

**JAQUELINE DO CARMO ALEXANDRE**

**EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE CLONES DE  
PALMA-DE-ÓLEO (*Elaeis guineenses* Jacq)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Júlio César Lima Neves

Coorientadores: Sérgio Yoshimitsu Motoike  
Victor Hugo Alvarez V.

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

A381e  
2022 Alexandre, Jaqueline do Carmo, 1985-  
Eficiência nutricional e produção de biomassa de clones de  
palma-de-óleo (*Elaeis guineenses* Jacq) / Jaqueline do Carmo  
Alexandre. – Viçosa, MG, 2022.  
1 tese eletrônica (90 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Júlio César Lima Neves.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Solos, 2022.

Referências bibliográficas: f. 85-90.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.477>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Palmeira oleaginosa - Nutrição. 2. Palmeira oleaginosa -  
Melhoramento genético. 3. Sequestro de carbono. 4. Absorção.  
I. Neves, Júlio César Lima, 1955-. II. Universidade Federal de  
Viçosa. Departamento de Solos. Programa de Pós-Graduação em  
Solos e Nutrição de Plantas. III. Título.

CDD 22. ed. 633.851

Bibliotecário(a) responsável: Bruna Silva CRB-6/2552

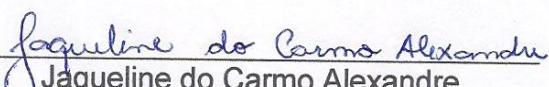
**JAQUELINE DO CARMO ALEXANDRE**

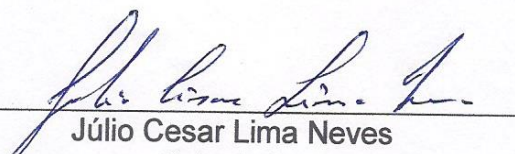
**EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE CLONES DE  
PALMA-DE-ÓLEO (*Elaeis guineenses* Jacq)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 29 de julho de 2022.

Assentimento:

  
Jaqueline do Carmo Alexandre  
Autora

  
Júlio Cesar Lima Neves  
Orientador

Mais que uma dedicatória, uma prova de amor, enfim me tornei a mulher que sonhamos juntas. Á minha querida mãe, Maria das Graças G. Alexandre (in memoriam) que sempre me incentivou a ser uma mulher estudiosa e independente, a qual nunca me permitiu desistir dos meus sonhos, mesmo diante das dificuldades e sofrimento.

Aos demais familiares, por fazerem parte da minha vida e por sempre acreditarem no meu potencial.

Aos meus amigos, melhores que irmãos, pelo incentivo e por nunca me permitirem desistir diante das atrocidades da vida.

Aos meus grandes amores, Jasmin e Diego, por todo amor, apoio e por sempre acreditarem em mim.

**Dedico**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus e aos meus pais por me concederem o dom da vida.

Ao Departamento de Solos e a Universidade Federal de Viçosa pela formação acadêmica. Ao meu orientador Júlio César Lima Neves, pelo exemplo de profissional e pessoa, por não medir esforços no apoio e atenção em todos os detalhes na execução do meu trabalho e principalmente pelo amor, paciência e proatividade em transmitir seus conhecimentos.

Ao meu coorientador Prof. Sérgio Y. Motoike pelo apoio, atenção e compartilhamento de idéias e sugestões para a execução do meu trabalho.

Ao meu coorientador Victor Hugo Alvarez V. (in memoriam) pelo profissionalismo e rigor das correções na escrita científica, pelo incentivo na busca pela excelência com dedicação, cuidado e amor.

A professora Hermínia Emília P. Martinez pela criatividade, proatividade e parceria nos meus trabalhos, além do carinho pessoal com minha pessoa.

Ao Dr. Ricardo Salles Tinoco e ao professor Haroldo Nogueira de Paiva por aceitarem o convite para participar da banca e pelas contribuições. Imensamente agradecida ao Dr. Tinoco, também por todo apoio e esforços para que a parceria entre Agropalma e UFV fosse mantida em prol da busca por excelência em pesquisa da palma-de-óleo.

Aos professores e funcionários do Departamento de Solos/UFV, pela contribuição para minha formação profissional e pessoal. Em especial a pós graduação em Solos e Nutrição de Plantas e o Grupo de Estudos "Gefert".

A empresa Agropalma pelo apoio financeiro, logístico e administrativo, que não mediram esforços na implantação e execução das atividades do experimento. Ao diretor agrícola André Borba e o responsável técnico Hugo Jorge P. Santos pela hospitalidade, carinho e dedicação.

Aos meus amigos Géssica, Eduardo Medina e Sérgio, que não mediram esforços na correção e auxílio na escrita científica.

Aos funcionários e amigos da empresa Agropalma, em especial a equipe da pesquisa e as minhas queridas amigas Ana Carmen, Laryssa, Mayana pela ajuda na coleta dos materiais, motivação e auxílio na condução dos estudos que, direta e indiretamente, contribuíram para a conclusão desta pesquisa.

À minha família, em especial minha filha Jasmin e ao meu amor Diego Lima, pelo amor incondicional, pela compreensão da minha ausência em certos momentos, pela presença em todos os momentos de minha vida e apoio em minhas decisões, mesmo diante das dificuldades.

Agradeço a Deus por me proporcionar a minha qualificação tão desejada e a todos envolvidos que contribuíram diretamente ou indiretamente para realização deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e pelo grupo Agropalma S.A.

## **BIOGRAFIA**

JAQUELINE DO CARMO ALEXANDRE, filha de Ângelo Izabel Alexandre e Maria das Graças Gouvêia Alexandre, nasceu em Viçosa, Minas Gerais, no dia 17 de fevereiro de 1985.

Em 2002, concluiu o ensino médio pela Escola Estadual Effie Rolfs localizada no Campus da UFV, em Viçosa, Minas Gerais.

Em maio de 2006 iniciou o curso de graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), obtendo o título de Engenheira Agrônoma em julho de 2011.

Em março de 2016 iniciou o Curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa (UFV), finalizando o curso em fevereiro de 2018.

Em julho de 2018 iniciou o curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa (UFV), submetendo-se à defesa de tese em julho de 2022.

## RESUMO

ALEXANDRE, Jaqueline do Carmo, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2022. **Eficiência nutricional e produção de biomassa de clones de palma-de-óleo (*Elaeis guineenses* Jacq)**. Orientador: Júlio Cesar Lima Neves. Coorientadores: Sérgio Yoshimitsu Motoike e Victor Hugo Alvarez V.

A obtenção de materiais genéticos eficientes na produção de biomassa de parte aérea e de cachos de palma-de-óleo em harmonia com a nutrição balanceada leva a racionalização no uso de recursos que depende da eficiência nutricional de cada material genético. Neste trabalho, foram estudados materiais genéticos da palma-de-óleo com faixa etária entre 4 e 5 anos, cujo objetivo foi avaliar a produção de biomassa, a partição de nutrientes e a eficiência nutricional. Para isso foram utilizados oito materiais genéticos, sendo sete clonais (AM-26, AM-05, PL-10, PL-23, AM-31, PL-18, AM-20) e um seminal (TENERA), dispostos em delineamento sistemático com quatro repetições, totalizando-se 32 unidades experimentais com uma planta cada. Ao término da amostragem, as plantas foram separadas em compartimentos vegetais (copa, inflorescência, estipe, cacho e parte aérea), também foram determinadas suas produções de matéria seca e os teores de nutrientes. De posse desses resultados, foram calculadas as variáveis; conteúdo e partição de nutrientes nos compartimentos vegetais, também foram calculados os índices de eficiência nutricional, tais como: índice de eficiência foliar para produção de parte aérea e de cachos (IEF\_PA e IEF\_CA), os índices de eficiência do conteúdo de nutriente foliar para a produção de parte aérea e de cachos (IEFPA\_cNutri e IEFCA-cNutri), também foi considerada a eficiência de absorção, coeficiente de utilização biológico compartimentalizado (CUBc) e o coeficiente de utilização biológico integralizado (CUBi). Por fim, foram calculados os índices relativos de conteúdo de nutrientes na parte aérea, produção de matéria seca de parte aérea e de cachos, teores de nutrientes na parte aérea e (CUBi). Em seguida os dados foram plotados em gráficos de quadrantes para uma avaliação comparativa entre os materiais genéticos. Também foi realizada amostragem do solo para determinar o estoque de nutrientes (P, K, Ca e Mg), para isso efetuou-se amostragem de solo em diferentes camadas (0- 20; 20-40; 40-60 cm) ao longo do perfil. Verifica-se que houve variabilidade entre os materiais genéticos quanto à

produção de matéria seca dos compartimentos da parte aérea; também observa-se variabilidade entre os materiais genéticos quanto à acumulação e partição de nutrientes nos diferentes compartimentos vegetais. Em relação aos índices IEF\_PA e IEF\_CA, o material seminal TENERA e o clone PL-10 foram aqueles em que a biomassa foliar apresentou a maior influência na produção de parte aérea e de cachos. Quanto aos índices de eficiência do conteúdo foliar, os materiais genéticos com maior eficiência do conteúdo foliar de nutrientes para a produção de parte aérea foram: PL-23 para o P; PL-10 para o K e o PL-18 para o Ca; e para a produção de cachos foram: PL-10 para o N e o K e o TENERA para o Mg e o P. O método dos quadrantes permitiu identificar os materiais genéticos quanto à avaliação conjunta da acumulação de nutrientes e produção de biomassa de parte aérea e de cachos e, também, identificar os materiais que com os menores teores de nutrientes da parte aérea produziram mais biomassa de parte aérea e de cachos. As diferenças identificadas neste trabalho entre os materiais genéticos de palma-de-óleo quanto a produção de biomassa e eficiência nutricionais sugerem a possibilidade de seleção desses materiais para condições distintas de fertilidade do solo, e a avaliação da viabilidade de adoção de distintos esquemas de manejo nutricional otimizados.

Palavras-chave: Palma-de-óleo: acumulação de carbono. Palma-de-óleo: partição de carbono. Palma-de-óleo: eficiência foliar. Palma-de-óleo: eficiência de absorção. Palma-de-óleo: eficiência de utilização.

## ABSTRACT

ALEXANDRE, Jaqueline do Carmo, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2022. **Nutritional efficiency and biomass production of oil palm clones (*Elaeis guineenses* Jacq)** Adviser: Júlio César Lima Neves. Co-advisers: Sérgio Yoshimitsu Motoike and Victor Hugo Alvarez V.

