturalmente ácidos (CORLEY & TINKER, 2015), tornam-se mais ácidos devido a remoção de Ca, Mg e K pela colheita e da aplicação de fertilizantes nitrogenados amoniacais, como o sulfato de amônio, que apresentam poder acidificante.

Laing (2012) realizou estudos onde mostrou que a acidificação nos solos é um ponto essencial para o aparecimento de AF. Desta forma, quando ocorre a falta de cálcio antes do aparecimento das flechas, pode resultar no aparecimento dos sintomas da doença discutida. Porém, essa deficiência temporária depende de diversos fatores, tais como; climáticos, genéticos, agronômicos e outros. Fatores que são relativos, a uma palmeira ou um grupo, dependendo também da área onde se localiza, podendo ocorrer de forma simultânea.

Por conseguinte, para que se evite a acidez no solo e o aumento no teor de alumínio, é necessário que ocorra o monitoramento na área, verificando a variação do pH. Essa averiguação é necessária e deve ocorrer em todos os lugares, como na região do coroamento,

nas leiras de resíduos e também na rua de colheita, sendo realizado em todas as parcelas da plantação (LAING, 2012).

Assim sendo, outro ponto que pode estar relacionado a causa do AF é a questão da análise da folha nº 17 para determinar a quantidades de nutrientes não remobilizados no floema. E Cristancho et al. (2011) realizou estudos nutricionais na Colômbia, onde verificou que os níveis de Ca e B nas folhas nº 9 a 17 foram maiores em híbridos interespecíficos comparados aos híbridos teneras (intraespecíficos).

Então esta comparação pode ser analisada por meio da origem do *Elaeis oleífera*, que por sua vez apresenta uma evolução da espécie americana em solos ácidos e inférteis, originários da bacia amazônica (LAING, 2012). Desse modo, houve uma melhor adaptação a planta, pois a mesma tornou-se mais eficiente na absorção de Ca e B nesses tipos de solos. Logo, por este motivo, acredita-se que os híbridos interespecíficos são mais resistentes ao AF e apresenta uma melhor absorção desse nutriente em solos pobres.

E um dos últimos motivos que podem estar relacionados com a deficiência de Ca e o aparecimento de AF, é a sua aplicação inadequada. À vista disso, Fairhust (1996) apresentou em seu trabalho que há uma grande relação entre a aplicação de fertilizantes e a densidade radicular elevada, ou seja, na zona de coroamento. E nesse local citado anteriormente, que ocorrem a aplicação de herbicidas, tratos culturais de forma inadequada e podendo ocorrer a eliminação da vegetação, procedendo de pontos negativos.

E Laing (2012) em seu trabalho afirmou que além das aplicações insuficiente do nutriente as atividades realizadas no solo podem ser prejudiciais, pois, pode ocorrer a baixa capacidade da troca catiônica (CTC) e a baixa capacidade tampão, trazendo risco para a saúde do sistema solo-planta, principalmente, porque eleva a deficiência transitória do Ca em novos tecidos.

1.2.4 Efeitos da calagem no dendezeiro

O conhecimento em fertilidade do solo é um ponto que deve ser bastante considerado em qualquer cultura. Pois, sua produção trará implicações econômicas através da sua produtividade, ou seja, uma aplicação adequada de nutrientes resultará em um acelerado

crescimento, desenvolvimento e boa formação do sistema radicular, sendo indispensável a utilização de substrato e fertilização (PIMENTEL et al., 2016).

Desta forma, Malavolta (2006) apresentou que os efeitos da calagem é primeiramente controlar os teores de alumínio presentes no solo que em excesso, apresenta a capacidade de prejudicar o desenvolvimento da cultura. Além disso, promove o aumento da disponibilidade de cálcio e magnésio; e nutrientes, como fósforo para as plantas; elevação da capacidade de troca de cátions reduzindo a lixiviação de nutrientes; e redução da toxidez causada por hidrogênio, alumínio e manganês (FURTINI et al., 2001).

Com a intenção de estudar a aplicação do calcário em superfície, Gonzatto (2014), conferiu que em razão dos efeitos do calcário no solo, houve uma maior redução da acidez e saturação por alumínio. O mesmo estudo foi realizado em mudas de eucalipto cultivadas em vaso que responderam positivamente a aplicação do calcário, pois o solo apresentou uma adequada faixa de pH para o desenvolvimento da planta (GABRIEL et al., 2018).

A calagem depende principalmente de três fatores, como, a dosagem adequada, as características do corretivo utilizado e da aplicação correta (ALCARDE, 2005). Segundo os estudos realizados em dendezeiro por Chaves et al. (2003), seus resultados mostraram que a aplicação da calagem houve uma alteração no pH, Ca, P disponível, na soma de bases e alumínio trocáveis, enquanto, Mg e K não apresentaram alterações. Além disso, houve um aumento da matéria seca do bulbo radicular, porém não houve alteração no seu crescimento.

2. RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE *ELAEIS GUINEENSIS* A DOSES DE CALCÁRIO EM ÁREA DE OCORRÊNCIA DE AMARELECIMENTO FATAL

2.1 INTRODUÇÃO

A palma de óleo (*Elaeis guineenses Jacq.*) é uma palmeira originária da África. Na Amazônia a palmeira adaptou-se ao clima tropical úmido (TRINDADE et al., 2005). De seus frutos obtém-se o óleo de palma e palmiste, respectivamente da polpa e da amêndoa. O óleo dessa palma é mais produzido e consumido no mundo (CORLEY & TINKER, 2015).

A área cultivada no Brasil em 2010 era de cerca de 50 mil hectares, após esse período, o potencial de produção nacional mais que quadruplicou, comparado a 2018: chegando a um total estimado em 236 mil hectares (ELER, 2018). O Estado do Pará possui grande protagonismo na cultura, como o maior produtor nacional, com 99.4 mil hectares (89%), seguido pelos Estados da Bahia (11%) e de Roraima (1%), segundo a Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA, 2016).

A expansão dessa cultura trará muitos benefícios econômicos e sociais para a região norte do país. Entretanto, há um grande entrave para expansão da cultura, o Amarelecimento Fatal (AF) tem se destacado como responsável por milhares de mortes de plantas nos países produtores, como Brasil, Colômbia, Equador, Suriname, Costa Rica, Nicarágua e Panamá (FRANQUEVILLE, 2001).

Recentemente, Nascimento et al. (2018) utilizando se de técnicas cromatográficas, sugere haver uma forte relação entre os componentes ambientais (alagamentos) sobre o aparecimento de sintomas de AF. E relacionado a esse fato, a deficiência do cálcio (Ca) também pode ser um fator primordial para o aparecimento dos sintomas desta doença e devido a acidificação do solo (LAING, 2012).

Diversos estudos foram realizados com o objetivo de determinar as causas ou o agente causal do AF do dendezeiro, observações relacionadas diretamente a entender melhor os fatores bióticos presentes naquela área (CELESTINO FILHO; LOUISE; LUCCHINI, 1993; SARRIA et al., 2008; SILVA et al., 1995) e outros realizaram pesquisas com foco nos fatores abióticos (ALBERTAZZI; BULGARELLI; CHINCHILLA, 2005; BERNARDES, 2001; VENTURIERI et al., 2009). Porém, não foi encontrada ainda nenhuma relação entre a causa e

efeito. Logo, tendo a hipótese de que o calcário possa diminuir o aparecimento dos casos de AF em plantios de áreas de ocorrência dessa doença.

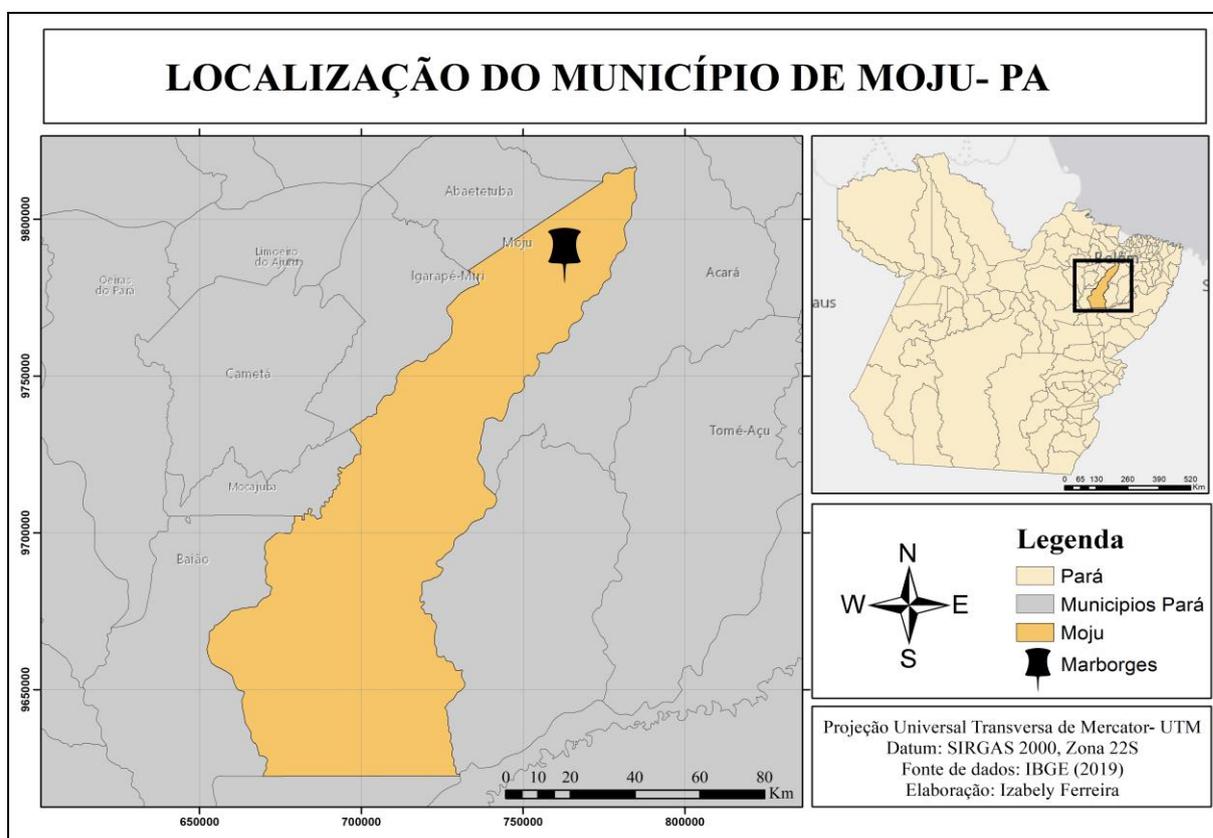
Pelo exposto, objetiva-se analisar as alterações fisiológicas em plantas de dendê em áreas de incidência de AF, frente as doses crescentes de calcário. Assim, este projeto tem o desígnio de contribuir com os diversos resultados experimentais e observações obtidas, desde quando iniciaram os trabalhos de pesquisa para identificar a causa do Amarelecimento Fatal.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Implantação e execução do experimento

O experimento foi conduzido em campo, no município de Moju, no estado do Pará, no período de março a novembro de 2020. Localiza-se em uma Latitude 01° 53' 02" S e Longitude 48° 46' 08" W, o município pertence à Mesorregião do Nordeste Paraense e à Microrregião de Tomé-Açu (IBGE, 2018). O plantio onde está sendo realizado a pesquisa, é na área comercial de dendê, na empresa Marborges (Mapa 1), onde foi plantado há dois anos (Figura 1).

Figura 1- Mapa de localização do município de Moju.



Fonte: Autor (2021)

Esta área foi dividida em seis tratamentos T1, T2, T3, T4, T5 e T6, onde T1 (controle sem gradeamento), T2 (controle com gradeamento), T3, T4, T5 e T6 são respectivamente 2, 4, 6 e 8 toneladas de calcário dolomítico/ hectare. Além de tudo citado anteriormente, foram

plantadas 2 cultivares do tenera (*Elaeis guinensis*), BRS 2501 e 2801 (Figura 2), a escolha do cultivar foi devido seu uso comercial na empresa.