Obtaining efficient genetic materials in the production of shoot and bunch biomass of oil palm in harmony with balanced nutrition leads to a rational use of resources that depends on the nutritional efficiency of each genetic material. In this work, oil palm genetic materials aged between 4 and 5 years were studied, whose objective was to evaluate the biomass production, nutrient partition and nutritional efficiency. For this, eight genetic materials were used, seven clonal (AM-26, AM-05, PL-10, PL-23, AM-31, PL-18, AM-20) and one seminal (TENERA), arranged in a systematic design with four replications, totaling 32 experimental units with one plant each. At the end of the sampling, the plants were separated in plant compartments (crown, inflorescence, stipe, bunch and shoot), their dry matter production and nutrient contents were also determined. With these results, some variables were calculated: nutrient content and partition in plant compartments, and nutritional efficiency indices, such as: leaf efficiency index for shoot and bunch production (IEF\_PA and IEF\_CA), the efficiency indices of foliar nutrient content for the production of shoots and bunches (IEFPA\_cNutri and IEFCA-cNutri), absorption efficiency, compartmentalized biological utilization coefficient (CUBc) and integrated biological utilization coefficient (CUBi) were also considered. Finally, the relative indices of nutrient content in the shoot, dry matter production of shoots and bunches, nutrient contents in shoots and (CUBi) were calculated. Then the data were plotted in graphs of quadrants for a comparative evaluation between the genetic materials. Soil sampling was also carried out to determine the nutrient stock (P, K, Ca and Mg) profile. It is verified that there is variability among the genetic materials regarding the production of dry matter of the aerial part compartments; variability is also observed between genetic materials regarding the accumulation and partition of nutrients in the different plant compartments. Regarding the IEF\_PA and IEF\_CA indices, the TENERA seminal material and the PL-10 clone were those in which leaf biomass had the greatest

influence on shoot and bunch production. As for the leaf content efficiency indices, the genetic materials with the highest efficiency of leaf nutrient content for shoot production were: PL-23 for P; PL-10 for K and PL-18 for Ca; and for bunch production were: PL-10 for N and K and TENERA for Mg and P. The use of the quadrant method allowed the identification of genetic materials for the joint assessment of nutrient accumulation and production of shoot and bunch biomass and, also, to identify the materials that with the lowest nutrient contents in the shoot produced more shoot and bunch biomass. The differences identified in this work between oil palm genetic materials in terms of biomass production and nutritional efficiency suggest the possibility of selecting these materials for different soil fertility conditions, and evaluating the feasibility of adopting different management schemes optimized nutrition.

Keywords: Oil palm: carbon accumulation. Oil palm: carbon partition. Oil palm: foliar efficiency. Oil palm: absorption efficiency. Oil palm: efficiency of use.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Mapa de localização do jardim clonal.....	20
Figura 2. Croqui do plantio dos materiais genéticos no jardim clonal.....	21
Figura 3. Croqui de localização das plantas selecionadas por material genético .....	24
Figura 4. Gráfico de dispersão dos índices relativos de conteúdo de macronutrientes na parte aérea em função do índice relativo da matéria seca da parte aérea .....	28
Figura 5. Índices relativos de conteúdo de macro e micronutrientes na parte aérea em função do índice da matéria seca da parte aérea .....	73
Figura 6. Índices relativos de conteúdo de macro e micronutrientes na parte aérea e em função do índice relativo de matéria seca de cachos .....	76
Figura 7. Índices relativos de teores de macro e micronutrientes na parte aérea em função do índice relativo da matéria seca de parte aérea .....	78
Figura 8. Índices relativos de teores de macro e micronutrientes na parte aérea em função do índice relativo de matéria seca de cachos .....	80
Figura 9. Índices relativos de CUBi_cacho de macro e micronutrientes em função do índice relativo da matéria seca de cachos.....	83
Quadro 1. Resumo das práticas de fertilização realizadas na área experimental .....	22
Quadro 2. Caracterização dos materiais genéticos de palma-de-óleo selecionados para avaliação no trabalho .....	23
Quadro 3. Comparação entre as faixas de suficiência e os teores foliares de macronutrientes em plantas de palma-de-óleo .....	37
Quadro 4. Comparação entre as faixas de suficiência e os teores foliares de micronutrientes em plantas de palma-de-óleo.....	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análises realizadas para caracterização da fertilidade do solo das parcelas.....	25
Tabela 2. Taxa <sup>1/</sup> média da produção de matéria seca dos diferentes compartimentos vegetais de materiais genéticos de palma-de-óleo .....	30
Tabela 3. Teores de macronutrientes <sup>1/</sup> em componentes da parte aérea em função materiais genéticos de palma-de-óleo.....	35
Tabela 4. Teores de micronutrientes <sup>1/</sup> em componentes da parte aérea em função materiais genéticos de palma-de-óleo.....	40
Tabela 5. Taxa média <sup>1/</sup> de acumulação de macronutrientes nos diferentes compartimentos vegetais em função dos materiais genéticos de palma-de-óleo.....	46
Tabela 6. Partição média <sup>1/</sup> do conteúdo de macronutrientes nos diferentes compartimentos vegetais em função dos materiais genéticos de palma-de-óleo.....	51
Tabela 7. Taxa média <sup>1/</sup> de acumulação de micronutrientes nos diferentes compartimentos vegetais em função dos materiais genéticos de palma-de-óleo.....	53
Tabela 8. Partição média <sup>1/</sup> do conteúdo de micronutrientes nos diferentes compartimentos vegetais em função dos materiais genéticos de palma-de-óleo.....	58
Tabela 9. Resultados de atributos da fertilidade do solo das parcelas experimentais cultivadas com os materiais genéticos testados.....	61
Tabela 10. Estoques de P, K, Ca e Mg no solo e respectivos <sup>1/</sup> conteúdos na parte aérea das plantas dos materiais genéticos avaliados (cNui_Pla).....	62
Tabela 11. Índices de eficiência foliar <sup>1/</sup> para produção de matéria seca de parte aérea (IEF_PA) e de cachos (IEF_CA) dos diferentes materiais genéticos estudados.....	64
Tabela 12. Índices de eficiência do conteúdo do nutriente foliar para produção de parte aérea <sup>1/</sup> (IEFPA_cNutri) em materiais genéticos de palma-de-óleo .....	66
Tabela 13. Índices de eficiência do conteúdo do nutriente foliar para produção de cachos <sup>1/</sup> (IEFCA_cNutri) em materiais genéticos de palma-de-óleo .....	68
Tabela 14. Coeficiente de utilização biológico integralizado para produção de cachos <sup>1/</sup> (CUB <sub>i</sub> _cacho) em materiais genéticos de palma-de-óleo .....	71

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	15
2. MATERIAL E MÉTODO .....	20
2.1. Caracterização da área de estudo, condução do experimento e escolha dos materiais genéticos .....	20
2.2. Seleção e medições vegetativas das plantas .....	22
2.3. Amostragens e análises das plantas .....	23
2.4. Amostragem e análise de solo .....	25
2.5. Variáveis Calculadas .....	26
2.6. Análises estatísticas .....	29
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
3.1. Produção de Matéria seca.....	30
3.2. Teor de Nutrientes.....	32
3.2.1 Macronutrientes.....	32
3.2.2 Micronutrientes.....	38
3.3. Acúmulo e partição do conteúdo de nutrientes nos compartimentos vegetais ...	44
3.3.1. Macronutrientes.....	44
3.3.2. Micronutrientes.....	52
3.4. Atributos da fertilidade do solo e relação entre nutrientes no solo e na planta...	60
3.5. Índices de Eficiência Foliar .....	63
3.5.1 Índice de eficiência foliar para produção de matéria seca da parte aérea (IEF_PA) e de cachos (IEF_CA) .....	63
3.5.2 Índice de eficiência do conteúdo do nutriente foliar para produção de matéria seca da parte aérea (IEFPA_cNutri) .....	64
3.5.3 Índice de eficiência do conteúdo do nutriente foliar para produção de matéria seca de cacho (IEFCA_cNutri) .....	67
3.6. CUBi_cacho (Coeficiente de utilização biológica integralizado para produção de cachos).....	69
3.7. Método de quadrantes aplicado ao estudo da eficiência nutricional .....	72
3.7.1 Índices relativos de conteúdo do nutriente na parte aérea em função do índice relativo da matéria seca da parte aérea .....	72
3.7.2 Índices relativos de conteúdo do nutriente na parte aérea em função do índice relativo da matéria seca de cachos .....	74
3.7.3 Índices relativos do teor de nutrientes na parte aérea em função do índice relativo da matéria seca de parte aérea .....	77
3.7.4 Índices relativos do teor de nutrientes na parte aérea em função do índice relativo da matéria seca de cachos .....	79

3.7.5 Índices relativos de CUBi_cacho em função do índice relativo da matéria seca de cachos.....	81
4. CONCLUSÕES .....	84
REFERÊNCIAS.....	85

## 1. INTRODUÇÃO

O consumo mundial de óleo de palma vem se intensificando nos últimos anos, sendo um dos principais motivos a demanda por óleo por parte população em expansão da Índia e China, países que se destacam por serem os maiores consumidores de óleo de palma do mundo e pela a demanda, principalmente da Europa, por biodiesel (MURPHY, 2007). O mercado asiático é altamente exigente em óleo comestível, e o óleo de palma bruto extraído do mesocarpo, apresenta vasto uso na culinária, sendo constituinte de diversos produtos alimentícios. Já o mercado europeu utiliza o óleo de palma para outra finalidade, a produção de bicombustíveis (CORLEY; TINKER, 2009; MURPHY, 2007). Outro óleo extraído do fruto da palma-de-óleo é o de palmiste, extraído das amêndoas, o qual apresenta coloração esbranquiçada, geralmente utilizado para fins não comestíveis, como produção de cosméticos, produtos de limpeza em geral, mas, é cada vez mais comum sua utilização em bebidas esportivas e formulações infantis. Portanto fica claro que o óleo de palma apresenta versatilidade em diversas aplicações industriais, seja ela como fonte comestível ou como fonte de produtos não alimentícios valiosos para a indústria oleoquímica (CORLEY; TINKER, 2009; MURPHY, 2007).

Em relação ao potencial produtivo, a palma-de-óleo, segundo Corley (2009), sozinha pode atender a grande e crescente demanda mundial por óleos vegetais, que se estima atingir 240 milhões de toneladas até 2050. A cultura é capaz de produzir mais do que qualquer outra oleaginosa, sendo que os plantios de dendezeiros podem fornecer 3 a 8 vezes mais óleo do que as oleaginosas de clima tropical. Segundo Barcelos *et al.* (2015), em geral o rendimento anual dos plantios de palma-de-óleo é, em nível global, em média, de 3,5 t/ha de óleo, mas pode chegar ao potencial de rendimento total estimado de 11 a 18 t/ha óleo.

Entretanto, o alto consumo por óleo de palma tornou-se um problema, em razão da estagnação do rendimento de produção dos plantios comerciais (MURPHY, 2007).

Na Malásia, um dos maiores produtores de óleo de palma no mundo, o rendimento médio anual de óleo em 2007 era cerca de 3,7 t/ha, entretanto os plantios comerciais apresentam potencial produtivo para 6 t/ha. Já o Brasil, representa apenas 0,64% da produção mundial de óleo de palma, e que não supre a demanda interna,

que é de, aproximadamente, 500 mil t/ano de óleo, levando o país à importar óleo (ABRAPALMA, 2017; MURPHY, 2007; USDA, 2017)

A palma-de-óleo chegou ao Brasil no século XVII, provavelmente por meio dos escravos em navios negreiros e os primeiros plantios da cultura foram no Rio de Janeiro e na Bahia (BARCELOS *et al.*, 2001). Atualmente, a maior produção de óleo de palma ocorre na região Amazônica, na mesorregião do noroeste paraense e estão sob a responsabilidade de grandes empresas como a AGROPALMA (ABRAPALMA, 2014). O cultivo se concentra nessa região por dois principais motivos, condições edafoclimáticas favoráveis e extensas áreas territoriais (FEROLDI *et al.*, 2014). De acordo com o zoneamento agroecológico da cultura, o país tem condições de ser torna líder mundial na produção de óleo de palma, utilizando somente as áreas delimitadas pelo zoneamento, sem necessidade de avanço para as áreas de florestas da região amazônica (EMBRAPA, 2016).

Apesar da aptidão agrícola das áreas na região Amazônica, a maioria dos plantios de palma-de-óleo localizam-se na região norte do estado do Pará, região essa que possui solos de baixa fertilidade natural, o que pode comprometer o potencial produtivo de óleo dos materiais genéticos (WOITTIEZ *et al.*, 2017). Os solos dessa região são predominantemente Latossolos e Argissolos de textura média a muito argilosa, frequentemente distróficos e/ou álicos, com soma de bases diminuindo abruptamente em profundidade (RODRIGUES *et al.*, 2010).

Além disso, observa-se plantios comerciais de palma-de-óleo em regiões com solos argilosos com camadas adensadas ou compactadas sem manejo adequado (KER; NEVES, 2010). Com isso, o desenvolvimento das plantas fica comprometido causando a diminuição da produção de cachos de frutos frescos (CFF). Diversos fatores ocasionam a estagnação do rendimento de CFF brasileiro, entre eles, de modo importante, a nutrição e a fertilidade do solo. Além desses fatores, o manejo incorreto, o material genético e as condições edafoclimáticas também se destacam entre os principais responsáveis pelas oscilações na produtividade (WOITTIEZ *et al.*, 2017).

Assim é um desafio melhorar o potencial produtivo da cultura, pois os vários fatores de produção, bióticos e abióticos, se correlacionam entre si.

Em relação à nutrição e aos materiais genéticos, a palma-de-óleo é uma cultura altamente exigente em nutrientes, desde os primeiros anos de cultivo, por isso a demanda e as exigências nutricionais de cada material genético devem ser consideradas. Para a definição de doses adequadas de nutrientes é necessário

primordialmente o conhecimento das exigências nutricionais da cultura e a capacidade dos solos em cultivo de fornecer esses nutrientes para as plantas. Com isso, deve-se levar em consideração um conjunto de métodos, como a diagnose visual, análise química do solo, ensaios de adubação e análise foliar (RODRIGUES *et al.*, 2010).

Entretanto a maioria das empresas produtoras de óleo ainda utiliza apenas a análise foliar para fazer a avaliação nutricional do palmar. Além disso, a dose recomendada ainda é calculada com base em referências internacionais, exportação de nutrientes e análise foliar, e de modo não estratificado por material genético, ou seja, a recomendação de nutrientes para a palma pode resultar em dose recomendada insuficiente, suficiente ou em excesso, causando desbalanço e desequilíbrio nutricional, perda de produtividade de CFF e aumento nos custos de produção.

O custo com a adubação dos palmares fica em torno de 20 a 30 % do custo total da produção (GOH, 2003). O que é preocupante para as empresas produtoras de óleo de palma. Com isso, tem crescido a demanda por sistemas de recomendação de fertilizantes eficientes e específicos para as diferentes culturas, inclusive para a palma (LOPES; GUILHERME, 2007).

Além da demanda por sistemas eficientes em recomendação de nutrientes para a cultura, as empresas produtoras de óleo buscam por materiais genéticos mais produtivos e eficientes no uso de nutrientes para melhorar os rendimentos de CFF dos plantios comerciais.

No Brasil os investimentos na pesquisa por materiais genéticos de palma-de-óleo iniciaram-se em 1980 quando a EMBRAPA criou um programa de melhoramento genético e produção de sementes de dendê em parceria com o CIRAD (então denominado IRHO - Institut de Recherche pour Les Huiles et Oleagineux). Esta parceria é responsável pela produção de híbridos que são comercializados para grande parte das empresas brasileiras. Dentre os híbridos produzidos, o potencial de produção pode chegar a 30 a 32 t/ha/ano CFF, taxa de extração de óleo de 26 a 28% e crescimento vertical de tronco de 45 a 55 cm/ano (CUNHA *et al.*, 2010).

No Brasil, a Embrapa hoje é pioneira nas pesquisas relacionadas à conservação e ao melhoramento genético da palma-de-óleo. O objetivo da instituição é desenvolver tecnologias que garantam bom desempenho dos cultivos das palmeiras no campo, visando a alta produtividade, melhor qualidade do óleo e a tolerância e resistência á pragas e doenças. Graças à Embrapa, o Brasil já tem oito cultivares,

sendo sete do tipo tenera (híbridos intraespecíficos da espécie africana - cruzamento entre dendê e dendê) e um híbrido a partir do cruzamento entre o dendezeiro e o caiaué (EMBRAPA, 2016).

Apesar do grande avanço da Embrapa com a produção de materiais genéticos brasileiros, a busca por cultivares de palma eficientes no uso de nutrientes ainda é escassa. Esta demanda por plantas eficientes em utilizar os nutrientes tem um papel importante na produção de óleo, pois irá reduzir os custos e otimizar o uso de fertilizantes, além de reduzir as crescentes preocupações com o meio ambiente, contaminação do lençol freático e dos solos por meio dos insumos agrícolas (FAGERIA; BALIGAR, LI, 2008).

No exterior, as empresas especializadas em biotecnologia como a ASD (Agricultural Services e Development), além de produzirem híbridos, investem em materiais clonais, que são plântulas modificadas produzidas *in vitro*, oriundas do cruzamento entre materiais genéticos de qualidade comercial superior. As plântulas clonais produzidas pela ASD podem apresentar potencial de produção de 25 a 38 t/ha/ano CFF, taxa de extração de óleo entre 24 a 34%, apresentam tolerância a diferentes doenças, além da densidade de plantio (170 a 200 plantas/ha) maior do que as cultivares tradicionais (143 plantas/ha) (CUNHA *et al.*, 2010).

A finalidade de se produzir plântulas clonais é desenvolver um fenótipo compacto, com menor crescimento vertical do estipe e que possa se desenvolver com melhor utilização dos recursos da terra, ou seja, materiais genéticos adaptados às regiões de cultivo, pois estes podem ser plantados em maior densidade e possuem maior vida útil (ALVARADO; ESCOBAR, 2017).

Diante disso, os estudos relacionados ao melhoramento genético de palma-de-óleo têm se intensificado. A finalidade é aumentar a produtividade de CFF, selecionar materiais aptos as regiões de cultivos e resistentes às principais pragas e doenças com impactos significativos sobre a cultura, e obter cultivares eficientes no uso de nutrientes (MURPHY, 2007, 2009).

Assim, diante desse cenário, a empresa AGROPALMA desde 2003 firmou parceria com a Universidade Federal de Viçosa (UFV) para buscar informações relacionadas ao melhoramento genético da palma-de-óleo. Por meio do Laboratório de Cultura de Células e Tecidos Vegetais do Departamento de Fitotecnia desenvolveu um protocolo eficiente para a produção de clones de palma-de-óleo utilizando a

técnica da embriogênese somática, sob a supervisão do professor Sérgio Y. Motoike (CARVALHO, 2009; CORRÊA *et al.*, 2016).

O objetivo do protocolo é desenvolver "clones elites" de palma-de-óleo, com plantas derivadas da clonagem de "matrizes elites" provenientes das áreas de cultivo, com características desejáveis tais como, alta produtividade, alta taxa de extração de óleo, pequeno incremento em altura e tolerância a pragas e doenças, dentre outros (MUTERT; FAIRHURST, 1999).

O projeto clone já possibilitou o desenvolvimento de 19 materiais clonais, os quais estão sendo cultivados em área experimental da empresa AGROPALMA. Além da área experimental, o cultivo de clones também foi realizado nas parcelas comerciais da empresa. No momento, o grupo AGROPALMA possui uma área total de 107 mil ha, com aproximadamente 39 mil ha em plantações de dendê, das quais, mais de 10% são de cultivo orgânico e cerca de 176 ha de plantios de materiais clonais, advindos do projeto clone (AGROPALMA, 2022).

Apesar do alto investimento em pesquisas direcionadas ao melhoramento genético de plantas com ênfase na produção de "clones elites", o cultivo desses clones em larga escala ainda é pequeno, pois estudos relacionados com o perfil comportamental desses materiais clonais quanto ao uso de nutrientes, demanda nutricional e adaptabilidade às condições edafoclimáticas ainda são escassos.

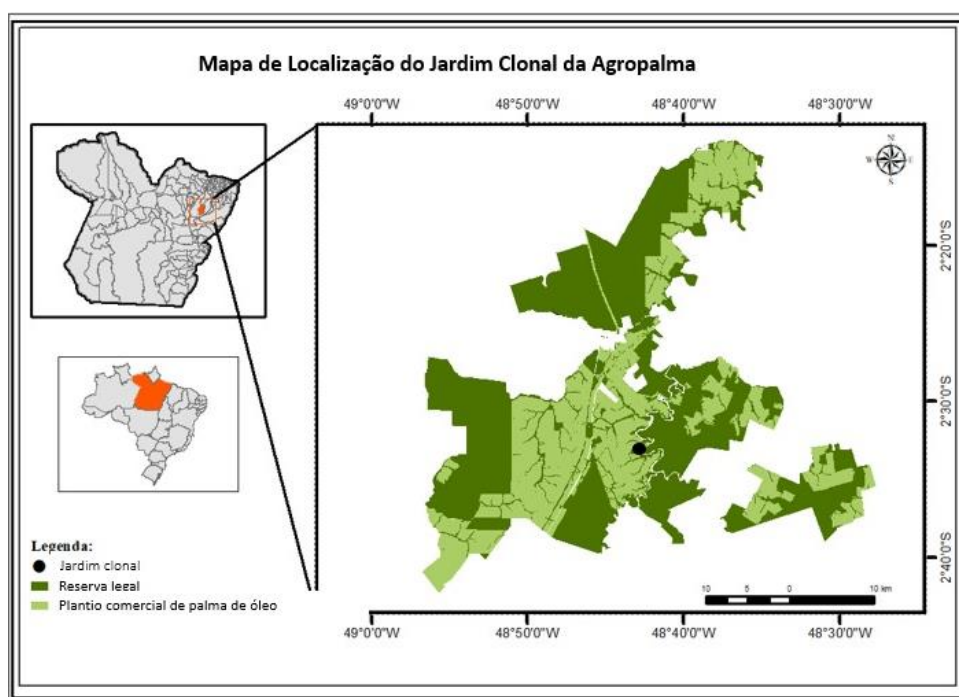
Assim, a finalidade deste estudo é identificar genótipos da cultura quanto à eficiência nutricional, em termos da absorção e utilização de nutrientes, visando otimizar o uso de nutrientes pelos materiais genéticos clonais, contribuindo deste modo para a racionalização do uso de fertilizantes e corretivos, considerando também a produtividade da cultura.