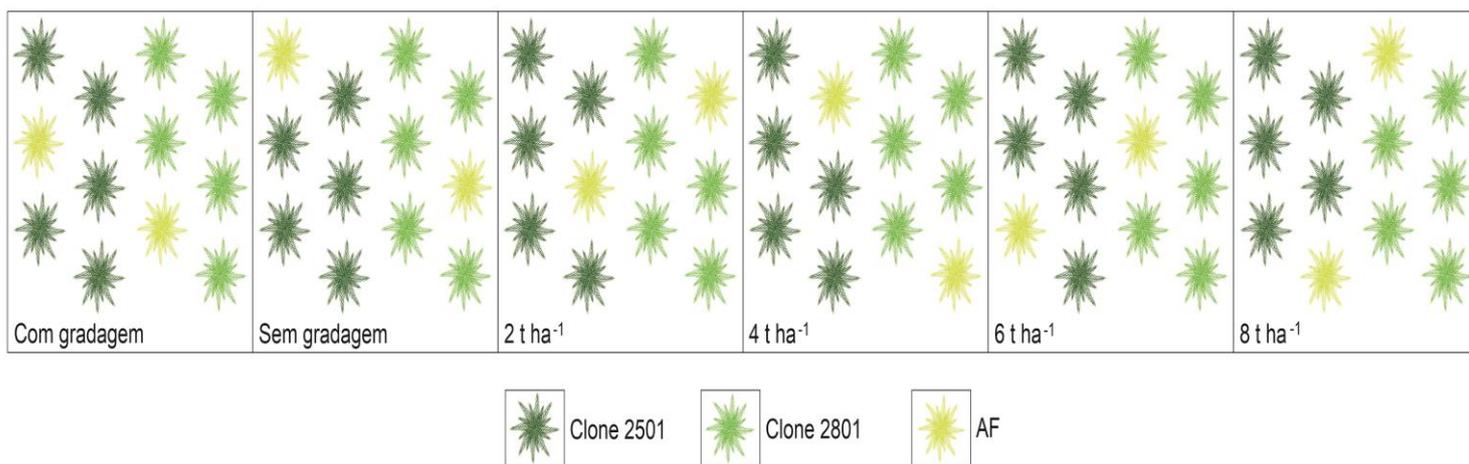
Durante o experimento foram utilizadas as duas linhas centrais de cada tratamento. Aliás, como mostra na figura 3, na plantação está sendo colocado 0,5 toneladas/planta de cachos de frutos secos na coroa da planta para reter a umidade e melhorar o desenvolvimento do sistema radicular.

Figura 2-Área do experimento.



Fonte: Autor (2020)

Figura 3-Croqui demonstrativo da distribuição dos tratamentos.



Fonte: Autor (2021)

Figura 4-Cachos secos ao redor da planta.



Fonte: Autor (2020)

Antes da aplicação dos tratamentos as amostras de solo foram coletadas para avaliação das propriedades químicas e físicas. Houve adubação do solo antes da implantação do experimento, a exigência nutricional das mudas foi atendida ao longo do experimento de acordo com o recomendado para mudas de dendê (MULLER, 1980).

As amostras de folhas foram coletadas, tomando-se o cuidado para evitar áreas de coleta com características de solos distintas e que não apresente os sintomas de AF já observados anteriormente nesta espécie. Após a coleta os materiais foram armazenados em nitrogênio líquido para o transporte até o laboratório, onde foram mantidas a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ até a efetivação das análises.

2.2.2 Parâmetros agrometeorológicos

Durante o período experimental, as variáveis ambientais foram devidamente registradas em torre meteorológica, implantada em 2015, de 20 m de altura equipada de sensores radiação fotossinteticamente ativa, CO_2 , temperatura, umidade do ar e do solo. O déficit de pressão de vapor entre a folha e a atmosfera (DPV) será calculado utilizando-se das fórmulas descritas em Landsberg (1986). Para isso, foram tomadas, ao longo do período de avaliação das trocas gasosas, as temperaturas da folha, por meio de um analisador de gás a

infravermelho (IRGA) portátil (LICOR), e do ar (bulbos secos e úmidos), por meio de psicrômetros.

2.2.3 Relações hídricas

O potencial hídrico foliar (Ψ_{fol}) foram determinados, no horário de antemanhã das 4:30 até as 5:30 da manhã (Ψ_{am}). Utilizando-se uma bomba de pressão tipo Scholander.

2.2.4 Trocas gasosas

Para a estimativa dos parâmetros fotossintéticos, cada repetição constituir-se-á de uma única folha por planta. As taxas de assimilação líquida de carbono (A), a condutância estomática (gs), a transpiração (E), concentração interna de CO₂ (C_i), temperatura da folha (T_{leaf}), a razão entre concentrações interna e externa de CO₂ (C_i/C_a) e o uso eficiente da água (WUE) foram medidas em sistema aberto, sob luz, temperatura e concentração de CO₂ ambiente, utilizando-se de um IRGA. As trocas gasosas foram realizadas em dois dias, por volta de 8:00h até 12:00.

2.2.5 Parâmetros de fluorescência

A fluorescência da clorofila foi medida na mesma folha em que se realizou as trocas gasosas, durante o período da manhã e adicionado papel alumínio na área em que foi realizado a leitura, a fim de garantir a adaptação ao escuro pelas folhas e determinar os seguintes parâmetros: (F_v) = fluorescência máxima variável, (F_v/F_M) = máxima eficiência quântica do FSII, (ETR) = taxa de transporte de elétrons. Todas as medições fotossintéticas do rendimento quântico do FSII foram realizadas entre 9h e 12h, para garantir a adaptação da folha à luz, sendo (F_{M'}) = fluorescência máxima da folha adaptada ao claro e (F_{S'}) = fluorescência estacionária na luz. Os parâmetros de rendimento quântico do FSII foram: quenching fotoquímico [Y(NO)], quenching não-fotoquímico [Y(NPQ)] e o rendimento quântico efetivo do FSII [Y(II)]. Os parâmetros de fluorescência foram estimados da seguinte forma: $F_v/F_M = (F_M F_0) / F_M$, $Y(II) = (F_{M'} - F_{S'}) / F_{M'}$, $Y(NPQ) = (F_{S'} / F_{M'}) - (F_{S'} / F_M)$ e $Y(NO) = F_{S'} / F_M$ (HUANG et al., 2013).

2.2.6 Umidade gravimétrica do solo

Posteriormente, em campo, foram coletados solos em seis pontos de cada tratamento, 3 relacionados ao clone 2501 e 3 ao clone 2801, totalizando 36 amostras de solos para determinar a umidade, que será pelo método gravimétrico. Após a coleta no campo, as amostras foram armazenadas em frascos hermeticamente fechados e enviados ao laboratório para análise. Essas amostras foram pesadas (massa úmida) e depois colocados em estufa a 105°-110°C durante 24 horas para se obter o peso constante (massa seca), para então ser realizado o cálculo da umidade gravimétrica, $H_2O (\%) = ((M_{umida} - M_{seco}) / (M_{seco})) * 100$ (CLAESSEN, 1997).

2.2.7 Pigmentos

O teor de clorofila total, clorofila a e b e de carotenóides foram determinados após extração com acetona 80%, em discos foliares retirados e congelados em nitrogênio líquido, das mesmas folhas utilizadas para medições das trocas gasosas (LICHTHENTHALER, 1987).

2.2.8 Amido, glicose, frutose e sacarose

Para a quantificação de amido e de açúcares, as amostras de folhas e tronco foram trituradas em etanol 80% (v/v), incubadas a 70°C, por 90 min e submetidas a duas centrifugações (15.000 g, 10 min). Na fração solúvel em etanol foram determinados os teores de sacarose, glicose e frutose (STITT et al., 1989) e na fração insolúvel, será analisado o amido, enzimaticamente, segundo Trethewey et al. (1998).

2.2.9 Atividade enzimática

A principal enzima na assimilação fotossintética de CO₂ é a Ribulose bifosfato carboxilase (rubisco). E no presente trabalho será medido os parâmetros da atividade inicial na extração e a quantidade total de enzima presente na folha (GEIGENBERGER & STITT, 1993). E de acordo com a metodologia o ensaio fotométrico da rubisco está acoplado à oxidação do NADH, que é continuamente monitorada em um fotômetro. O conteúdo de proteínas solúveis dos extratos será determinado conforme Bradford (1976), utilizando-se da curva de calibração de BSA.

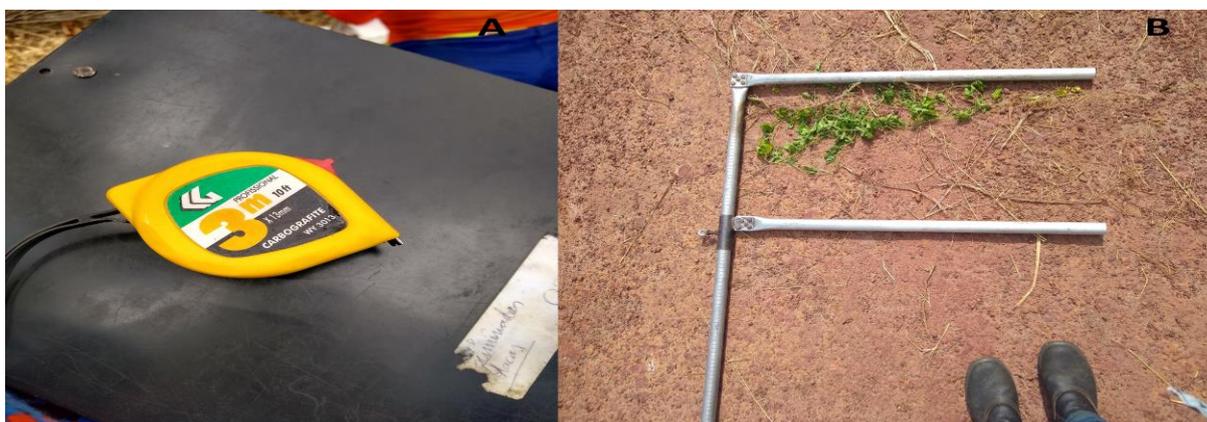
2.2.10 Análise de plantas acometidas com AF

Ao final do experimento foi realizado a contagem de plantas que apresentam os sintomas do AF, e levando em considerando as divisões dos estágios: inicial, intermediário e avançado, segundo a classificação descrita por Souza et al. (2000).

2.2.11 Desenvolvimento vegetativo

Para analisar o desenvolvimento das plantas serão realizadas avaliações das parcelas a cada 30 dias, medindo altura da planta (AP) e diâmetro do coleto (DC) (figura 5). As medições serão feitas com o auxílio de uma trena e para a mensuração do diâmetro do coleto, utilizará um paquímetro graduado em cm (BARCELOS et al., 2001).

Figura 5- Equipamentos utilizados para medição de altura da planta e diâmetro do coleto.



Fonte: Autor (2020)

Nota: A imagem (A) é a trena e a imagem (B) é o paquímetro desenvolvido pela empresa.

2.2.12 Tratamento dos dados

Assim, para finalização a análise de variância será realizada em esquema de blocos: com fatorial de 6x2, onde serão seis tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5 e T6), com dois cultivares (2501 e 2801) e seis repetições cada. Todos coletados apenas em um período do ano (verão amazônico). Para comparações de médias utilizar-se-á do teste de Newman-keuls, a 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software estatístico R (RSTUDIO, 2020). Os gráficos foram obtidos via software SigmaPlot versão 10.0 (SIGMAPLOT, 2019).

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Considerações Iniciais

A área experimental teve início em 2018, porém as análises iniciaram no ano de 2020 entre os meses de março a janeiro. Desta forma, a área foi dividida em seis tratamentos: (T1) controle sem gradeamento, (T2) controle com gradeamento, (T3) 2 toneladas de calcário/ hectare, (T4) 4 toneladas de calcário/ hectare, (T5) 6 toneladas de calcário/ hectare e (T6) 8 toneladas de calcário/ hectare. No mês de novembro, entre os dias 16 até o dia 20 de novembro de 2020, foram coletados os dados em campo e em dezembro e janeiro as análises em laboratório.

O experimento foi realizado em campo, ou seja, o substrato foi proveniente do local. Coletado da camada de 0 - 20 cm, após a última análise em campo, os resultados da análise físico-química do solo nesta profundidade estão apresentados na Tabela 1 e 2.

Tabela 1- Resultados obtidos na caracterização química do solo em plantas de dendê submetidas a diferentes doses de calcário.

Tratamentos	pH	Al ⁺³	H+Al	Ca	Ca ⁺² Mg ⁺²	N	P	K	CTC		Saturação	
	água		cmol _c /dm ³			%	mg/dm ³		Total cmol _c /dm ³	Efetiva	Base V%	Al m%
T 1	4,66	0,20	3,64	1,18	1,53	0,08	224	152	5,30	2,15	5,23	84,75
T 2	5,34	0,05	2,55	1,00	1,40	0,07	44	190	4,45	1,95	42,74	2,56
T 3	5,89	0,05	2,48	1,93	3,25	0,08	60	180	6,21	3,79	60,15	1,32
T 4	5,78	0,00	0,79	1,70	2,40	0,06	82	138	3,57	2,78	77,93	0,00
T 5	5,80	0,00	2,14	1,66	2,40	0,06	133	126	4,90	2,77	56,40	0,00
T 6	5,10	0,00	2,93	2,36	3,39	0,08	76	106	6,61	3,69	55,78	0,00

Fonte: Autor (2021)

Nota: Os tratamentos consistiram de T1 (controle sem gradeamento), T2 (controle com gradeamento), T3 (2 ton. de calcário/ha), T4 (4 ton. de calcário/ha), T5 (6 ton. de calcário/ha) e T6 (8 ton. de calcário/ha).

Tabela 2- Resultados obtidos na caracterização Física do solo em plantas de dendê submetidas a diferentes doses de calcário.