## 2. MATERIAL E MÉTODO

### 2.1. Caracterização da área de estudo, condução do experimento e escolha dos materiais genéticos

O trabalho foi realizado em área experimental "Jardim clonal" do grupo AGROPALMA S.A., no município de Tailândia-PA, pertencente à Mesorregião do Nordeste Paraense (Figura 1).

Figura 1. Mapa de localização do jardim clonal

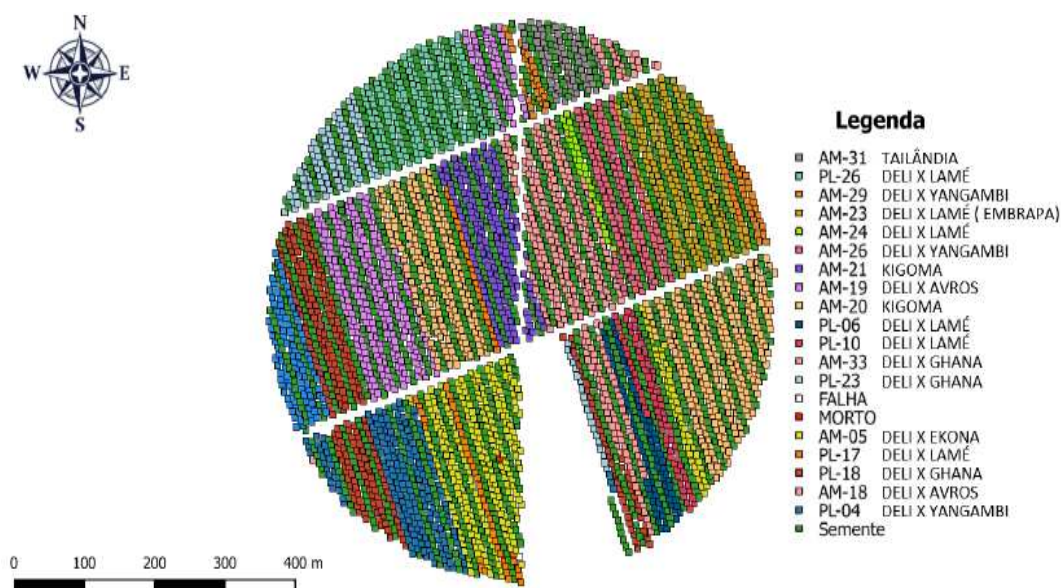


Fonte: (AGROPALMA, 2020a).

A área experimental é localizada em um antigo viveiro da empresa, que após o cultivo dos clones passou a ser conhecida como jardim clonal. Os primeiros plantios ocorreram em 2014, atualmente na área há 19 materiais genéticos cultivados (Figura 2). O jardim clonal possui área de 33 ha, dividida em três parcelas, B32, B33 e B34. Em todas as parcelas de cultivo, as plantas foram cultivadas na densidade de 143 plantas/ha e seguindo o arranjo triangular 9 x 9 m. Os materiais genéticos cultivados se dividem em materiais clonais e os seminais (TENERA) e foram cultivados intercalados nas linhas de plantio, ou seja, o plantio foi disposto sempre com a intercalação entre duas linhas com plantas de materiais clonais e uma linha com plantas do material seminal.

Dentre os 19 materiais clonais cultivados no jardim clonal foram selecionados sete materiais clonais (PL-23, AM-31, PL-18, AM-20, AM-26, AM-05 e PL-10) e um material seminal (Tenera) para avaliação neste estudo.

Figura 2. Croqui do plantio dos materiais genéticos no jardim clonal



Fonte: (Pesquisa, AGROPALMA, 2015).

O clima na área da estação experimental é classificado segundo Köppen-Geiger como AM, clima tropical úmido, com precipitação média mensal é de 207,6 mm e a temperatura média anual elevada em torno de 25°C.

Em relação ao solo da região, há predomínio de Argissolos Amarelos distrocoesos abruptos, originados de materiais argilosos sedimentares da formação barreiras (KER; NEVES, 2010). E o solo do local experimental é Franco-argilo-arenoso composto por 40,2% de areia grossa, 27,6% areia fina, 1,9% silte, 30,3% argila em amostragem até 60 cm de profundidade.

Com base em informações fornecidas pela empresa, na área experimental, a fertilização de base consistiu de 200 g/cova de fosfato natural de reativo ARAD, e a partir de 2015, algumas práticas de fertilização foram efetuadas nessa área, como mostrado no Quadro 1.

Quadro 1. Resumo das práticas de fertilização realizadas na área experimental

<b>Ano agrícola</b>	<b>Prática de fertilização</b>	<b>Período</b>
2015	Não houve fertilização registrada	-
2016	100 kg/ha de fertilizante NPK 15.10.12 + S + Mg + Ca + 0,25 % Cu + 0,25 % Zn + 0,25 % B	Entre maio e agosto/2016 (1ª Aplicação NPK)
2017	1 t/ha de fertilizante mineral a base CaO e Mg (Oxyfertil 60:30 F) + 1t/ha de cinza de caldeira.	Dezembro/2017
2018	57 kg/ha de fertilizante NPK 16.03.18 + 2,35 % S + 1,17% Mg + 0,6 % B	20 de julho de 2018.
2018	Aplicação de cachos vazios na proporção de 42 t/ha, conforme recomendação técnica para plantios produtivos, com o parcelamento da dose em duas aplicações, de forma localizada na projeção de parte aérea das plantas.	Agosto/2018
2020	514,8 kg /ha de NPK 13.11.21	Março 2020

Fonte: (AGROPALMA, 2020b).

Cabe mencionar, também, que a composição média em nutrientes minerais dos cachos vazios, segundo análises realizadas por iniciativa da empresa, é, para macronutrientes (g/kg) e para Cloro (Cl): N (11,79), P (1,61), K (29,60), Ca (5,54), Mg (1,78), S (1,79) e o Cl (6,01); para os micronutrientes analisados (mg/kg): B (10,6), Cu (22,4), Zn (45,5).

## **2.2. Seleção e medições vegetativas das plantas**

Inicialmente, antes das amostragens realizadas, fez-se, no jardim clonal, a avaliação de dados biométricos, produtivos e a origem genética de cada um dos oito materiais genéticos selecionados para este trabalho. Em seguida, para cada material genético, foram selecionadas 4 plantas representativas com idade em torno de 4-5 anos, dispostos nas diferentes parcelas da área experimental (Quadro 2).

Quadro 2. Caracterização dos materiais genéticos de palma-de-óleo selecionados para avaliação no trabalho

<b>Material genético</b>	<b>Idade</b>	<b>Parcela Jardim Clonal</b>	<b>Progenitores Tenera</b>
AM-26	4	B33	Deli x Yangambi
AM-05	4	B34	Deli x Ekona
PL-10	4	B34	Deli x LaMé
PL-23	4	B32	Deli x Ghana
AM-31	4	B32	Deli x Yangambi
PL-18	5	B32	Deli x Ghana
AM-20	5	B33	Kigoma
TENERA	4,67	B32, B33, B34	Deli x LaMé

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

A seleção das plantas desses materiais foi baseada em alguns critérios de seleção, levando-se em consideração características agrônômicas, econômicas e fisiológicas dos cultivares, tais como: plantas homogêneas e saudáveis sem sintomas de deficiência de nutrientes, histórico de produtividade de óleo (t/ha) dos respectivos progenitores, origem genética e tolerância à pragas e doenças.

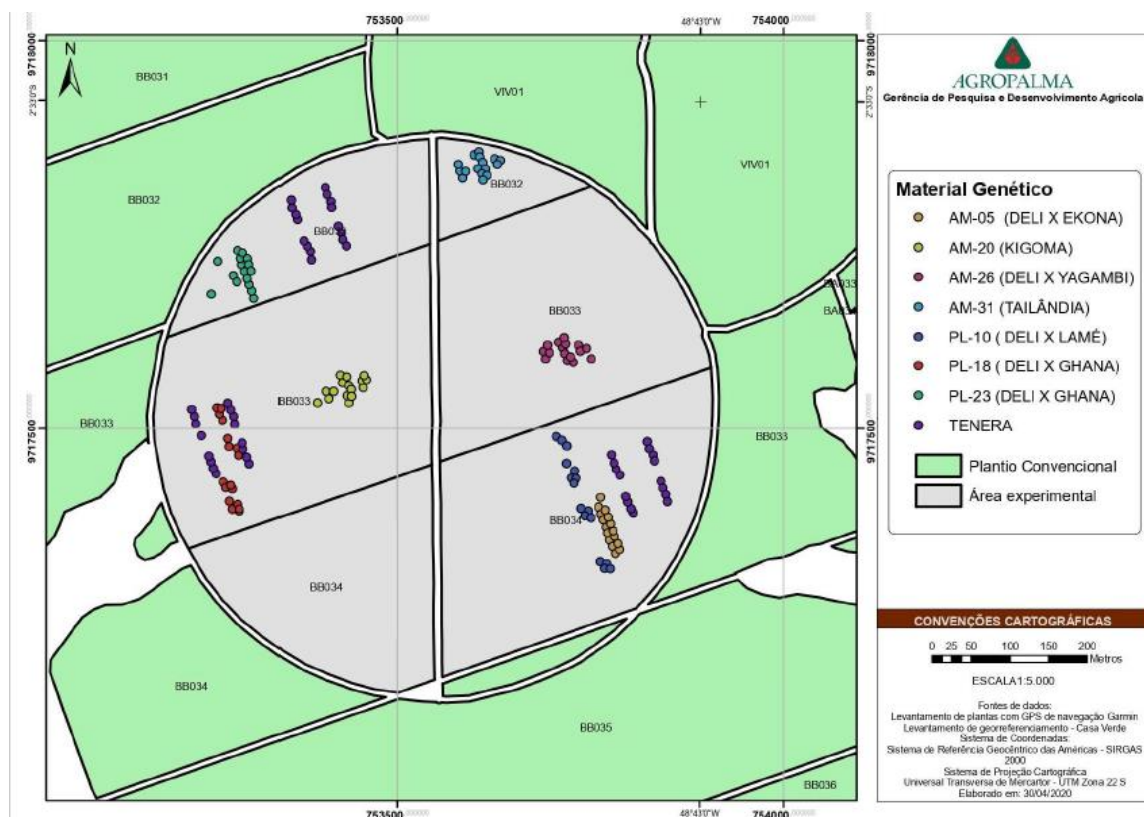
A escolha dos materiais genéticos com diferentes procedências genéticas está relacionada com o pico de produção desses materiais. Recomenda-se o uso de materiais genéticos com diferentes procedências para evitar o ataque em massa de pragas e doenças e evitar também que as usinas extratoras de óleo fiquem com as atividades ociosas em determinada época do ano (CUNHA *et al.*, 2010).