Tratamentos	Areia grossa	Areia Fina	Silte	Argila Total
	g/kg			
T 1	531	344	5	120
T 2	603	184	33	180
T 3	670	127	63	140
T 4	564	242	94	100
T 5	549	245	86	120
T 6	481	306	73	140

Fonte: Autor (2021)

Nota: Os tratamentos consistiram de T1 (controle sem gradeamento), T2 (controle com gradeamento), T3 (2 ton. de calcário/ha), T4 (4 ton. de calcário/ha), T5 (6 ton. de calcário/ha) e T6 (8 ton. de calcário/ha).

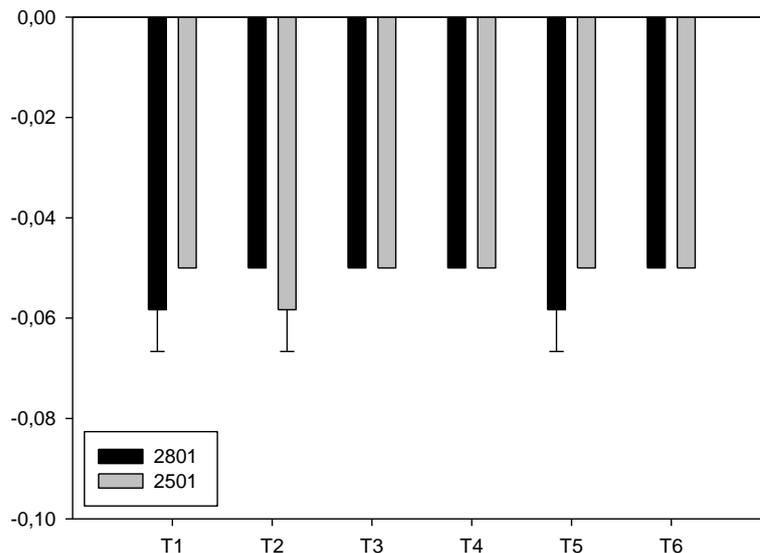
2.3.2 Fator ambiental

O potencial hídrico (Ψ_w) foi medido entre as 4:30 e 5:30 da manhã e apresentou aproximadamente as médias iguais em todos os tratamentos (-0,05 MPa), levando em consideração que as mesmas se encontram plenamente em campo, sem interferência humana em relação as condições hídricas, indicando assim que as plantas controle estavam totalmente hidratadas ao longo do experimento (Figura 6).

A umidade gravimétrica do solo (figura 7) identificou que o clone 2801 dos tratamentos 1 (14,87%), 2 (11,48%), 5 (07,97%) e 6 (10,67%) foi maior em relação ao clone 2501 dos mesmos tratamentos. E o clone 2501 foi maior nos tratamentos 3 (15,42%) e 4 (10,89%). Sendo que o T3 do clone 2501 foi o maior valor apresentado. Porém, não apresentou diferença significativa entre as diferentes doses de calcário.

Como pode ser observado na figura 8(A), onde apresentam os valores de temperatura do ar, os valores variaram entre 30 a 37°C entre os tratamentos. Na figura 8(B) a temperatura da folha variou entre 30 a 35°C. Desta forma, as condições ambientais em que as plantas estavam inseridas não houveram uma variação significativa entre os tratamentos e entre os clones do mesmo tratamento, não interferindo assim nos resultados encontrados para as duas espécies.

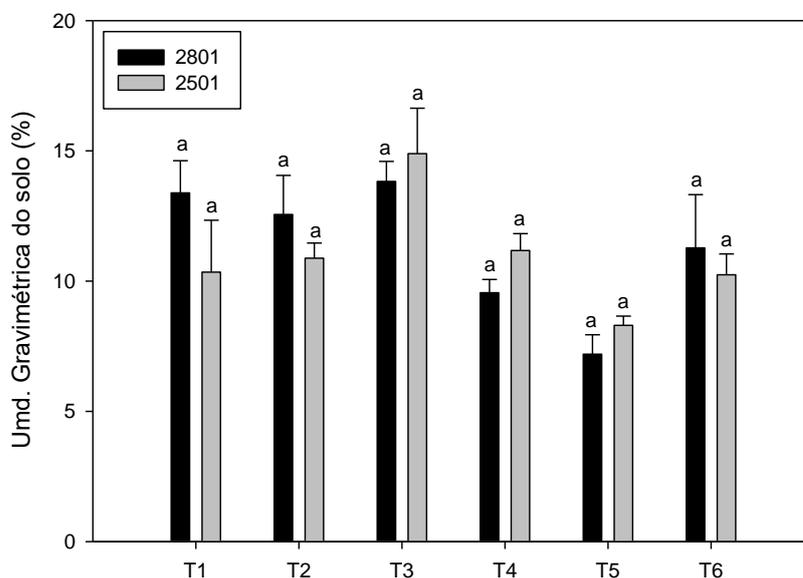
Figura 6- Potencial hídrico foliar (Ψ_w) em plantas de dendê submetidas a diferentes doses de calcário.



Fonte: Autor (2020)

Nota: Os tratamentos consistiram de T1 (controle sem gradeamento), T2 (controle com gradeamento), T3 (2 ton. de calcário/ha), T4 (4 ton. de calcário/ha), T5 (6 ton. de calcário/ha) e T6 (8 ton. de calcário/ha). Os valores utilizados são as médias \pm desvio padrão de seis repetições.

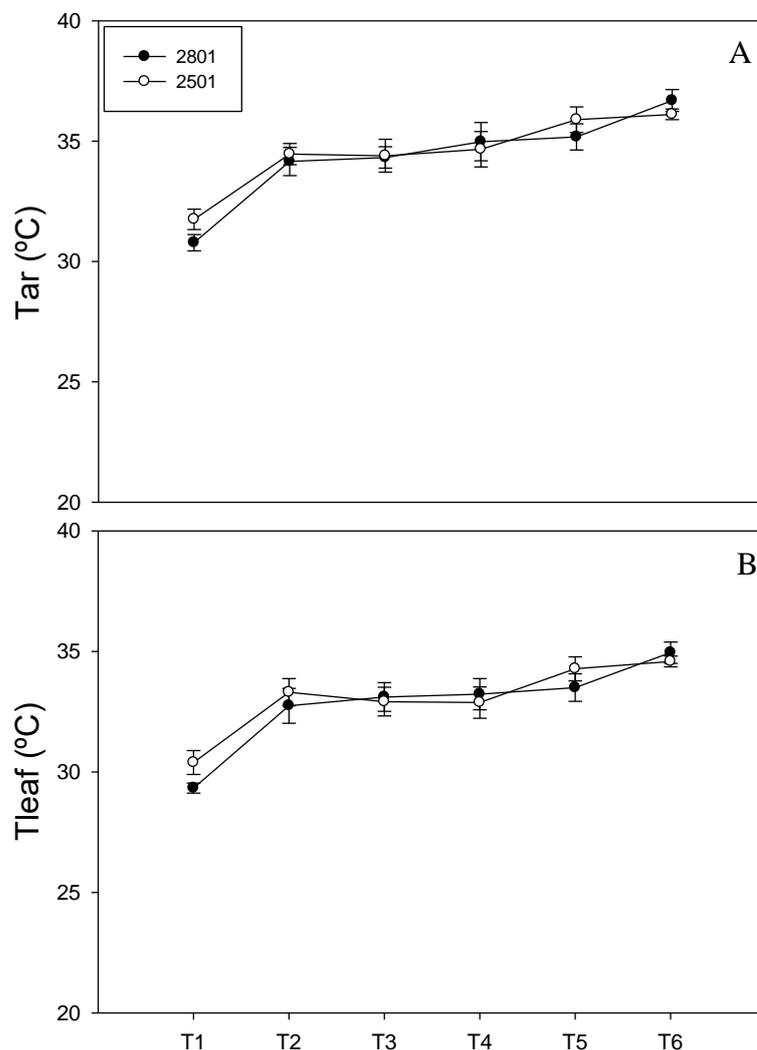
Figura 7- Umidade Gravimétrica do solo (%) em plantas de dendê submetidas a diferentes doses de calcário.



Fonte: Autor (2020)

Nota: Os tratamentos consistiram de T1 (controle sem gradeamento), T2 (controle com gradeamento), T3 (2 ton. de calcário/ha), T4 (4 ton. de calcário/ha), T5 (6 ton. de calcário/ha) e T6 (8 ton. de calcário/ha). Os valores utilizados são as médias \pm desvio padrão de três repetições.

Figura 8-Condições ambientais analisadas em plantas de dendê submetidas a diferentes doses de calcário: Temperatura do ar (A) e Temperatura foliar (B).



Fonte: Autor (2020)

Nota: Os tratamentos consistiram de T1 (controle sem gradeamento), T2 (controle com gradeamento), T3 (2 ton. de calcário/ha), T4 (4 ton. de calcário/ha), T5 (6 ton. de calcário/ha) e T6 (8 ton. de calcário/ha). Os valores utilizados são as médias \pm desvio padrão de seis repetições.

2.3.3 Trocas gasosas, parâmetros fotoquímicos e pigmentos

A figura 9 (A) mostra o resultado da assimilação líquida de CO_2 (A). Desta forma, verificou-se que os valores do clone 2801 foram aumentando de acordo com a quantidade de doses de calcário, sendo assim, variou aproximadamente 53% do T1 ($14,42 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) para o T6 ($22,18 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Por conseguinte, os valores do clone 2501

apresentaram um aumento de 33% do T1 (15,08 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) até o T5 (22,09 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e depois uma diminuição no T6 (16,53 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Quanto à variável condutância estomática (gs) verificou-se que os clones apresentaram valores estatisticamente iguais dentro de cada tratamentos (Figura 9 B), apresentando diferenças somente entre o aumento das doses de calcário, sendo o maior valor no tratamento 1, clone 2801 (506,28 $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Isto está diretamente relacionado com as variáveis de transpiração (E) (Figura 9 D) e temperatura do ar (Tar) (Figura 8A), visto que, de acordo com os resultados, à medida em que o clima vai favorecendo a perda de vapor d'água pelas plantas por meio da transpiração e evaporação de água via solo, a planta limita sua abertura estomática para a entrada de CO_2 atmosférico.

Em ambos os clones se verificou maiores valores de concentração intercelular de CO_2 (Ci) no primeiro tratamento (Figura 9 C), contudo não houve diminuição considerável ao longo das medições, indicando que estas plantas não estavam acumulando CO_2 em grande quantidade na câmara subestomática. No caso do clone 2801 a variação de Ci se mostrou pouco alterada, com o maior valor no primeiro tratamento (339,57 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}\text{ar}$) e o menor valor no sexto tratamento (257,61 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}\text{ar}$). E no 2501, o primeiro tratamento também apresentou maior valor (331,09 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}\text{ar}$) e o menor no quinto tratamento (266,94 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}\text{ar}$). A razão Ci/Ca (Figura 9 E) não se alterou significativamente, manteve o valor proporcional aos resultados da concentração intercelular de CO_2 .

Para taxa de transpiração (Figura 9 D), os clones não apresentaram diferença significativa dentro de cada tratamento. Porém, houve uma redução de aproximadamente 37% do T1 (7,23 $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ao T3 (4,55 $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), no clone 2801 e de aproximadamente 30% do T1 (6,89 $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) a T2 (4,85 $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), no clone 2501. Após esse momento, em ambos os clones, houve um aumento até o T5 (7,22 e 6,93 $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 2801 e 2501 respectivamente) e diminuiu novamente no T6 (6,28 e 6,13 $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 2801 e 2501 respectivamente).