### **2.3. Amostragens e análises das plantas**

As amostragens realizadas compreenderam um período de 2 meses, iniciando-se em abril, com a amostragem das plantas e finalizando-se em maio de 2020, com a amostragem do solo das parcelas cultivadas. Fez-se a amostragem das plantas utilizando-se o delineamento sistemático, com 4 unidades experimentais para cada um dos 8 materiais genéticos, totalizando 32 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída por uma planta.

As plantas selecionadas por material genético foram identificadas e em seguida foi realizada a localização geográfica das mesmas por parcela de cultivo e material genético (Figura 3).

Figura 3. Croqui de localização das plantas selecionadas por material genético



Fonte: (AGROPALMA, 2020c).

A coleta dos compartimentos vegetais dos materiais genéticos avaliados levou em consideração o ciclo de colheita de cada material e o tempo de maturação dos cachos. Assim, a coleta dos componentes vegetais se iniciou na parcela B32, depois na B33 e por último na B34.

Nas coletas, as folhas foram removidas e cortadas, uma de cada vez, iniciando-se das folhas mais velhas para as mais novas. Todas as folhas foram cortadas e empilhadas em uma lona e posteriormente pesadas, e, em seguida, foram retiradas amostras da folha diagnóstico (folha 17). A seguir, foram removidas as inflorescências (feminina e masculina), pesadas e amostradas. Foram coletados de um a dois cachos com frutos maduros (representativos e no ponto ideal de colheita). Os cachos foram pesados e encaminhados para o laboratório e foram divididos em espiguetas, pedúnculos e frutos, após essa separação realizou-se a homogeneização desses componentes e retirou-se uma amostra. Por último, do estipe foram coletadas duas porções, uma interna de tecido macio e outra externa de tecidos mais duro, seguindo-se pesagem e a retirada de uma amostra composta.

As amostras dos componentes coletados da parte aérea, folíolos da folha 17, inflorescências masculinas e femininas, cachos e estipe foram encaminhadas para o laboratório, seguindo-se a secagem, pesagem, moagem e mineralização. Nos extratos da mineralização nítrico-perclórica (3,5:1 v/v), foram determinados os teores de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn no plasma; o B foi determinado colorimetricamente, após digestão por via seca (incineração) e o N foi determinado pelo método de Kjeldahl.

#### 2.4. Amostragem e análise de solo

A amostragem de solo foi realizada nas parcelas de cultivo dos materiais genéticos avaliados. Foram demarcados quatro pontos no solo próximo a cada planta representativa, as mesmas selecionadas para a amostragem dos materiais genéticos, essas demarcações foram utilizadas para identificar o local onde é geralmente feita a aplicação de fertilizantes.

Próximo à cada planta selecionada, foi retirada uma amostra composta constituída por cinco (5) amostras simples, coletadas nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Para cada material genético foram coletadas 4 amostras compostas para cada profundidade, logo 12 amostras por material genético, totalizando-se 96 amostras. Após a coleta, as amostras foram secas à sombra por pelo menos 2 d, homogeneizadas e, em seguida retirou-se uma sub-amostra. As sub-amostras foram misturadas, passadas através de peneira de 2 mm (TFSA), acondicionadas em sacos plásticos identificados e encaminhadas para o laboratório, onde foram realizadas as análises químicas do solo conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Análises realizadas para caracterização da fertilidade do solo das parcelas

Análise	Unidade	Método
pH	-	pH em água, relação 1:2,5
P e K	mg/dm <sup>3</sup>	Extrator Mehlich-1, Mehlich-3, relação 1:10
Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Al <sup>3+</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>	Extrator KCl 1,0 mol/L, relação 1:10
H+Al	cmolc/dm <sup>3</sup>	Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L, pH 7,0, relação 1:15
P-rem	mg/L	[P] na solução de equilíbrio, solução de CaCl <sub>2</sub> 10 mmol/L, contendo 60 mg/L de P

Fonte: (Elaborada pela autora, 2022).

## 2.5. Variáveis Calculadas

Como a idade dos materiais genéticos selecionados para este estudo não era sempre a mesma, obteve-se, para cada material genético, a taxa média de produção de matéria seca dos componentes da parte aérea pelo quociente entre a massa de matéria seca e a idade das plantas.

Com base na massa de matéria seca e no teor do nutriente, foi calculado o conteúdo de cada nutriente  $i$  nos diferentes compartimentos com base na equação 1:

$$cNu_{i-Cj} = mMS-Cj \times tN_{i-Cj} \quad (\text{Equação 1})$$

em que:  $(cNu_{i-Cj})$  é o conteúdo de nutriente  $i$  no compartimento  $j$ ;  $(mMS-Cj)$  é a massa de matéria seca do compartimento  $j$  e  $(tN_{i-Cj})$  é o teor total de nutriente  $i$  do compartimento  $j$  das plantas.

O somatório dos conteúdos dos nutrientes  $i$  nos diferentes compartimentos  $j$  da parte aérea  $(\sum^1_j cNu_{i-Cj})$  do material genético resultou nos valores de demanda de nutrientes na parte aérea da planta  $(dNu_{i-PA})$  conforme expresso na equação 2.

$$dNu_{i-PA} = \sum^1_j cNu_{i-Cj} \quad (\text{Equação 2})$$

Para cada material genético foram calculadas as taxas médias de acumulação dos nutrientes pelo quociente entre o conteúdo e a idade das plantas.

A partição de nutrientes minerais  $i$   $(pNu_{i-Cj})$  nos diferentes compartimentos  $j$  foi obtida pela expressão:

$$pNu_{i-Cj} = cNu_{i-Cj} / dNu_{i-PA} \quad (\text{Equação 3})$$

em que:  $cNu_{i-Cj}$  é o conteúdo de nutriente  $i$  no compartimento  $j$ ;  $dNu_{i-PA}$  - é a demanda de nutrientes  $i$  na parte aérea da planta.

A determinação do IEFPA (índice de eficiência foliar para a produção de parte aérea) é resultante do quociente entre a taxa média de produção de matéria seca da parte aérea e a taxa média de produção de matéria seca de folhas. Enquanto que o índice de eficiência foliar para a produção de cachos (IEFCA) é resultante do quociente entre a taxa média de produção de matéria seca de cachos e a taxa média de produção de matéria seca de folhas.

Já o quociente entre a taxa média de produção de parte aérea, ou de cachos, e os conteúdos de cada nutriente na folha resultou na obtenção do respectivo índice de eficiência do conteúdo do nutriente foliar para a produção de parte aérea (IEFPA\_cNutri) e de cachos (IEFCA\_cNutri). Como o conteúdo do nutriente na folha resulta da integração da matéria seca da folha e de seu teor do nutriente, e como a matéria seca da folha se relaciona à área foliar (pela área foliar específica), pode-se entender que o conteúdo do nutriente na folha, em essência, integra a extensão e a qualidade nutricional da superfície fotossintetizante.

O conteúdo total de nutrientes na planta é o mais simples indicador da eficiência de aquisição dos mesmos, permitindo comparações preliminares dos materiais genéticos, ainda que não dê visibilidade aos mecanismos nela envolvidos (ARAÚJO, 2000), especialmente quando os materiais genéticos são cultivados nas mesmas condições de sítio de produção e são submetidos às mesmas práticas de manejo, como no caso deste trabalho. Por isso, a eficiência de absorção foi obtida conforme a equação:

$$Ea\_Nui = cNui\_PA \quad (\text{Equação 4})$$

A eficiência de utilização foi obtida por meio do coeficiente de utilização biológico compartimentalizado ( $CUBc$ ) pela expressão:

$$CUBc = 1/tNui\_Ci \quad (\text{Equação 5})$$

em que: ( $tNui\_Ci$ ) - teor do nutriente nos compartimentos  $i$  da planta.

Também foi obtida a eficiência de utilização integralizada ( $CUBi$ ), pela equação:

$$CUBi = (mMs\_Cacho)/dNui\_PA \quad (\text{Equação 6})$$

em que:  $mMs\_Cacho$  - massa de matéria seca do cacho;  $dNui\_PA$  - é a demanda de nutrientes na parte aérea da planta.

Foram também obtidos, com base nas médias para cada material genético, índices relativos, conforme a equação 7. Esse procedimento foi feito para: conteúdo de nutrientes na parte aérea, produção de matéria seca de parte aérea e de cachos,

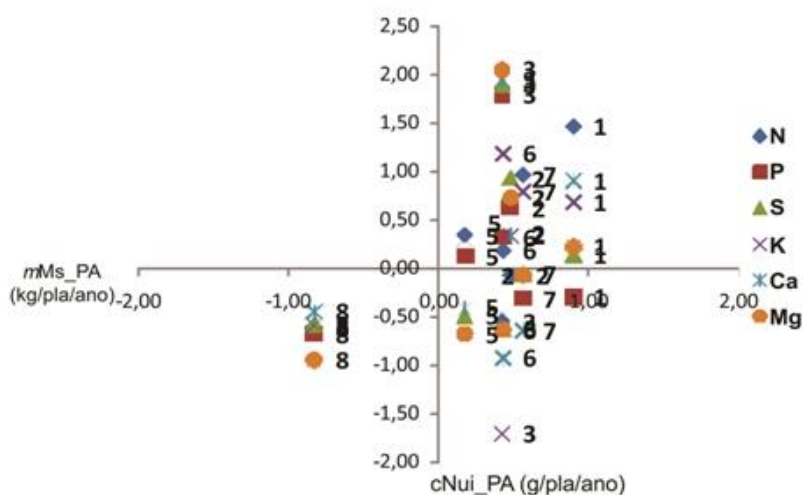
teores de nutrientes na parte aérea, e coeficiente de utilização biológico integralizado (CUBi).

$$IRVi = \frac{(\text{média } Vi \text{ p/ o material genético } j - \text{média } Vi \text{ p/o conjunto dos materiais genéticos})}{\text{desvio-padrão de } Vi \text{ p/ o conjuntos dos materiais genéticos}} \quad (\text{Equação 7})$$

Em que: IRVi- índice relativo da variável i; Vi- variável i

Após a obtenção dos índices relativos das diferentes variáveis, de modo a facilitar a visualização da eficiência nutricional dos materiais genéticos de palma-de-óleo em relação aos nutrientes estudados foram representados os índices relativos nutricionais por meio da plotagem em gráfico de dispersão, para macronutrientes e para micronutrientes, conforme exemplificado na Figura 4, relacionando:

Figura 4. Gráfico de dispersão dos índices relativos de conteúdo de macronutrientes na parte aérea em função do índice relativo da matéria seca da parte aérea



em que: o ponto de cruzamento dos eixos é a média de cada uma dessas variáveis para o conjuntos dos materiais genéticos

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

- Índices relativos de conteúdo do nutriente na parte aérea em função do índice relativo da matéria seca da parte aérea;
- Índices relativos de conteúdo do nutriente na parte aérea em função do índice relativo da matéria seca de cachos;

- c) Índices relativos de CUBc em função do índice relativo da matéria seca de parte aérea;
- d) Índices relativos de CUBc em função do índice relativo da matéria seca de cachos;
- e) Índices relativos de CUBi em função do índice relativo da matéria seca de cachos.