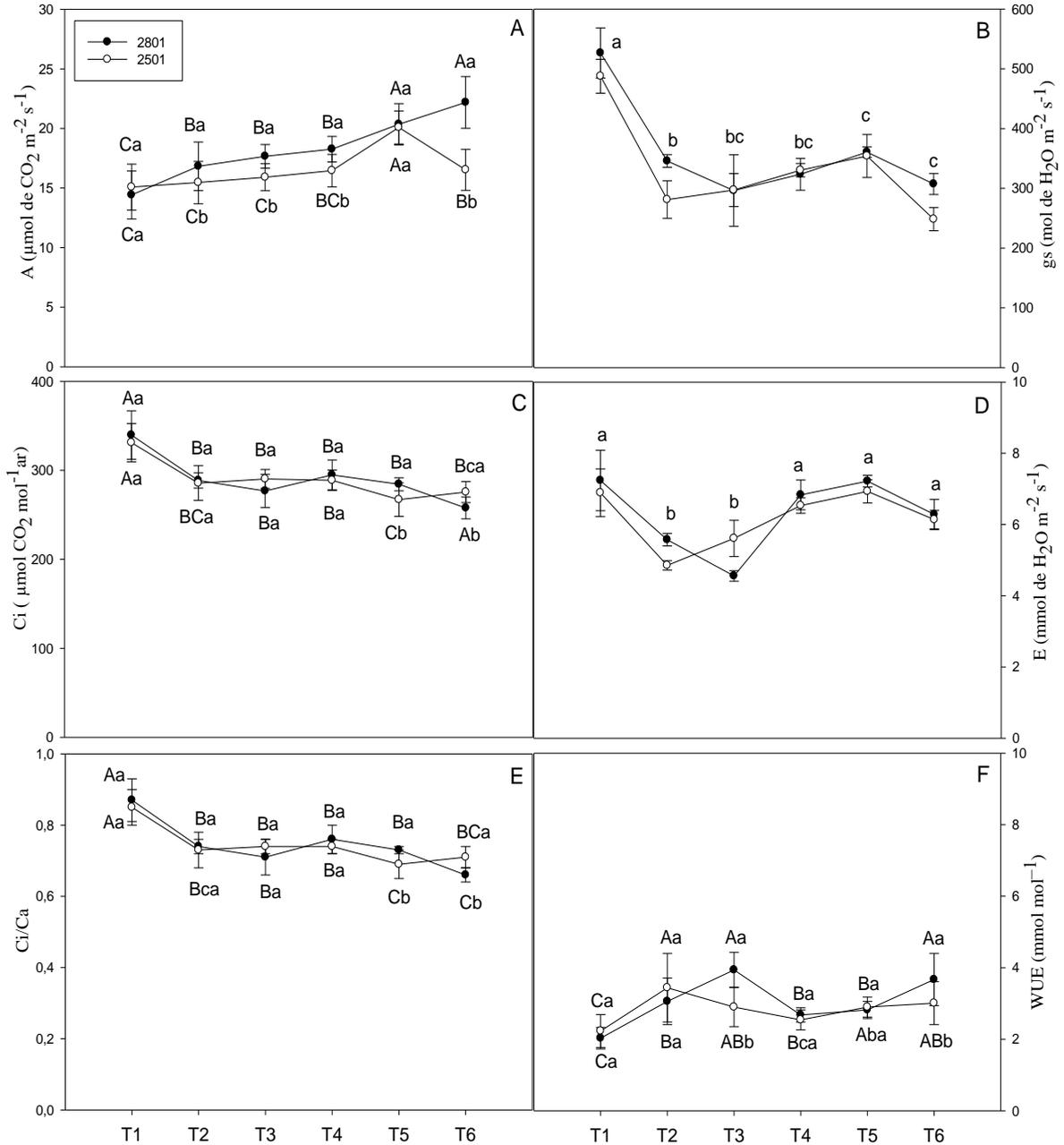
Com base na Figura 9 (F) é possível observar os resultados obtidos para a eficiência instantânea do uso da água (WUE), sendo estimada pela relação entre a assimilação de CO_2

(Figura 8 A) e a transpiração (Figura 9 D). É possível observar que o aumento ou diminuição da transpiração é inversamente proporcional a WUE, ou seja, tiveram um aumento T1 (2,03 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) ao T3 (3,94 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹), no clone 2801 e T1 (2,23 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) a T2 (3,44 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹), no clone 2501. No tratamento 4 (2,68 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) houve redução e um aumento no T5 e T6 respectivamente (2,82 e 3,67 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹), no clone 2801 e no outro clone reduziu no T3 e T4 (2,90 e 2,54 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹), porém no T5 (2,90 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) e T6 (3,01 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) ocorreu um aumento, mas não significativo.

Em relação aos parâmetros da fluorescência (Figura 10), foram observados que na figura 10 (A) onde apresenta a eficiência fotoquímica máxima do FSII, se manteve praticamente inalterada, com valores muito próximo ou acima de 0,8. Além disso, os parâmetros fotoquímicos (Φ FSII, Fv'/Fm' e qP) dos dois clones foram essencialmente os mesmos. O aumento no ETR (Figura 10 F) e diminuição no NPQ (Figura 10 E) foram observadas em plantas de ambos os clones.

O teor de clorofila a, b, totais e carotenóides não foi apresentado diferenças significativas em relação aos diferentes clones (Figura 11), porém em todos os valores o clone 2801 apresentou os maiores valores da média nos tratamentos T1, T2, T4, T5 e T6, comparado com o clone 2501.

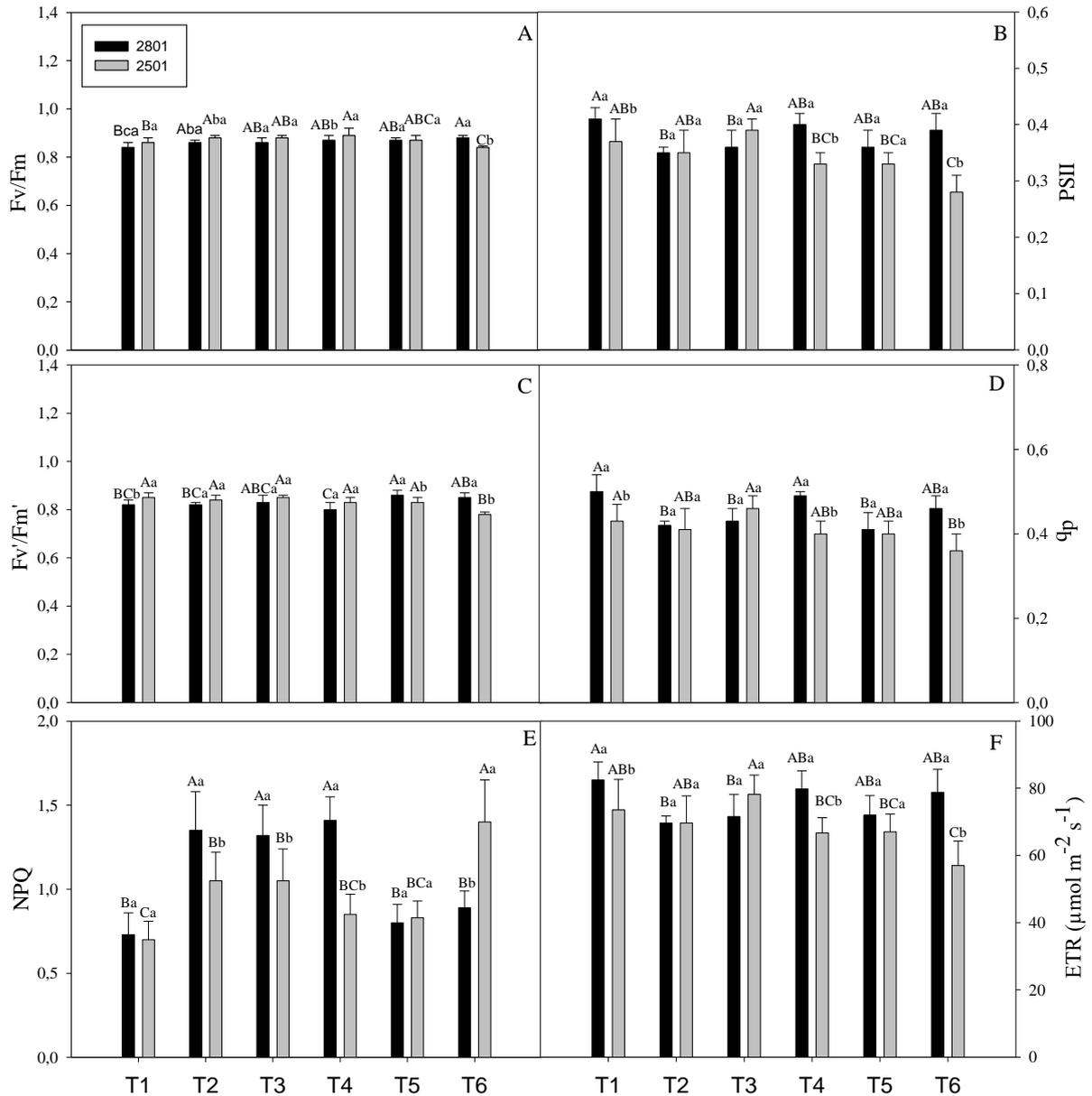
Figura 9- Variáveis fisiológicas analisadas em plantas de dendê submetidas a diferentes doses de calcário: A) Assimilação líquida de CO₂ (A), B) Condutância estomática (g_s), C) Concentração intercelular de CO₂ (C_i), D) Transpiração (E), E) Relação entre concentração interna e ambiente de CO₂ (C_i/C_a) e F) Eficiência instantânea do uso da água (WUE).



Fonte: Autor (2020)

Nota: Os tratamentos consistiram de T1 (controle sem gradeamento), T2 (controle com gradeamento), T3 (2 ton. de calcário/ha), T4 (4 ton. de calcário/ha), T5 (6 ton. de calcário/ha) e T6 (8 ton. de calcário/ha). Os valores utilizados são as médias ± desvio padrão de seis repetições.

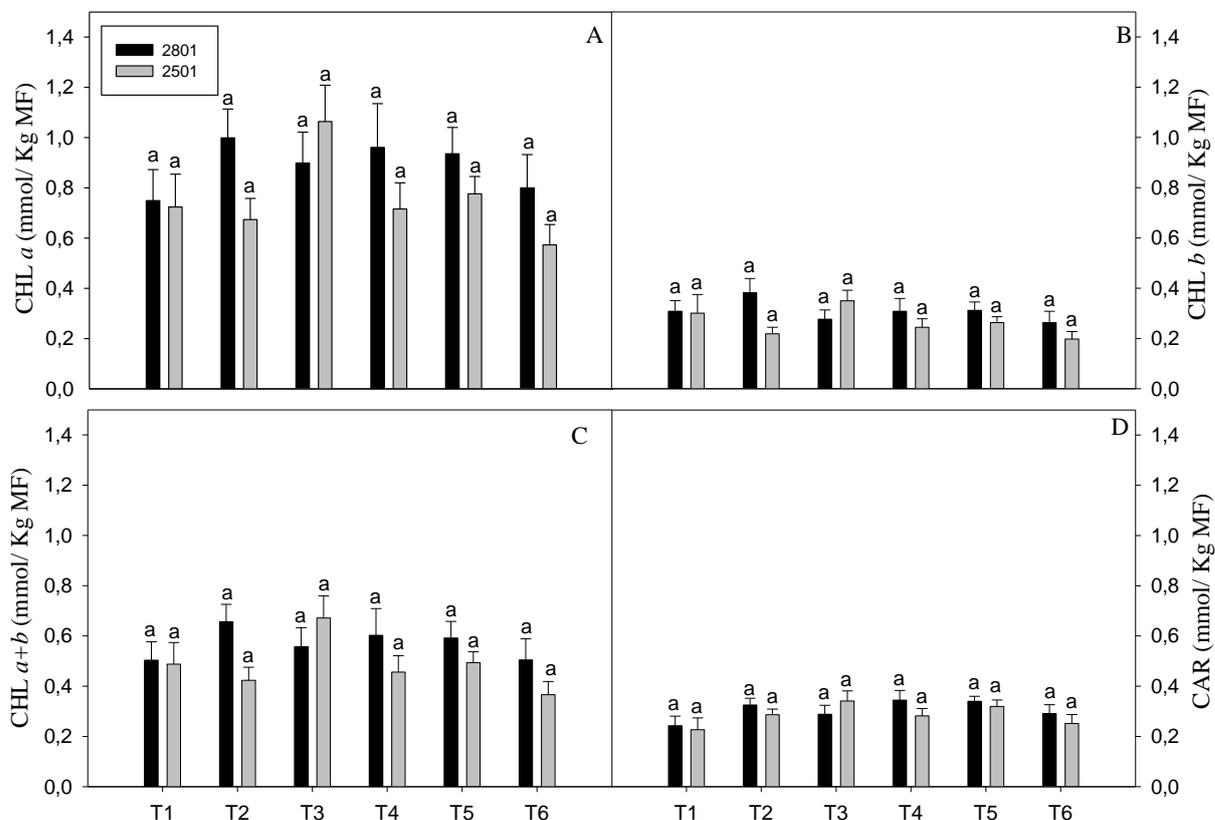
Figura 10- Análise da fluorescência em plantas de dendê submetidas a diferentes doses de calcário: A) Eficiência fotoquímica máxima do FSII (Fv/Fm), B) Rendimento quântico do transporte de elétrons (Φ FSII), C) Eficiência de captura de energia de excitação pelos centro de reação abertos do FSII (Fv'/Fm'), D) Coeficiente de extinção fotoquímica (q_p), E) Coeficiente de extinção não fotoquímica (NPQ) e F) Taxa aparente de transporte de elétrons (ETR).



Fonte: Autor (2020)

Nota: Os tratamentos consistiram de T1 (controle sem gradeamento), T2 (controle com gradeamento), T3 (2 ton. de calcário/ha), T4 (4 ton. de calcário/ha), T5 (6 ton. de calcário/ha) e T6 (8 ton. de calcário/ha). Os valores utilizados são as médias \pm desvio padrão de seis repetições.

Figura 11- Concentrações de pigmentos cloroplastídicos em plantas de dendê submetidas a diferentes doses de calcário: A) Clorofila *a* (CHL *a*), B) Clorofila *b* (CHL *b*), C) Clorofilas totais (CHL *a+b*) e D) Carotenóides (CAR).



Fonte: Autor (2020)

Nota: Os tratamentos consistiram de T1 (controle sem gradeamento), T2 (controle com gradeamento), T3 (2 ton. de calcário/ha), T4 (4 ton. de calcário/ha), T5 (6 ton. de calcário/ha) e T6 (8 ton. de calcário/ha). Os valores utilizados são as médias \pm desvio padrão de seis repetições.

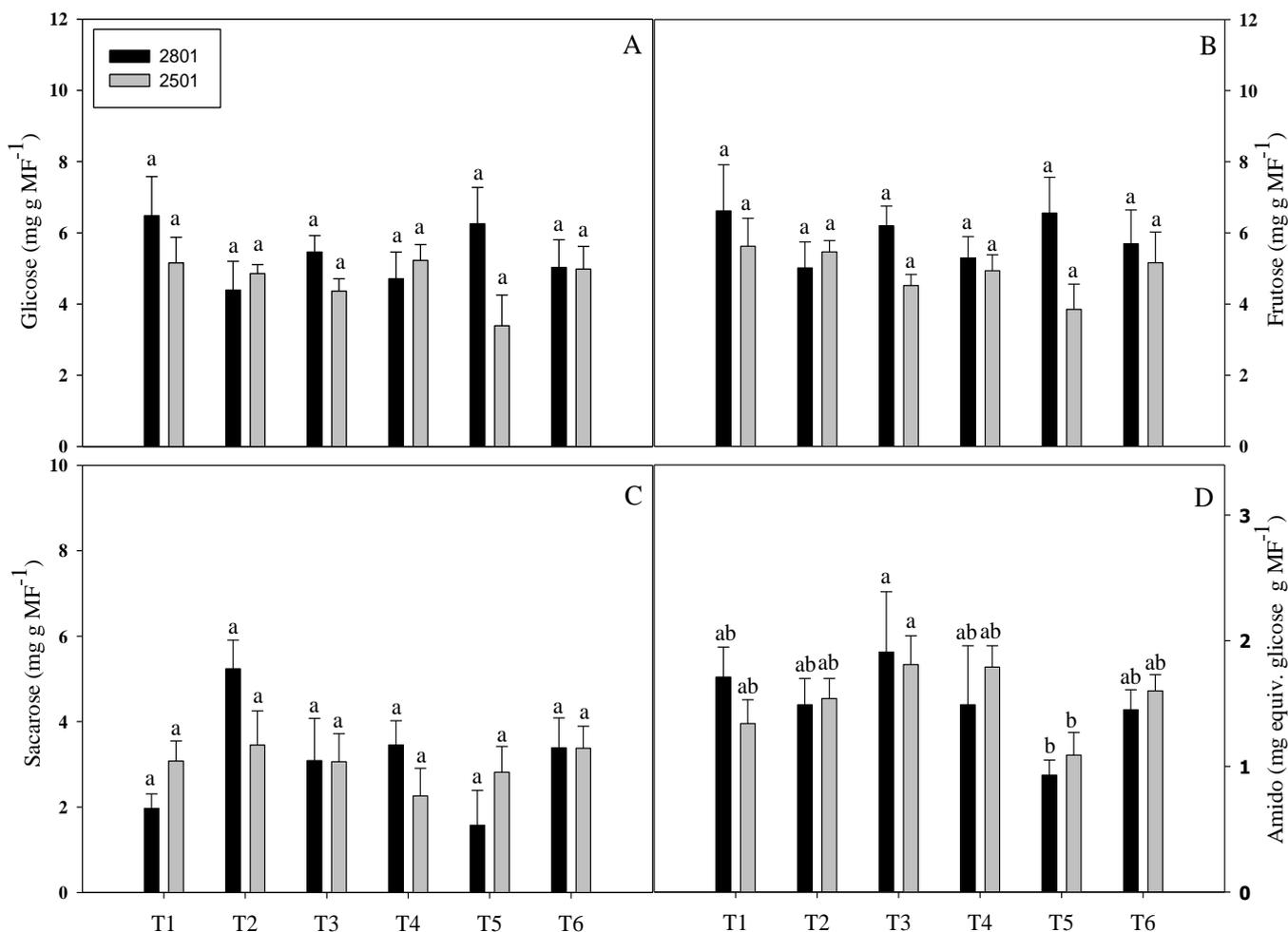
2.3.4 Concentração de carboidrato

A glicose, frutose e sacarose apresentaram valores estatisticamente iguais (Figura 12). Porém, a Figura 12 (A) no clone 2801, os tratamentos T1 ($6,4 \text{ mg.g.MF}^{-1}$), T3 ($5,4 \text{ mg.g.MF}^{-1}$), T5 ($6,2 \text{ mg.g.MF}^{-1}$) e T6 ($5,0 \text{ mg.g.MF}^{-1}$) apresentaram os maiores valores comparado com os respectivos valores do clone 2501 ($5,1$; $4,3$; $3,3$ e $4,9 \text{ mg.g.MF}^{-1}$).

Na frutose (Figura 12 B) o clone 2801 se destacou praticamente em todos os tratamentos, menos no segundo tratamento, onde o valor de 2501 foi maior. A sacarose (Figura 12 C) apresentou os valores praticamente inversos aos valores da glicose.

No amido (Figura 12 D) dentro de cada tratamento os clones não apresentaram diferenças significativas. Mas, entre os seis tratamentos o T3 apresentou o maior valor nas duas progênies (1,91 e 1,81 mg.g.MF⁻¹, respectivamente 2801 e 2501).

Figura 12- Concentrações foliares de carboidratos em plantas de dendê submetidas a diferentes doses de calcário: A) Glicose, B) Frutose, C) Sacarose e D) Amido.



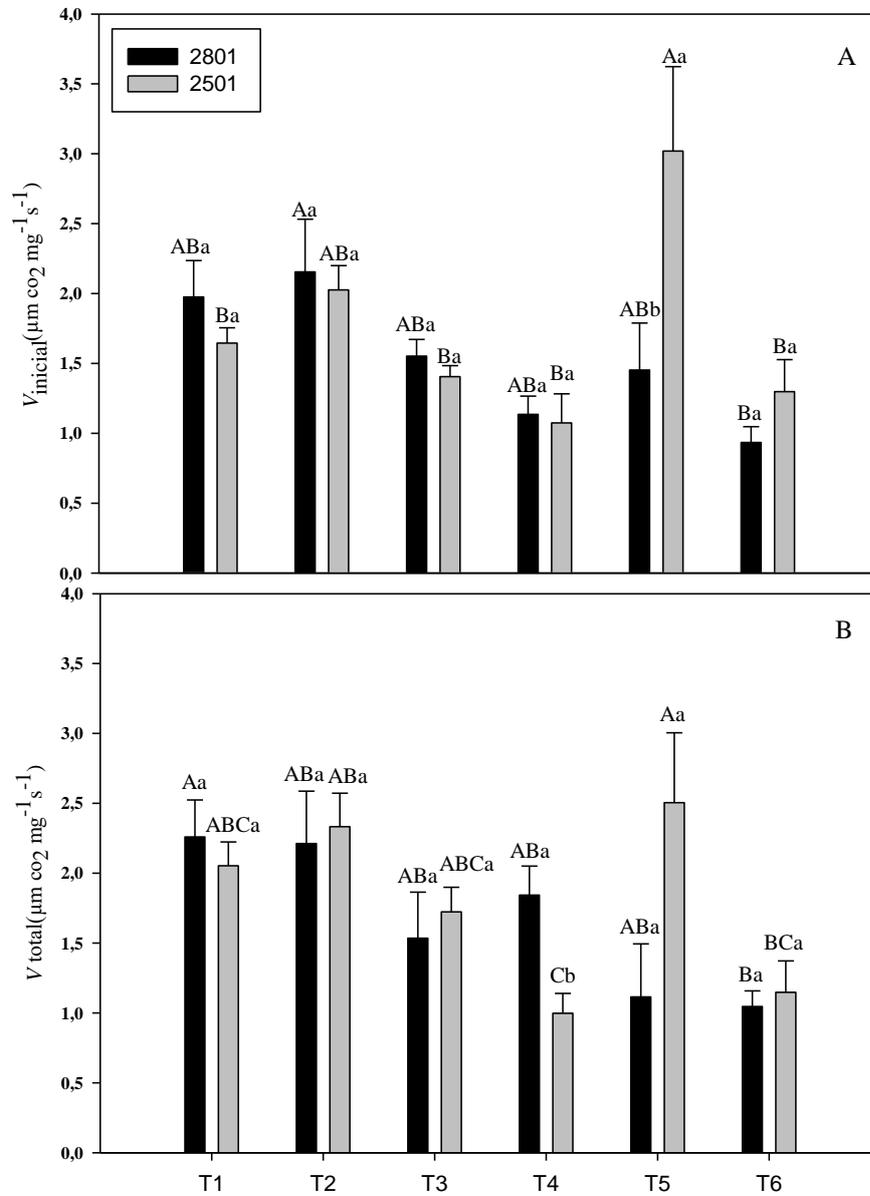
Fonte: Autor (2020)

Nota: Os tratamentos consistiram de T1 (controle sem gradeamento), T2 (controle com gradeamento), T3 (2 ton. de calcário/ha), T4 (4 ton. de calcário/ha), T5 (6 ton. de calcário/ha) e T6 (8 ton. de calcário/ha). Os valores utilizados são as médias ± desvio padrão de seis repetições.

2.3.5 Atividade enzimática

As atividades totais (V_{total}) e iniciais ($V_{inicial}$) da rubisco mantiveram uma variação ao longo dos tratamentos (Figura 13). Portanto, entre todos os valores o que mais se destacou foi o clone 2501, no quinto tratamento, onde apresenta 6 toneladas de calcário/ hectare.

Figura 13- Atividade da Rubisco em plantas de dendê submetidas a diferentes doses de calcário: A) Atividade inicial ($V_{inicial}$) e B) Atividade total (V_{total}).



Fonte: Autor (2020)

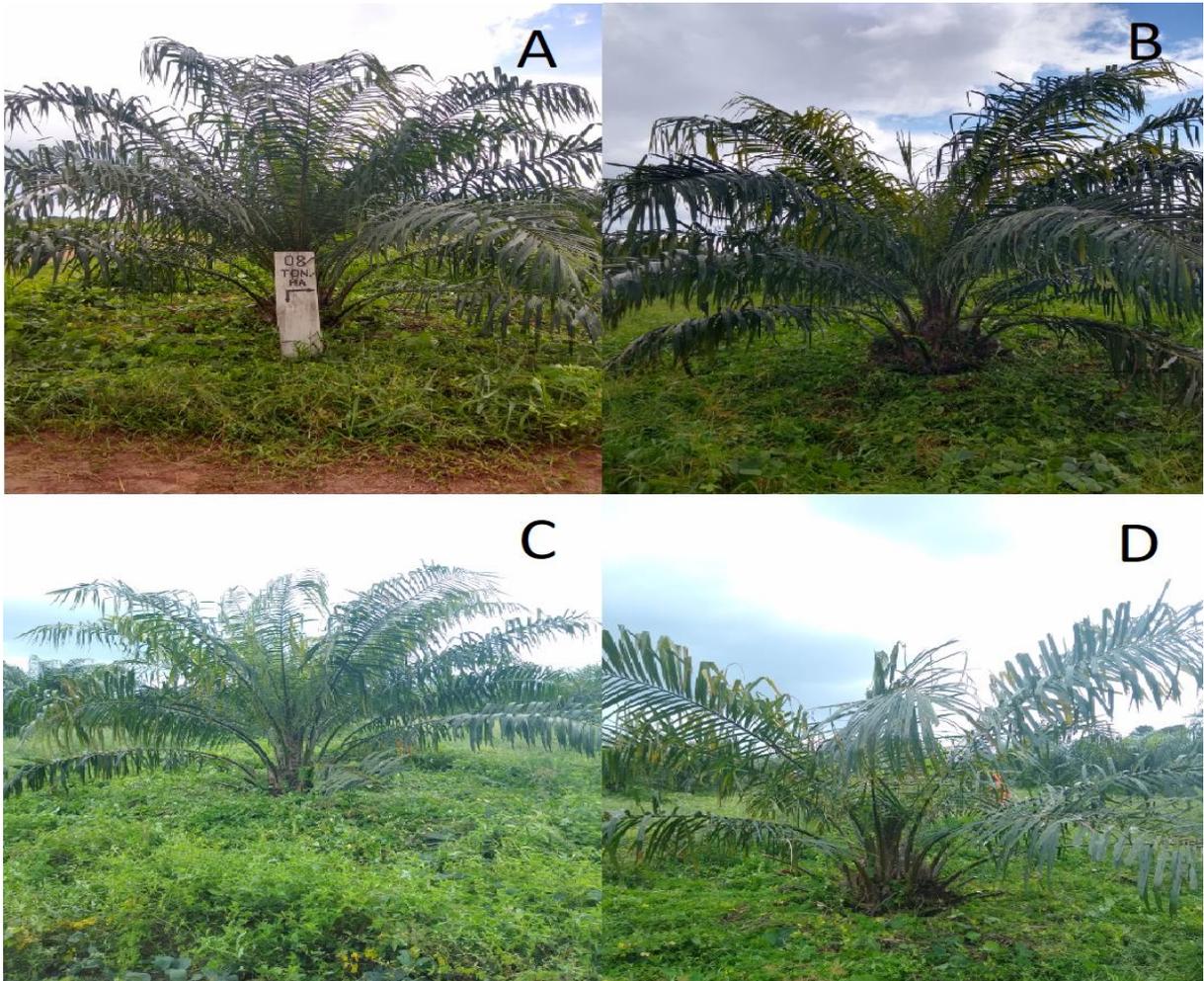
Nota: Os tratamentos consistiram de T1 (controle sem gradeamento), T2 (controle com gradeamento), T3 (2 ton. de calcário/ha), T4 (4 ton. de calcário/ha), T5 (6 ton. de calcário/ha) e T6 (8 ton. de calcário/ha). Os valores utilizados são as médias \pm desvio padrão de seis repetições.