Para as variáveis de solo, com base no resultado da análise química do solo para o P, K, Ca e o Mg foram calculados os estoques desses nutrientes nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm e no perfil de 0-60 cm, pelo produto do teor pelo volume de solo.

## **2.6. Análises estatísticas**

Os dados das variáveis de produção de matéria seca, teores, conteúdos e partição de nutrientes, bem como os índices de eficiência foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo o efeito de material genético (considerado como fator fixo) testado até 10% de probabilidade; foram também obtidos os valores de diferença mínima significativa (DMS) por Tukey a 5%, e os valores de CV de médias de material genético.

Os resultados das análises de solo foram submetidos à ANOVA no esquema de parcela subdividida sendo os materiais genéticos os tratamentos da parcela e as camadas do perfil de solo, com restrição à casualização, os tratamentos da sub-parcela. Para avaliar o efeito de material genético em camada do perfil de solo, calculou-se o quadrado médio do resíduo combinado (QMRc) e respectivos graus de liberdade, com base na fórmula de Satterwaithe, com base nos quais foram também obtidos os valores de DMS por Tukey a 5% para comparar as médias dos materiais genéticos em cada camada de solo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Produção de Matéria seca

A produção de matéria seca dos componentes de parte aérea em função dos materiais genéticos diferiram entre si estatisticamente e assumiram a sequência: copa > estipe > cacho > inflorescência. Quanto à partição de matéria seca foi em média de: 56,98% para a copa, 27,73% para o estipe, 13,61% para cacho e 1,68% para a inflorescência (Tabela 2).

Tabela 2. Taxa <sup>1/</sup>média da produção de matéria seca dos diferentes compartimentos vegetais de materiais genéticos de palma-de-óleo

Material Genético	Copa	Inflorescência	Estipe	Cacho	Parte Aérea
	.....kg/pla/ano.....				
AM-26	17,63	0,45	6,78	2,95	27,81
AM-05	15,21	0,43	6,54	4,62	26,80
PL-10	14,53	0,43	6,50	5,20	26,66
PL-23	12,43	0,36	6,19	1,49	20,46
AM-31	14,59	0,46	7,88	3,13	26,06
PL-18	14,62	0,47	8,07	3,52	26,68
AM-20	15,51	0,47	8,17	2,85	27,00
TENERA	12,38	0,40	6,72	4,13	23,64
Média	14,61	0,43	7,11	3,49	25,64
<sup>2/</sup> F	**	**	**	**	*
<sup>3/</sup> DMS	3,87	0,1	1,68	2,24	6,31
<sup>4/</sup> CV (%)	11,6	8,7	11,2	33,3	9,4

<sup>1/</sup>média de quatro palmeiras por material genético; <sup>2/</sup> \*, \*\*: significativo a 5 % e 1%, respectivamente;

<sup>3/</sup> diferença mínima significativa por Tukey a 5 %; <sup>4/</sup>coeficiente de variação de médias de material genético

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

Dentre os materiais genéticos estudados, os clones AM-26, AM-05 e AM-20 foram aqueles que mais investiram em produção de matéria seca para a parte aérea. Quanto à matéria seca de copa, o componente apresentou produtividade média de 14,61 kg/pla/ano entre os materiais genéticos, correspondendo a 56,98% da produção da média total da parte aérea da planta e o clone que mais se destacou em produção de matéria seca de copa foi o AM-26.

Para a produção de matéria seca dos materiais genéticos para o estipe, observou-se que os clones AM-31, PL-18 e AM-20 apresentaram comportamento

semelhante e se destacaram como aqueles que mais produziram matéria seca deste componente. Já para o cacho, a maior produção de matéria seca ocorreu no clone PL-10.

A inflorescência apresentou a menor produção com média 0,43 kg/pla/ano, o que corresponde à 1,67% da produção média total de parte aérea. Os materiais que apresentaram a maior produção de matéria seca para inflorescência foi o PL-18 e o AM-20. Por fim, o material PL-23 foi aquele que produziu a menor quantidade de matéria seca para todos os compartimentos.

Em geral, as plantas de palma-de-óleo na fase juvenil tendem a concentrar a produção de matéria seca na copa e estipe (SUNG, 2016). De acordo Breure (2003), os materiais genéticos com idade entre 4 e 5 anos, encontram-se em transição entre a fase juvenil e a adulta, logo tendem a apresentarem um aumento de área foliar e maior altura de estipe. Nesse período juvenil, a produção de biomassa ocorre de maneira mais intensa para os compartimentos como a copa, só passam a investir em mais biomassa de cachos a partir do 7º ano, período em que a produção de cachos é maior e contínua.

Portanto, o maior investimento em produção de matéria seca das folhas é essencial e vantajoso, pois proporciona maior absorção da radiação solar e assim permitirá que a planta tenha mais energia para a formação de seus componentes foliares, promovendo assim maior atividade fotossintética, acarretando em maior produtividade (VIÉGAS, 1993).

Além disso, a produção de folhas na palma-de-óleo determina a produção de inflorescência, uma vez que o primórdio floral é produzido na axila de cada folha. Por consequência, a captação da radiação solar sobre o componente folha, além de promover maior taxa fotossintética, também interfere no número de inflorescências produzidas e conseqüentemente na produção dos frutos (CORLEY; TINKER, 2016; DUFRENE; SAUGIER, 1993).

Logo, o clone AM-26 pode apresentar como vantagem competitiva a maior taxa fotossintética e maior número de inflorescência em relação aos materiais PL-23 e o TENERA, já que estes materiais apresentaram a menor produção de matéria seca para a copa. Além disso, materiais com alta percentagem de matéria seca na copa, podem acumular mais nutrientes, e com o desbaste das folhas por meio da poda, os nutrientes acumulados nesse compartimento retornam ao solo na forma de resíduos, favorecendo assim o processo de ciclagem de nutrientes (VIÉGAS, 1993).

Outro resultado interessante deste trabalho é a produção de matéria seca do clone PL-10, este se destacou dos demais materiais genéticos com a produção superior de matéria seca para cachos por ocasião da amostragem realizada para este trabalho. O clone PL-10 tem como origem o progenitor o Deli x Lamé BRS 2501, esta cultivar foi produzida no Brasil pela Embrapa. A cultivar BRS 2501 (Deli x LaMé) é um híbrido intraespecífico Tenera (*Elaeis guineensis* Jacq) e tem como característica a alta produção de cachos, em média de 25 a 30 t/ha/ano (ALVES *et al.*, 2013). Assim, a produção de matéria seca de cachos pode estar associado a caráter genético herdado do seu progenitor.

## 3.2. Teor de Nutrientes

### 3.2.1 Macronutrientes

Em termos médios, observa-se que os materiais genéticos apresentaram comportamento diferenciado entre si conforme o macronutriente considerado, sendo que o maior número de efeitos significativos de material genético ocorreu na copa (Tabela 3).

Na parte aérea, houve diferença significativa entre materiais genéticos para o teor da maioria dos macronutrientes, exceto para o N, porém o AM-26 foi o que apresentou o maior teor de N, sobressaindo da média dos clones em 7,53%. Já para os demais macronutrientes, observa-se efeito do material genético, o clone que mais se destacou foi o PL-10, sendo ele superior no teor de P, Ca, Mg e S, enquanto o PL-18 foi o clone que apresentou o maior teor de K. A sequência dos teores de macronutriente no componente parte aérea para os materiais genéticos foi:  $N > K > Ca > Mg > P > S$ .

Em relação aos menores teores de macronutrientes na parte aérea, observou-se que para o N e o S, os materiais tiveram o mesmo comportamento, entretanto o PL-10 apresentou a menor teor de N, 10,66% inferior à média e o clone PL-18 foi aquele com o menor teor de S, 28,43% inferior da média dos materiais genéticos estudados.

Já para os demais macronutrientes, vê-se que para o P e o K, os clones PL-23 e PL-10 apresentaram os menores teores, respectivamente e para o Ca e o Mg, o clone PL-18 foi aquele que apresentou os menores teores de tais nutrientes. Assim, ao obter o inverso do teor de tais nutrientes na matéria seca, isso corresponde ao

quociente de utilização, também denominado de razão da eficiência (WHIETEAKER *et al.*, 1976, citado por ARAÚJO, 2000) e, como mais empregado na área florestal, no Brasil, de coeficiente de utilização biológico compartimentalizado - CUBc (BARROS *et al.*, 1986; NEVES, 2000).

Os menores teores de P, K, Ca e o Mg na parte aérea dos clones PL-23, PL-10, PL-18, respectivamente indicam que estes clones são os de maior CUB para tais nutrientes, e os mais eficientes em utilizar tais nutrientes para produção de parte aérea.

Quanto aos teores de macronutrientes na copa, observa-se que os teores de N em termos médios dos materiais genéticos não diferiram entre si, entretanto o maior teor de N na copa foi do material seminal TENERA, superior 8,11% em relação a média dos materiais genéticos estudados. Já para os demais macronutrientes, o clone PL-10 foi aquele que apresentou o maior teor de P, Ca, Mg e o S, enquanto que para o K, o clone PL-18 foi o que apresentou maior teor.

Para as menores concentrações de macronutrientes, a maioria dos materiais genéticos tiveram comportamento semelhante, exceto para o K, em que o clone PL-10 foi aquele com o menor teor. Assim o clone PL-10 apresenta o maior valor de CUBc, o que evidencia ser este clone mais eficiente em utilizar o K para a produção de matéria seca de copa.

Outro componente que também apresentou diferenças significativas dos macronutrientes foi a inflorescência. Observa-se que os materiais genéticos apresentaram comportamento semelhante quanto ao teor para a maioria dos macronutrientes, exceto para o N e o P. Para o N e o P foi o clone AM-31 que apresentou o maior teor destes nutrientes e o menor teor de N foi o clone AM-26, já para o P foi o material seminal TENERA. Quanto aos menores teores de N e o P, o clone AM-26 e o seminal TENERA foram os materiais genéticos que apresentaram o maior CUBc para o macronutriente considerado e assim os mais eficientes em utilizar tal nutriente para produzir matéria seca de inflorescência.

Para o componente estipe, observa-se que somente para o nutriente N, os materiais se diferiram, sendo o clone AM-20 superior no teor desse nutriente e o clone PL-23 aquele que apresentou o menor teor, portanto o maior CUBc, destacando-se como aquele que foi mais eficiente em utilizar o N para produzir matéria seca de estipe.

E dentre os componentes de parte aérea, o cacho possui as menores concentrações de macronutrientes e todos os materiais genéticos não diferem quanto os maiores e menores teores de macronutrientes.