2.3.6 AF

A figura 14 mostra os níveis de amarelecimento fatal encontrado em campo. Na figura 14 (A) não é identificado sintomas de AF, essa planta está identificada no sexto tratamento,

onde apresenta 8 toneladas de calcário/ hectare. A figura 14 (B) é identificado o nível de AF inicial, onde está ocorrendo a necrose da folha flecha. Na próxima imagem (figura 14 C) é identificado o nível intermediário, percebendo-se que já ocorreu a queda da folha flecha e na figura 14 (D) é o nível avançado, pois há secamento dos folíolos.

Figura 14- Níveis de Amarelecimento Fatal na palma de óleo.

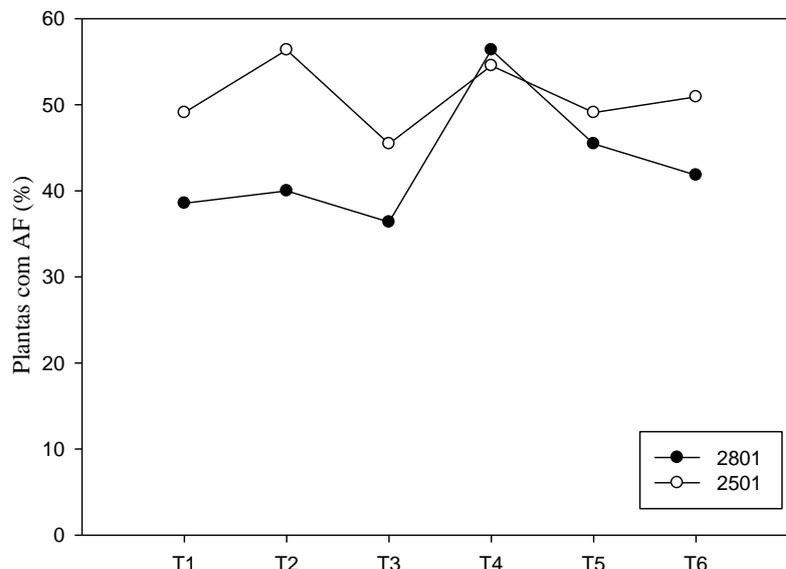


Fonte: Autor (2021)

Nota: Na imagem A é uma planta sem AF, na B está com sintomas iniciais de AF, C apresenta sintomas intermediários e D avançado.

Na figura 15, foram identificadas as plantas que apresentam sintomas de AF em cada tratamento. Essa análise foi feita em todas as plantas de cada parcela. Desta forma, observa-se que o clone 2501 se destaca por apresentar seus valores altos, praticamente, em todos os tratamentos, menos no T4 (54,54%), pois os 2801 torna-se maior (56,36%).

Figura 15- Percentagem de plantas acometidas por AF em cada tratamento.



Fonte: Autor (2021)

Nota: Os tratamentos consistiram de T1 (controle sem gradeamento), T2 (controle com gradeamento), T3 (2 ton. de calcário/ha), T4 (4 ton. de calcário/ha), T5 (6 ton. de calcário/ha) e T6 (8 ton. de calcário/ha). Os valores utilizados são as médias de todas as plantas da parcela.

Após a identificação das plantas com AF, as mesmas foram também analisadas sobre seus níveis. Ou seja, se a planta que apresenta amarelecimento fatal está no seu início, intermediário ou em seu estado avançado. Desta forma, a tabela 2 e 3 apresentam o total de plantas, os níveis de AF, quantas estão mortas e em remissão foliar.

Tabela 3- Dados totais do clone 2801 em relação ao AF.

Tratamentos	Totais de plantas	Plantas com AF			Mortas	Remissão foliar
		Inicial	Intermediário	Avançado		
T1	83	20	12	00	01	01
T2	55	10	07	05	02	01
T3	55	14	04	02	02	00
T4	55	17	09	05	00	00
T5	55	09	05	11	00	00
T6	55	14	01	08	00	03

Fonte: Autor (2021)

Nota: Os tratamentos consistiram de T1 (controle sem gradeamento), T2 (controle com gradeamento), T3 (2 ton. de calcário/ha), T4 (4 ton. de calcário/ha), T5 (6 ton. de calcário/ha) e T6 (8 ton. de calcário/ha).

Tabela 4- Dados totais do clone 2501 em relação ao AF.

Tratamentos	Totais de plantas	Plantas com AF			Mortas	Remissão foliar
		Inicial	Intermediário	Avançado		
T1	55	13	08	06	01	00
T2	55	16	11	04	02	00
T3	55	16	03	06	03	00
T4	55	19	06	05	01	00
T5	55	07	08	12	00	02
T6	55	18	07	03	00	00

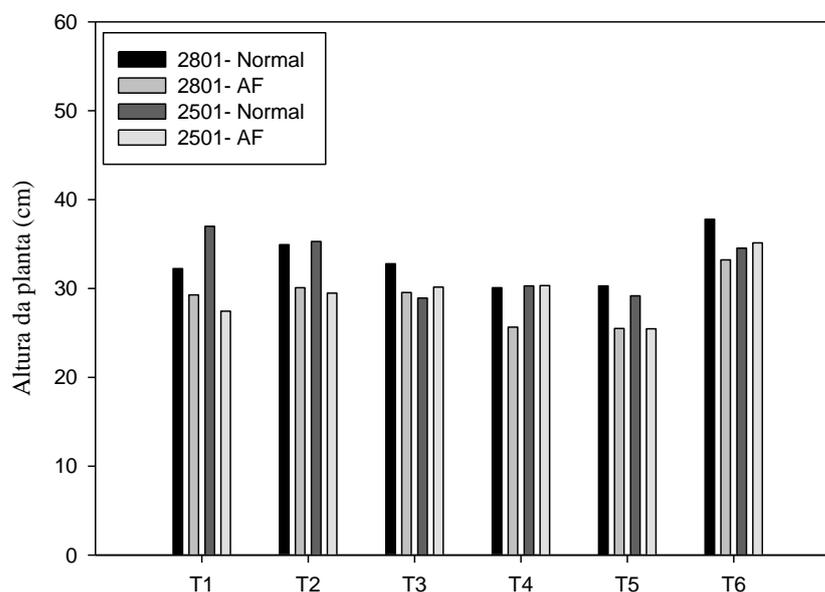
Fonte: Autor (2021)

Nota: Os tratamentos consistiram de T1 (controle sem gradeamento), T2 (controle com gradeamento), T3 (2 ton. de calcário/ha), T4 (4 ton. de calcário/ha), T5 (6 ton. de calcário/ha) e T6 (8 ton. de calcário/ha).

2.3.7 Desenvolvimento vegetativo

Contudo, ao analisar as médias dos tratamentos dos dois clones com e sem AF (Figura 16), pode-se observar que o tratamento 6 (8 ton. de calcário/ ha) aplicado via solo, tendeu a proporcionar um melhor desenvolvimento da variável altura da planta (AP).

Figura 16- Média da variável da altura da planta (AP).

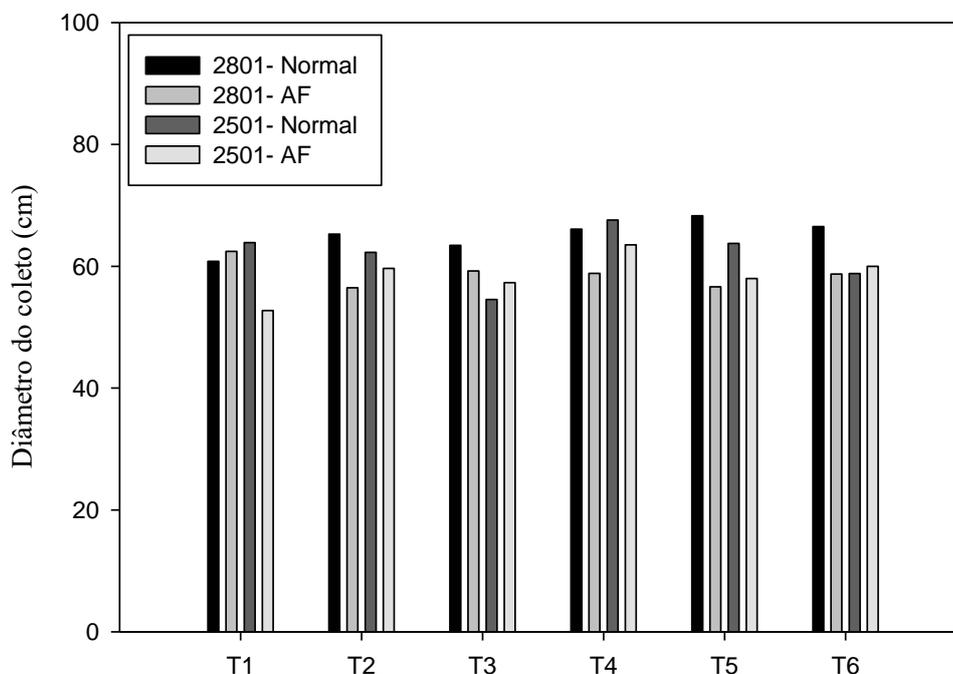


Fonte: Autor (2021)

Nota: Os tratamentos consistiram de T1 (controle sem gradeamento), T2 (controle com gradeamento), T3 (2 ton. de calcário/ha), T4 (4 ton. de calcário/ha), T5 (6 ton. de calcário/ha) e T6 (8 ton. de calcário/ha).

Para a variável diâmetro do coleto (DC), o clone 2801 (normal) apresentou seu maior valor no T5 (68,28 cm) e o clone 2801 (AF), no controle (T1). Enquanto o clone 2501 (normal e AF) demonstrou o maior diâmetro no tratamento quatro (67,57 e 63,52 cm, respectivamente).

Figura 17- Média da variável do diâmetro do coleto (DC).



Fonte: Autor (2021)

Nota: Os tratamentos consistiram de T1 (controle sem gradeamento), T2 (controle com gradeamento), T3 (2 ton. de calcário/ha), T4 (4 ton. de calcário/ha), T5 (6 ton. de calcário/ha) e T6 (8 ton. de calcário/ha).

2.4 DISCUSSÃO

As avaliações foram feitas durante o período que se dar o final do verão amazônico, em Moju. O período chuvoso compreende-se entre os meses de janeiro a junho, e um período menos chuvoso entre os meses de julho a dezembro (MOURA & VITORINO, 2012).

Desta forma, pode-se observar no potencial hídrico (Ψ_w) mesmo estando em período de baixo índice pluviométrico e alta temperatura as plantas não sofreram com déficit hídrico. Podendo estar relacionado com as raízes do tipo pivotante da palma de óleo, pois espécies que apresentam raízes mais profundas podem ter acesso a água mais estocadas no solo quando comparada a genótipos que apresentam raízes mais superficiais (PINHEIRO et al, 2016). Portanto, segundo Gonçalves et al (2017) ainda é pouco estudado nas espécies o comportamento do sistema radicular em camadas mais profundas.

A umidade no solo é fundamental para a manutenção da vida das plantas e a análise relacionada a umidade gravimétrica, mesmo não havendo diferença significativa entre os tratamentos, observou-se que mesmo no período com baixo índice pluviométrico ocorreu uma variação entre os tratamentos. Portanto, a alteração pode estar relacionada com a profundidade (10-20 cm) que foi retirado a amostra do solo, pois a camada da superficial de acordo com Bronick & Lal (2005) dependendo do tipo de solo, a infiltração de água fica mais lenta, funcionando como uma barreira e ocasionando uma retenção líquida na parte superior.

Com relação a sazonalidade diária das variáveis ambientais, como temperatura do ar e da folha durante o período experimental, não apresentou uma significativa variação. Esse pequeno aumento de temperatura do ar, e conseqüentemente a temperatura da folha, está interligado com o horário de medição. Segundo o trabalho de Viana et al (2019) com a palma de óleo em fase de desenvolvimento, a temperatura do ar no período de seca variou entre 24,9 a 38,25°C e que pequenas variações diárias de temperatura são essenciais para o crescimento e produção da palma de óleo (GONÇALVES et al. 2010).

Além disso, o foi de suma importância a análise de temperatura do ar e da folha do referente trabalho, para identificar os valores mínimos e máximos, para não ultrapassar 38°C,

pois é o limite máximo para que não ocorra alteração na eficiência da fotossíntese, e para o tal fato ocorrer, é necessário que apresente um pequeno déficit de vapor (DUFRENE; OCHS; SAUGIER, 1990; DUFRENE; SAUGIER, 1993; PARAMANANTHAN, 2003). Após os resultados apresentados, constata-se que as temperaturas resultantes das análises estavam dentro das condições para o desenvolvimento do dendê.

No presente estudo é relatado o aumento de desempenho fotossintético das plantas de palma de óleo, através dos parâmetros de trocas gasosas, submetidas a calagem.

Os valores máximos encontrados da assimilação líquida de CO₂ (A) (22,18 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) podem ser considerados normais quando relacionado com outros trabalhos, segundo Lamade e Bouillet (2005), em condições adequadas ao nível de viveiro e campo, apresentou que a fotossíntese em mudas de dendê é elevada com valores acima de 19 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; aumentando com a idade entre os quatro a nove anos até 32 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; como apresentado por Henson e Harum (2005) que encontraram valores próximos a 40 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ em plantas adultas. Outros autores obtiveram uma A max de 20 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (CORLEY, 1983, DUFRENE; SAUGIER, 1989).

Como observado no trabalho, não apresentou uma variação significativa nos resultados de condutância estomática e transpiração. As mudas de dendezeiro foram plantadas em condições de campo, desta forma ficam expostas a qualquer alteração ambiental, mas de forma que afeta todas as plantas. Portanto, os fatores ambientais afetam o processo fisiológico das plantas, no entanto, entre estes fatores a disponibilidade de água é o mais importante para a limitação da fotossíntese, podendo diminuir ou aumentar as taxas de assimilação de CO₂, alterando sua concentração, devido a condutância estomática e transpiração (CALBO et al., 1997).

Desta forma, as mudanças na resistência estomática são importantes para a regulação da perda de água pela planta e para o controle da taxa de absorção de dióxido de carbono necessário à fixação contínua durante a fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2009). Assim, o comportamento da condutância estomática está interligado com o carbono interno foliar.

A concentração de carbono interno e a relação de carbono interno e externo, observou-se que os valores permaneceram praticamente inalterados, somente com o destaque para o primeiro tratamento, onde apresentou o maior valor. Segundo Pelaez et al. (2010) em estudo com palma de óleo, encontraram concentrações interna de CO₂ entre 241-285 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}\text{ar}$, enquanto outro estudo apresentado na Colômbia observou-se que as concentrações internas de CO₂ em híbridos de palma de óleo se manterão elevadas com valores entre 357,4 e 370,1 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}\text{ar}$), podendo resultar no aumento da atividade fotossintética (RIVERA et al., 2013).

Para a eficiência do uso da água, a diferença encontrada entre as condições de doses de calcário, nos clones 2501 e 2801, mostraram comportamento não linear, ou seja, um aumento e diminuição da eficiência no uso da água. Nascimento (2009) indica em seu trabalho que a redução da fotossíntese e da transpiração pode apontar uma estrutura com maior ou menor eficiência de uso da água, implicando na economia de água pela planta, execução este que deve ser observado em relação ao fechamento estomático. portanto de uma maneira geral, uma diminuição nos valores menos acentuada de A, gs e E destacam uma vantagem ecológica que as plantas obtêm ao diversificar tais parâmetros, especialmente no caso da fotossíntese é conservar uma relação linear com a eficiência do uso da água, otimizando assim, as trocas gasosas (SCHULZE & HALL, 1982).

Mesmo com o aumento das doses de calcário em cada tratamento e o aumento da fotossíntese, com os valores de Fv/Fm muito próximo ou acima de 0,8, desta forma, indicando ausência de fotoinibição da fotossíntese e que as plantas estão em ótimas condições ambientais (BJÖRKMAN & POWLES, 1984). Os outros parâmetros analisados, como os pigmentos fotossintéticos, Φ_{FSII} , Fv'/Fm' e qP, que nos dos dois clones foram essencialmente os mesmos, ocorreu um aumento no ETR e diminuição no NPQ em ambos os clones. Resultando, que independente do tratamento, indicando que houve uma capacidade similar de absorção e da eficiência da radiação da fotossíntese (SCHREIBER et al., 1994).

As concentrações de carboidratos nas folhas analisadas não apresentaram diferença significativa entre elas. Portanto, os açúcares (amido e glicose) se mantiveram e isto pode

estar relacionada a assimilação de carbono pela planta decorrente da não inibição da fotossíntese e da condutância estomática (ZHAO et al., 2013). Também não houve diferença no conteúdo de frutose e sacarose durante a análise, e isto pode estar interligado a uma resposta inicial de fatores bióticos e abióticos, como uma defesa contra espécies reativas de oxigênio (BITA & E GERATS, 2013), à produção de antioxidantes (COUÉE et al., 2006) e ao ajuste osmótico (CAVATTE et al., 2012).

Em comparação com os tratamentos, as variações não foram expressivas e que a atividade desta enzima está associada a processos fisiológicos/ bioquímicos importantes, fornecendo mais evidências de que as plantas de dendê são capazes de se adaptarem a eventos de calagem. Isso porque a atividade da enzima Rubisco é intrinsecamente relacionada com a presença de CO₂. Devido a importância do Ca e Mg nas etapas do processo de assimilação do CO₂, uma vez que o Ca tem sido apontado como determinante, juntamente com outros precursores, para a condutância estomática, enquanto que o Mg é essencial em um processo denominado carbamilação, pré-requisito para que haja catálise do CO₂ pela Rubisco. Logo, o Ca é considerado o principal regulador das enzimas frutose 1,6 bisfosfatase e seduheptulose 1,7 bisfosfatase, duas enzimas chaves do Ciclo de Calvin-Benson (WEBB et al., 2001; PEITER et al., 2005; ANDERSSON & BACKLUND, 2008; HOCHMAL et al., 2015).

A acidez no solo, observa-se que houve uma adaptação da palma de óleo e este motivo pode estar interligado, pois normalmente a mesma se desenvolve em faixa de pH entre 4 a 6, segundo Ng (1972). Sendo assim, outros autores afirmam que o dendezeiro no solo amazônico é cultivado em solos com pH variando entre 4,4 e 6,2 (MACEDO E RODRIGUES, 2000).

As plantas acometidas de AF não apresentaram uma variação relacionada ao aumento de calcário em cada tratamento e seu desenvolvimento vegetativo apresentou uma melhor altura e aumento no diâmetro do coleto no tratamento 6. Isso pode estar interligado devido a aplicação de calcário, segundo Franzine (2012) conclui-se que o dendê é tolerante à acidez do solo e o material genético apresenta tolerância diferente ao alumínio, sugerindo que o calcário pode trazer benefícios às plantas.

2.5 CONCLUSÃO

De acordo com os dados obtidos conclui-se que o experimento não apresentou nenhuma relação entre o amarelecimento fatal e aplicação de doses de calcário. Portanto, o último tratamento de ambos os clones apresentou o melhor parâmetro fotoquímico e desenvolvimento vegetativo, ou seja, aumentou linearmente com a aplicação de calcário. As demais análises não apresentaram valores significantes entre os tratamentos.

Logo, como o trabalho foi realizado em campo e com poucas coletas para análise, não foi possível recomendar uma dose eficiente para que se evite o AF, uma vez que, da máxima até a mínima não causou alterações, sendo, portanto, suficiente continuar a pesquisa para realizações de novos estudos.

2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAPALMA. **Associação Brasileira de Produtores de Óleo de Palma**. Disponível em: <<http://www.abrapalma.org/pt/>>. Acesso em: 20 ago. 2020.
- ALBERTAZZI, H.; BULGARELLI, J.; CHINCHILLA, C. Onset of spear rot symptoms in oil palm and prior (and contemporary) events. **ASD Oil Palm Papers (Costa Rica)**, n. 28, p. 21–33, 2005.
- ALCARDE, J. C. Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas. **ANDA, Boletim Técnico**, v. 6, n. Novembro, p. 21, 2005.
- ALVES, S. A. O.; LEMOS, O. F. L.; SANTOS FILHO, B. G.; SILVA, A. L. L. In vitro embryo rescue of interspecific hybrids of oil palm (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 2, n. 2, p. 1–6, 2011.
- ANDERSSON, I; BACKLUND, A. Structure and function of Rubisco. **Plant Physiology and Biochemistry** 46: 275-291. 2008.
- AYALA, L. S. Pesquisa sobre amarelecimento fatal do dendezeiro. **Denpasa Oil Palm**, v. 1, p. 319, 2001.
- BANGERTH, F. Calcium-related physiological disorders of plants. **Rev. Phytopathol**, v. 17, p. 97–122, 1979.
- BARCELOS, E.; RODRIGUES, M. do R. L.; SANTOS, J. de A. dos; CUNHA, R. N. V. Produção de mudas de dendezeiro na Amazônia. **Embrapa Amazônia Ocidental**. Folhetos, 2001.
- BENÍTEZ, É.; GARCÍA, C. Historia de las investigaciones en pudrición del cogollo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Colombia. **Agronomía Colombiana**, v. 32, n. 3, p. 390–398, 2014.
- BERNARDES, M. S. R. **Relatório de visita à plantações de Paricatuba, na Denpasa, visando a identificação das causas do AF Denpasa**, 2001.
- BERNARDES, M. S. R. Relatório de visitas à plantação de Paricatuba, na Denpasa, visando à identificação das causas do AF. **Denpasa Oil Palm**, 1999.
- BITA & GERATS. Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops. **Frontiers in plant science**, v. 4, p. 273, 2013.
- BJÖRKMAN, O. & POWLES, S. B. Inhibition of photosynthetic reactions under water stress: interaction with light level. **Planta**, 161: 490-504. 1984.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein–dye binding. **Anal. Biochem.**, v. 72, p. 248–254, 1976.

BRONICK C.J.; LAL R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, V. 124, Pag. 3–22. 2005.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSSEN, W.; JONES, R. L. Biochemistry and molecular biology of plants. **American Society of Plant Physiologists**, p. 1367, 2000.

CAIRES, E. F. Manejo da acidez do solo. In: **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes Contexto mundial e práticas de suporte**. 1. ed. Piracicaba: [s.n.]. p. 277–348.

Calbo, M. E. R. e M., J. A.P. V. **Fotossíntese, Condutância Estomática, Transpiração e Ajustamento Osmótico de Plantas de Buriti Submetidas a Estresse Hídrico**. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal 9(2):117-123, 1997.

CAVATTE, et al. Functional analysis of the relative growth rate, chemical composition, construction and maintenance costs, and the payback time of *Coffea arabica* L. leaves in response to light and water availability. **Journal of Experimental Botany**, 63(8), 3071–3082. 2012.

CELESTINO FILHO, P.; LOUISE, C.; LUCCHINI, F. Estudos de transmissão do amarelecimento fatal do dendezeiro (*Elaeis guinensis*, Jacq) com insetos suspeitos. **Congresso brasileiro fatal do dendezeiro**, v. 14, p. 194, 1993.

CESAR, H. P. Importância do cálcio na agricultura. **Revista de Agricultura**, v. 11, p. 162–164, 1936.

CHAVES, C. A.; VIÉGAS, I. J. M.; SILVA, G. R.; THOMAZ, M. A. A.; FRAZÃO, D. A. C. Efeito da calagem no crescimento de dendezeiro jovens e nas propriedades químicas de um latossolo amarelo do município de Santa Barbara- PA. **Revista de ciências agrárias**, v. 40, p. 9–186, 2003.

CLAESSEN, M. E. C. Manual de Métodos de Análise de Solo. **Revista atual**, v. 2, 1997.

CLARKSON, D. T.; SANDERSON, J. Sites of Absorption and Translocation of Iron in Barley Roots. **Plant Physiology**, v. 61, n. 5, p. 731–736, 1978.

CLARKSON, D.T.; HANSON, J. B. The mineral nutrition of higher plants. **Revista Plant Physiol**, p. 239–298, 1980.

CORLEY, R. H. V. Photosynthesis and age of oil palm leaves. **Photosynthetica**, v. 17, p. 97–100, 1983.

CORLEY, RHV ; P. B. H. TINKER, P. B. H. **The Oil Palm**. Fifth ed. 2015.

COUEÉ, et al. Involvement of soluble sugars in reactive oxygen species balance and responses to oxidative stress in plants. **Journal of Experimental Botany**, 57, 449–459. 2006.

CRISTANCHO, R. J. A.; RINCON, N. A.; GARZÓN, G. E. M.; SANTACRUZ, L. A. Leaf nutrient content differences between interspecific (OxG) and tenera (DxP) oil palm hybrids at the nursery and immature stages of growth. **Paper for Conferencia Internacional PIPOC de MPOB**, n. November, p. 68, 2011.

DUFRENE, E. e SAUGIER, B. Field studies of leaf gas exchanges in oil palm tree (*Elaeis guineensis* Jacq.). **Annual Science Forest**, v. 46, p. 439-442, 1989.

DUFRENE, E.; OCHS, R.; SAUGIER, B. Oil palm photosynthesis and productivity linked to climatic factors. **Oléagineux**, v.45, p. 345-355, 1990.

DUFRENE, E.; SAUGIER, B. Gas exchange of oil palm in relation to light, vapor-pressure deficit, temperature and leaf age. **Oléagineux**, v.48, p. 347-356, 1993.

ELER, G. **O aumento da produção de óleo de palma no Brasil e seu impacto no campo**. Disponível em: <<https://www.nexojornal.com.br/>>. Acesso em: 21 ago. 2020.