De modo geral, verifica-se que os maiores teores para a maioria dos componentes vegetais foram de N, K e o Ca, exceto para o estipe, em que o Mg é maior do que o Ca. Os resultados observados nesse estudo referente aos maiores teores destes nutrientes nos compartimentos da planta, principalmente na copa, pode ser justificado levando-se em consideração as exigências nutricionais das plantas de palma-de-óleo na fase juvenil. A alta demanda desses nutrientes está relacionada com o desenvolvimento da planta e ao maior investimento de nutrientes principalmente em área foliar e altura de estipe (BREURE, 2003). A palma-de-óleo é uma das oleaginosas mais exigentes em N e o K nos primeiros anos de plantio, seguindo a curva de absorção de nutrientes sugerida por (NG, 1977).

Tabela 3. Teores de macronutrientes<sup>1/</sup> em componentes da parte aérea em função materiais genéticos de palma-de-óleo  
(continua)

Nutriente	AM-26	AM-05	PL-10	PL-23	AM-31	PL-18	AM-20	TENERA	Média	<sup>2/</sup> F	<sup>3/</sup> DMS	<sup>3/</sup> CV (%)
<b>Copa (g/kg)</b>												
N	24,85	23,34	23,15	23,81	26,16	25,47	26,28	27,25	25,04	*	4,22	6,02
P	1,66	2,45	2,99	1,48	2,15	2,19	1,80	1,96	2,09	**	1,11	22,97
K	7,72	7,44	4,96	8,43	8,58	10,32	9,06	7,94	8,06	*	4,19	19,11
Ca	9,78	9,79	15,32	7,40	7,38	5,54	6,19	8,55	8,74	**	6,17	35,09
Mg	3,66	5,05	6,79	3,82	3,14	3,10	3,63	3,26	4,05	**	2,63	31,27
S	1,82	2,62	3,30	1,55	1,75	1,63	1,91	1,95	2,06	**	1,21	28,85
<b>Inflorescência (g/kg)</b>												
N	11,40	14,26	12,40	15,80	16,54	16,27	13,10	12,21	14,00	**	4,81	14,35
P	2,59	2,76	3,29	2,55	3,68	3,58	2,67	2,43	2,94	**	1,09	16,83
K	16,40	14,28	10,62	12,67	13,91	11,60	14,67	12,73	13,36	ns	6,60	13,74
Ca	3,42	4,01	3,72	3,48	3,85	4,88	3,87	3,74	3,87	ns	2,08	11,70
Mg	3,80	3,69	4,90	3,68	3,81	4,33	3,91	2,91	3,88	ns	2,8	14,67
S	1,22	1,45	1,56	1,29	1,58	1,43	1,12	1,28	1,36	°	0,52	12,05
<b>Estipe (g/kg)</b>												
N	1,34	1,75	1,57	1,08	1,48	1,38	1,77	1,61	1,50	*	0,65	15,25
P	0,26	0,28	0,39	0,21	0,26	0,34	0,31	0,34	0,30	°	0,19	19,31
K	1,64	1,58	1,40	1,34	1,40	1,34	1,29	1,51	1,44	ns	0,64	8,67
Ca	0,49	0,33	0,56	0,32	0,33	0,34	0,33	0,44	0,39	°	0,29	23,66
Mg	0,55	0,49	0,81	0,43	0,42	0,48	0,63	0,51	0,54	°	0,41	23,63
S	0,16	0,18	0,22	0,15	0,15	0,17	0,18	0,21	0,18	ns	0,09	15,55

(conclusão)

Nutriente	AM-26	AM-05	PL-10	PL-23	AM-31	PL-18	AM-20	TENERA	Média	<sup>2/</sup> F	<sup>3/</sup> DMS	<sup>3/</sup> CV (%)
	<b>Cacho (g/kg)</b>											
N	2,88	3,42	2,93	4,02	2,93	3,39	3,41	3,36	3,29	ns	1,27	11,48
P	0,40	0,53	0,89	0,48	0,64	0,68	0,55	0,59	0,60	ns	0,75	24,82
K	5,43	6,24	4,73	5,92	6,03	5,00	6,08	6,45	5,74	ns	2,17	10,73
Ca	0,56	0,66	0,79	0,59	0,73	1,03	0,90	0,69	0,74	°	0,50	21,23
Mg	0,56	0,68	0,91	0,67	0,75	0,74	0,75	0,60	0,71	ns	0,69	15,34
S	0,38	0,39	0,48	0,33	0,34	0,39	0,39	0,38	0,38	ns	0,2	11,61
<b>Parte aérea (g/kg)</b>												
N	16,85	14,71	14,16	15,49	16,12	15,48	16,52	16,03	15,67	ns	3,3	5,75
P	1,22	1,61	1,92	1,08	1,44	1,46	1,25	1,29	1,41	*	0,69	18,89
K	5,80	5,19	3,51	5,96	5,77	6,61	6,13	5,22	5,52	*	2,57	16,93
Ca	6,61	5,97	9,17	4,79	4,50	3,42	3,89	5,00	5,42	**	3,77	33,80
Mg	2,61	3,20	4,26	2,59	2,05	2,03	2,45	2,05	2,65	**	1,62	28,67
S	1,26	1,63	2,01	1,04	1,10	1,02	1,22	1,19	1,31	**	0,73	26,13

<sup>1/</sup>média de teor em quatro palmeiras por material genético; <sup>2/</sup>ns, \*, \*\*, ° : não significativo, significativo a 5%, 1% e 10% respectivamente; <sup>3/</sup> diferença mínima significativa por Tukey a 5%; <sup>4/</sup>coeficiente de variação de médias de material genético

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

Conforme observa-se nos resultados desse estudo cada material genético apresentou uma particularidade em relação ao teor dos macronutrientes nos componentes de parte aérea, com isso para se avaliar o estado nutricional desses materiais genéticos é necessário levar em consideração os teores de nutrientes presente na folha (neste caso o teor médio da copa) e comparar com as faixas de suficiência e o nível crítico foliar de plantas de palma com a mesma faixa etária e condições edafoclimáticas e materiais de origem. Entretanto estudos relacionados ao manejo nutricional da palma-de-óleo no Brasil ainda são escassos e estas informações de nível crítico da grande maioria dos materiais genéticos da palma-de-óleo ainda não foram estabelecidas.

Nos dias atuais o que se tem são os níveis críticos e faixas de suficiência em plantios adultos da cultivar mais comum a Deli x Lamé e a Deli x Ghana. Com isso, a avaliação do estado nutricional dos materiais genéticos estudados foi realizada com os valores dos níveis críticos e faixa de suficiência de plantas de palma-de-óleo cultivadas na mesma região do local de cultivo dos materiais estudados, os valores foram estabelecidos por Neves (2016 citado por Sousa, 2020) e Teixeira (2018). A comparação será com base nos valores dos teores médios dos macronutrientes e micronutrientes presentes na copa, já que este componente representa todas as folhas e folíolos da planta. Dessa forma a seguir é apresentado um quadro comparativo entre a faixa de suficiência estabelecidas por Neves (2016 citado por Sousa, 2020) e Teixeira (2018) e os teores foliares médios dos materiais em estudo neste trabalho (Quadro 3).

Quadro 3. Comparação entre as faixas de suficiência e os teores foliares de macronutrientes em plantas de palma-de-óleo

Fonte	N	P	K	Ca	Mg	S
	.....g/kg.....					
Neves (2016 citado por Sousa, 2020)	22,0 - 25,2	1,3 - 1,6	7,9 - 10,5	8,0 - 9,8	1,3 - 2,0	0,9 - 1,4
Teixeira (2018)	21,4 - 26,6	1,3 - 1,7	8,9 - 12,9	5,7 - 7,6	1,6-3,0	1,4 - 1,8
Este trabalho	<b>25,09</b>	<b>2,09</b>	<b>8,06</b>	<b>8,74</b>	<b>4,05</b>	<b>2,06</b>

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

Conforme se vê no Quadro 3, somente o teor de K dos materiais em estudo está dentro dos limites da faixa de suficiência, pois ao comparar os demais teores da copa com as faixas de suficiência de Neves (2016 citado por Sousa, 2020), nota-se

que os teores de N, P, Mg e o S estão maiores do que o limite superior estabelecido para os nutrientes, indicando possível excesso. Já quando se compara com os valores de Teixeira (2018), observa-se os mesmos possíveis excessos dos macronutrientes mencionados, exceto para o N e incluindo o Ca. A principal causa dos excessos pode estar relacionada com a demanda nutricional dos diferentes materiais genéticos, já que os materiais clonais (a maioria desse estudo) apresentam um potencial produtivo maior do que as cultivares Teneras, por isso são mais exigentes em nutrientes.

Em geral, a nutrição mineral das cultivares de palma-de-óleo pode variar conforme a origem genética e potencial produtivo. Neste sentido, dados experimentais têm evidenciado comportamento diferenciado quanto às exigências de K e o Mg em função do material genético cultivado. A maior demanda por nutrientes depende das características genéticas das cultivares e podem ser potencializadas pela seleção x melhoramento genético, como é o caso dos clones (OLLIVIER *et al.*, 2017).

Estudos com palmeiras clonais, demonstraram que os clones são mais exigentes em nutrientes durante a fase jovem e a fase produtiva inicial e são mais exigentes nutricionalmente pelos macronutrientes como o N, K, e o Mg (WOO, OOI; HARDTER, 1994).

Quanto ao elevado teor foliar de P, pode estar relacionado com a composição dos restos culturais utilizados na adubação orgânica, já que estes apresentam altos teores do nutriente em sua composição, como já foi descrito no item 2.1.

### **3.2.2 Micronutrientes**

Em termos médios, os teores de micronutrientes assumiram a seguinte sequência: copa > estipe > inflorescência > cacho. Para a maioria dos compartimentos vegetais foi bastante evidente o maior teor do micronutrientes Mn e Fe, exceto para o cacho, em que o teor de Cu foi maior do que Fe (Tabela 4).

Na parte aérea, os materiais genéticos diferiram entre si para todos os micronutrientes e nota-se que os maiores teores de micronutrientes foram de Mn e o Fe e ocorreram para o material PL-10, além disso, este clone foi também superior para os demais micronutrientes. Quanto aos menores teores de micronutrientes nesse componente, verifica-se que o clone PL-23 foi um dos materiais que apresentou o menor teor de Cu e o Mn. Portanto, o clone PL-23 apresentou o maior valor de CUBc, evidenciando ser este clone o mais eficiente em utilizar os micronutrientes considerados para a produção de biomassa de parte aérea.

Quanto os menores teores do restante do micronutrientes, verifica-se que um conjunto de materiais genéticos apresentam comportamento semelhante, entretanto, podemos destacar aqueles que apresentaram os materiais: TENERA para o Zn, AM-20 para Fe, e para o B foi o clone AM-31. Assim, estes materiais genéticos foram um dos que apresentaram o maior valor de CUBc, o que evidencia ser estes um dos mais eficientes em utilizar o micronutriente considerado para a produção de biomassa de parte aérea.