FAIRHUST, T. **Management of nutrientes for efficient use in smallholder oil palm plantations**. [s.l.] Wye College, 1996.

FAPESPA. **Anuário Estatístico do Pará**. Disponível em: <<http://www.fapespa.pa.gov.br/menu/158>>. Acesso em: 31 jul. 2019.

FRANQUEVILLE, H. La Pudrición del cogollo de la palma aceitera en América Latina. **Cirad. Departamento de cultivos perennes**, p. 41, 2001.

FRANZINI, V. I.; SILVA, A. R. B.; GOMES JUNIOR, R. A. **Acidez do solo e sua correção em palma de óleo**. Folhetos, Embrapa Amazônia Oriental. 39p, 2012

FURTINI, A.E.F.; VALE, F.R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do Solo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2001.

GABRIEL, C. A.; CASSOL, P. C.; SIMONETE, M. A.; MORO, L.; PFLEGER, P.; MUMBACH, G. L. Lime and gypsum applications on soil chemical attributes and initial growth of eucalyptus. **Floresta**, v. 48, n. 4, p. 573–582, 2018.

GEIGENBERGER, P.; STITT, M. Sucrose synthase catalyses a readily reversible reaction in vivo in developing potato tubers and other plant tissues. **Planta**, v. 189, n. Março, p. 329–339, 1993.

GONÇALVES, A. O., BASTOS, T. X.; BARROS, A. H.; RAMALHO FILHO, A.; MOTTA, P. E. F. da. Procedimento metodológico da Avaliação da Aptidão Climática para a cultura da palma de óleo nas áreas desmatadas da Amazônia Legal. In: RAMALHO FILHO, A.;

MOTTA, P. E. F.; FREITAS, P. L.; TEIXEIRA, W. G. (Editores). **Zoneamento agroecológico, produção e manejo para a cultura da palma de óleo na Amazônia**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 216 p.

GONÇALVES, J. L. M.; ALVARES, C. A.; ROCHA, J. H. T.; BRANDANI, C. B. HAKAMADA, R. Eucalypt plantation management in regions with water stress. **Journal of Forest Science**. Pag. 169-183. Vol. 79, 2017.

GONZATTO, R. **Aplicação superficial de calcário: Até onde migram e até quando persistem os efeitos no perfil do solo?** [s.l.] Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

HENSON, Ian E. e HARUN, M. H. Carbon dioxide enrichment in Oil palm canopies and its possible influence on photosynthesis. **Oil Palm Bulletin**, v. 51, p. 10 - 19, 2005.

HOCHMAL, AK; SCHULZE, S; TROMPELT, K; HIPPLER, M. Calcium-dependent regulation of photosynthesis. **Biochimica et Biophysica Acta**, 1847: 993 –1003. 2015.

HUANG, J.; ZHANG, P.J.; ZHANG, J.; LU, Y.B.; HUANG, F.; LI, M. J. Chlorophyll content and chlorophyll fluorescence in tomato leaves infested with an invasive mealybug, *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae). **Environmental Entomology**, v. 42, n. 5, p. 973–979, 2013.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 25 jul. 2020.

KUSHNIR, S. Development of the “Fatal Yellow” disease resistant, breeding-true, selffertile oil palm allopolyploid hybrids for plant breeding. Proposal template. In: **Department of the Vale Institute of Technology**. v. 2. 2013

LAING, D. Deficiência temporária de cálcio como causa primária do amarelecimento fatal do dendezeiro. **The International Plant Nutrition Institute**, v. 137, n. 19, p. 1–17, 2012.

LAMADE, E. e BOUILLET, J.-P. Carbon storage and global change: the role of oil palm. **OCL. Oléagineux Corps Gas Lipides**, v. 12, n. 2, p. 154-160, 2005.

LANDSBERG, J. J. *Physiological Ecology of Forest Production*. **Academic Press**, 1986.

LICHTHENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods Enzymology**, p. 350–382, 1987.

MACÊDO, J. L. V.; RODRIGUES, M. R. L. Solos da Amazônia e o cultivo do dendezeiro. In: VIÉGAS, I. de J. M.; MÜLLER, A. A. (Ed.). **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. p. 73-87.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. Agronômica ed. São Paulo, 2006.

MANETTI, F. A. **Momento de aplicação do calcário e gesso em um Latossolo Vermelho distrófico no desenvolvimento inicial do milho**. [s.l.] Universidade Estadual Paulista, 2005.

MANTOVANELLI, B. C. Distribuição espacial dos componentes da acidez do solo em área de campo natural na região de Humaitá, Amazonas. **Revista Ciência Agroambientais**, v. 1, n. May, p. 01–09, 2016.

MOURA, M. N., & VITORINO, M. I. Variabilidade da precipitação em tempo e espaço associada à zona de convergência intertropical. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 27(4):475-483. 2012.

MULLER, A. A. A Cultura do Dendê. **Embrapa Amazônia Oriental**. p. 25, 1980.

MULLER, A. A.; FURLAN, J. J.; CELESTINO, P. F. A Embrapa Amazonia Oriental e o Agronegócio do dendê no Pará. **Embrapa Amazônia Oriental**, p. 68, 2006.

Nascimento, J. L. **Crescimento e assimilação de carbono em plantas jovens de *Attalea funifera* Mart. submetidas ao sombreamento e ao estresse hídrico**. Ihéus, BA : UESC/PPGPV, 2009. xii, 97 f. : Il. (Dissertação de Mestrado).

NASCIMENTO, S. V.; MAGALHAES M. M.; CUNHA, R. L.; COSTA, P. H. O.; ALVES, R. C. O; OLIVEIRA, G. C.; VALADARES, R. B. S. Differential accumulation of proteins in oil palms affected by fatal yellowing disease. v. 13, p. 20, 2018.

NELSON, P. N.; BERTHELSEN, S.B.; WEBB, M. J.; BANABAS, M. Acidification of volcanic ash soils under oil palm in Papua New Guinea: effects of fertiliser type and placement. **World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a changing world**, n. August, p. 8–11, 2010.

NG, S. K. **The Oil Palm. Its Culture, Manuring and Utilisation Hardcover**. Berne: IPI, 142p, 1972.

PARAMANANTHAN, S. Land selection for oil palm. In: Fairhurst, T., Härdter, R. (Eds.). **The Oil Palm - Management for Large and Sustainable Yields**. Potash & Phosphate Institute of Canada, Potash & Phosphate Institute, International Potash Institute, Singapore, p. 27-58, 2003.

PEITER, E; MAATHUIS, F; MILLS, L; KNIGHT, H. The vacuolar Ca²⁺ activated channel TPC1 regulates germination and stomatal movement. **Nature**, 434: 404-408. 2005.

PELAEZ, E., D. RAMIREZ, AND G. CAYON. **Fisiologia comparada de palmas africana (*Elaeis guineenses* Jacq.), americana (*Elaeis oleífera* H.B.K. Cortes) e híbridos (*Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis*) en Hacienda La Cabana**. Palmas 31(2), 29-38. 2010.

PIMENTEL, L. D.; BRUCNER, C. H.; MANFIO, C. E.; MOTOIKE, S. Y.; MARTINEZ, H. E. P. Substrate, Lime, Phosphorus and Topdress Fertilization in Macaw Palm Seedling Production. **Revista Árvore**, v. 40, n. 2, p. 235–244, 2016.

PINHEIRO, R.C.; DE DEUS, J.C.; NOUVELLON, Y.; CAMPOE, O.C.; STAPE, J.L., ALO, L.L. GUERRINI, I. A.; JOURDAN, C.; LACLAU, J. P. A fast exploration of very deep soil layers by Eucalyptus seedlings and clones in Brazil. **Forest Ecology and Management**, 366, 143–152, 2016.

PLOETZ, R. C. Panama Disease: A Classic and Destructive Disease of Banana. **Plant Health Progress**, v. 1, n. 1, p. 10, 2000.

RIVERA, Y., CAYÓN S., LÓPEZ M. G., Physiological and morphological characterization of American oil palms (*Elaeis oleifera* HBK Cortes) and their hybrids (*Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis*) on the Indupalma plantation. **Agronomia Colombiana** 31(3), 316-325. 2013.

RSTUDIO. **RSTUDIO**. Disponível em: <<https://rstudio.com/>>. Acesso em: 10 dez. 2020.

SARRIA, G. A.; TORRES, G. A.; AYA, H. A.; ARIZA, J. G.; RODRÍGUEZ, J.; VÉLEZ, D. C.; VARÓN, F.; MARTÍNEZ, G. Phytophthora sp. es el responsable de las lesiones iniciales de la Pudrición del cogollo (PC) de la Palma de aceite en Colombia. **Palmas**, v. 29, n. 3, p. 31–41, 2008.

SCHREIBER, U., W. BILGER & NEUBAUER, C. Chlorophyll fluorescence as a noninvasive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. In: E.D. Schulze, M.M. Caldwell (Eds.), *Ecophysiology of photosynthesis*, vol. 100. **Springer-Verlag**, Berlim, pp 49-70. 1994.

Schulze, E.D. & Hall, A.E. Stomatal responses, water loss and CO₂ assimilation rate in contrasting environments. In: O.L. Lange, P.S. Nöber, C.B. Osmond & H. Ziegler (eds.). *Encyclopedia of plant physiology*, v. 12B, **Physiological plant ecology. II**. Water relations and carbon assimilation. Springer Verlag, Berlin, pp.181-230. 1982.

SERRANO, E. Banana soil acidification in the Caribbean coast of Costa Rica and its relationship with increased aluminium concentrations. **INIBAP**, 2003.

SIGMAPLOT. **For windows, version 10.0. Systat Software**. Disponível em: <<https://systatsoftware.com/downloads/download-sigmaplot/>>. Acesso em: 17 fev. 2021.

SILVA, D. J.; FARIA, C. M. B.; ALBUQUERQUE, T. C. S. Sistema de produção: Cultivo da videira. **Embrapa semiárido. Sistema de produção**, v. 1–2, n. julho, p. 79, 2004.

SILVA, H. M.; CELESTINO FILHO, P.; TRINDADE, D. R.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; MULLE, A. A.; ALVES, R. M. Estado atual dos conhecimentos sobre a doença amarelecimento fatal (af) do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq) no Estado do Pará. **Embrapa**, v. 5, n. 0101–9058, p. 87–98, 1995.

SOUZA, R. L. R.; VEIGA, A. S.; RAMOS, E. J. A. **Amarelecimento fatal do dendezeiro: identificacao pratica**. Denpasa, p. 27, 2000.

STITT, M.; LILLEY, R. M. C.L.; GERHARD, R.; HELDT, H. W. Metabolite levels in specific cells and subcellular compartments of plant leaves. **Methods in Enzymology**, p. 518–552, 1989.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 4. ed. **Porto Alegre: Artmed**, 2009.

TRETHERWEY, R.N.; TRETHERWEY, P.; GEIGENBERGER, K.; RIEDEL, M. R.; HAJIREZAEI, U.; SONNEWALD, M.; STITT, J. W. . R. A. L. W. Combined expression of glucokinase and invertase in potato tubers leads to a dramatic reduction in starch accumulation and a stimulation of glycolysis. **Plant J.**, p. 109–118, 1998.

TRINDADE, D.R.; POLTRONIERI, L.S.; FURLAN JÚNIOR, J. Abordagem sobre o estado atual das pesquisas para a identificação do agente causal do amarelecimento fatal do dendezeiro. In: **Embrapa Amazônia Oriental**. Belém, PA: [s.n.]. p. 441–450.

TURNER, D. W.; ROSALES, F. E. Banana Root System: towards a better understanding for its productive management. **Proceedings of an international symposium**. San José, Costa Rica, 3-5 November, 2003.

VALE JÚNIOR, J. F. D.; SOUZA, M. I. L.; NASCIMENTO, P. P. R. R.; CRUZ, D. L. S. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Agro@Mambiente on-Line**, v. 5, n. 2, p. 158, 2011.

VAN SLOBBE, W. G. **Amarelecimento fatal**. Denpasa Oil Palm, p. 100, 1991.

VENTURIERI, A.; FERNANDES, W. R.; BOARI, A. J.; VASCONCELOS, M. A. Relação entre Ocorrência do Amarelecimento Fatal do Dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) e Variáveis Ambientais no Estado do Pará. **Anais XIV Simp Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal Brasil**, n. Abril, p. 523–530, 2009.

VIANA, J. L.; ZOLIN, C. A.; SILVA, V. Q. R.; SOUZA, AD. P. Respostas fisiológicas e produtivas da palma de óleo irrigada em fase inicial de desenvolvimento. **Irriga, Botucatu**. v. 24, n. 2, p. 405-423, abril-junho, 2019.

WEBB, A; LARMAN, M; MONTGOMERY, L; TAYLOR, J; HETHERINGTON, AM. The role of calcium in ABA-induced gene expression and stomatal movements. **Plant J**, 26(3):351-62, 2001.

ZHAO, et al. High temperature causes negative whole-plant carbon balance under mild drought. **New Phytologist**, 200, 330–339. 2013.