Para os teores na copa, observa-se que houve diferença significativa para todos os micronutrientes entre os materiais genéticos. Para os maiores teores de micronutrientes nesse compartimento, destaca-se o clone PL-10 como superior nos teores de Cu, Fe, Mn e o B. Para este último micronutriente observa-se que o clone AM-05 apresentou comportamento semelhante ao clone PL-10 quanto ao teor de B. Já para o Zn, o seminal TENERA foi um dos materiais com maior teor de Zn.

Tabela 4. Teores de micronutrientes<sup>1/</sup> em componentes da parte aérea em função materiais genéticos de palma-de-óleo  
(continua)

Nutriente	AM-26	AM-05	PL-10	PL-23	AM-31	PL-18	AM-20	TENERA	Média	<sup>2/</sup> F	<sup>3/</sup> DMS	<sup>3/</sup> CV (%)
<b>Copa (mg/kg)</b>												
Cu	6,90	12,60	14,57	5,19	6,42	6,99	7,14	6,35	8,27	**	7,23	40,82
Zn	14,79	24,49	27,95	14,34	14,84	20,52	20,43	11,81	18,64	o	18,18	30,21
Fe	106,09	164,12	202,64	115,87	81,35	70,76	64,68	96,35	112,73	*	123,96	42,54
Mn	431,83	417,95	544,96	226,49	309,38	234,88	237,14	291,95	336,82	**	240,75	34,44
B	20,81	43,18	57,59	10,61	10,85	11,37	14,87	15,91	23,15	**	19,22	75,92
<b>Inflorescência (mg/kg)</b>												
Cu	12,64	13,33	17,51	12,31	12,61	14,20	11,11	10,53	13,03	*	5,88	16,49
Zn	23,85	36,58	31,74	30,74	34,62	38,25	34,80	61,83	36,55	*	15,90	30,45
Fe	71,49	78,69	110,55	32,74	50,18	61,06	61,24	80,60	68,32	*	70,10	33,88
Mn	50,30	61,34	64,10	36,72	49,08	69,25	48,49	41,14	52,55	ns	49,36	21,63
B	21,36	30,61	38,56	10,55	12,84	10,16	13,68	14,85	19,07	**	15,1	54,48
<b>Estipe (mg/kg)</b>												
Cu	20,78	19,93	32,30	14,33	16,66	15,30	21,84	18,07	19,90	**	13,95	28,45
Zn	74,91	52,44	109,49	101,95	61,93	79,86	96,54	24,23	75,17	ns	77,91	37,83
Fe	70,34	80,23	122,53	75,94	57,45	102,00	79,59	35,56	77,96	ns	78,14	33,78
Mn	38,42	60,36	44,19	12,78	24,89	29,19	36,23	52,00	37,26	*	39,68	40,82
B	20,53	30,79	39,79	10,24	8,94	13,74	16,94	16,78	19,72	**	11,74	53,68
<b>Cacho (mg/kg)</b>												
Cu	13,08	15,67	17,32	13,35	8,84	11,48	11,78	12,45	12,99	ns	8,73	20,03
Zn	9,15	14,70	20,19	12,79	7,73	11,42	14,99	11,99	12,87	**	12,33	30,04
Fe	64,98	89,25	113,38	75,37	44,76	108,38	69,02	78,15	80,41	o	71,55	28,27
Mn	6,84	10,39	12,72	12,39	2,78	9,02	17,17	17,36	11,08	ns	21,69	44,79
B	12,63	16,68	19,06	7,99	5,42	7,68	11,07	11,89	11,55	**	6,73	40,01

(conclusão)

Nutriente	AM-26	AM-05	PL-10	PL-23	AM-31	PL-18	AM-20	TENERA	Média	<sup>2/</sup> F	<sup>3/</sup> DMS	<sup>3/</sup> CV (%)
<b>Parte aérea (mg/kg)</b>												
Cu	10,10	13,02	17,37	8,06	9,34	9,25	11,43	9,46	11,00	**	7,44	27,16
Zn	29,08	28,82	45,59	41,37	29,00	37,92	43,35	26,30	35,18	°	23,97	21,90
Fe	89,92	120,41	153,31	97,94	67,12	75,27	65,42	80,27	93,71	*	80,43	32,08
Mn	293,56	265,15	328,79	146,97	190,15	147,39	154,61	177,51	213,02	**	140,09	33,89
B	19,31	34,33	44,77	10,09	9,47	11,18	14,55	14,48	19,77	**	12,42	65,28

<sup>1/</sup>média de teor em quatro palmeiras por material genético; <sup>2/</sup>ns, \*, \*\*, ° : não significativo, significativo a 5 %, 1% e 10 % respectivamente; <sup>3/</sup> diferença mínima significativa por Tukey a 5 %; <sup>4/</sup>coeficiente de variação de médias de material genético.  
 Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

Já para os menores teores nesse componente, observa-se que o clone PL-23 foi o material com menor teor de Cu e um dos materiais com menor teor de Mn e o B, para o Zn o seminal TENERA e para o Fe foi o clone AM-20 um dos materiais com menor teor. Logo, os materiais genéticos em destaque apresentaram o maior valor de CUBc, o que evidencia ser estes materiais aqueles que utilizam de maneira mais eficiente tais nutrientes para produção de biomassa de copa.

Na inflorescência, os materiais genéticos diferiram estaticamente quanto as concentrações de Cu, Zn, Fe e o B, exceto para o Mn. Para o Cu, Fe e o B foi o clone PL-10 que apresentou os maiores teores, para o Mn foi o clone PL-18 um dos materiais que apresentou o maior teor, já para o Zn foi o seminal TENERA que apresentou o maior teor. Quanto aos menores teores, o clone PL-23 apresentou os menores teores para Fe, Mn e o B, para o Cu foi o seminal TENERA e para o Zn o clone AM-26. Portanto, esses materiais genéticos apresentaram os maiores CUBc, o que evidencia ser estes materiais aqueles mais eficientes em utilizar tais micronutrientes para a produção de inflorescência.

No estipe, observa-se que o material genético PL-10 apresentou teor superior de Cu e B e o clone AM-05 apresentou teor superior de Mn, para os demais micronutrientes não houve diferença significativa entre os materiais. Já quanto o menor teor, somente houve diferença significativa para o Mn, sendo que o clone PL-23 destacou-se como aquele com menor teor. Logo, o PL-23 apresentou o maior CUBc, sendo considerado o clone com utilização mais eficiente para a produção de estipe. Também apresentou-se como mais eficiente para a produção de copa.

Para o componente cacho, os materiais genéticos apresentaram diferença significativa somente para os micronutrientes Zn e o B, sendo o clone PL-10 o material superior no teor desses nutrientes e o que apresentou o menor teor foi o clone AM-31. Assim, o clone AM-31 apresentou o maior valor de CUBc, sendo um dos mais eficiente em utilizar tais nutrientes para a produção de cacho.

Por fim, observa-se que em cada compartimento vegetal um material genético apresentou eficiência em utilizar diferentes macro e micronutrientes comprovando que cada material genético apresenta uma demanda específica e que esta pode variar em função da idade, origem, condições edafoclimáticas, dentre outras (FAIRHURST; MUTERT, 1999). Logo, a partir deste estudo poderemos utilizar os valores obtidos do índice de eficiência nutricional (CUBc) de cada material como base para a demanda nutricional de cada material genético avaliado e assim elaborar uma recomendação

de nutrientes mais eficiente e específica, além disso também podemos utilizar o índice como uma ferramenta para predição de respostas produtivas da planta e na adoção de técnicas de manejo.

Ainda sobre os teores de micronutrientes nos diferentes compartimentos em função dos materiais, os altos teores de Mn e o Fe, como mencionado anteriormente, chamam atenção e devem ser investigados. Assim, como foi realizado com os teores de macronutrientes, a avaliação do estado nutricional desses materiais será realizada por meio da comparação dos teores médios da copa com os valores da faixa de suficiência e níveis críticos estabelecidos por Neves (2016 citado por Sousa, 2020) e por Teixeira (2018) para materiais Deli x Lamé cultivados na mesma região de cultivo dos materiais avaliados neste trabalho (Quadro 4).

Quadro 4. Comparação entre as faixas de suficiência e os teores foliares de micronutrientes em plantas de palma-de-óleo

Fonte	Cu	Zn	Fe	Mn	B
	.....mg/kg.....				
Neves (2016 citado por Sousa, 2020)	1,8 - 3,6	7,1 - 11,2	-	-	7,0 - 12,3
Teixeira (2018)	4,7 - 6,5	13,9 - 20,0	90,8 - 192,9	105,1 - 314,7	8,6 - 14,7
Este trabalho	<b>8,3</b>	<b>18,6</b>	<b>112,7</b>	<b>336,8</b>	<b>23,1</b>

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Conforme nota-se no Quadro 4, somente os valores de Zn e Fe estão dentro dos limites da faixa de suficiência estabelecida por Teixeira (2018), enquanto que os teores de Cu e B quando comparado com os limites da faixa de suficiência estabelecida por ambos os autores, observa-se que os valores dos teores de tais nutrientes estão acima do limite superior, inferindo um possível excesso. Já o teor de Mn quando comparado com os limites da faixa de suficiência estabelecido por Teixeira (2018), verifica-se que o teor de Mn deste trabalho está acima do limite superior estabelecido pelo autor, evidenciando um possível excesso.

Uma possível causa destes valores altos do teor de Mn foi apresentada por Viégas (1993). O autor explica que os altos teores de Mn observados em seu estudo poderiam estar relacionados com a condição do solo da região de cultivo, o que também pode justificar os resultados obtidos no presente estudo. Quanto aos teores

de Cu e B, podem estar relacionados com a alta exigência nutricional dos materiais clonais, já que tais nutrientes são de grande importância para a cultura.

A palma-de-óleo é considerada uma das culturas mais sensíveis à deficiência de B e altamente responsivas à aplicação do B (SHORROCKS, 1997) A deficiência severa desse nutriente pode causar diminuição do índice de área foliar da planta, diminuição do número de cachos e da produtividade (GOH *et al.*, 1997). Já o micronutriente Cu garante o funcionamento normal do fluxo fotossintético de elétrons, o que irá garantir a fixação de CO<sub>2</sub> e a produção de fotoassimilados, garantindo assim fonte de carbono (C) para a biossíntese de óleo nos frutos (HÄNSCH; MENDEL, 2009).

### **3.3. Acúmulo e partição do conteúdo de nutrientes nos compartimentos vegetais**

#### **3.3.1. Macronutrientes**

Os resultados da taxa média de acumulação de macronutrientes nos diferentes componentes vegetais em função dos materiais genéticos são apresentados na Tabela 5.

Observa-se que a taxa média de acumulação de macronutrientes nos diferentes componentes vegetais variou entre os materiais genéticos, observa-se, ainda que a sequência de taxa média de acumulação de macronutrientes foi: copa > cacho > estipe > inflorescência.

Na parte aérea, os materiais genéticos diferiram estatisticamente quanto a taxa média de acumulação para a maioria dos macronutrientes, exceto para o K. Dentre os materiais genéticos avaliados, o clone PL-10 foi aquele que mais se destacou quanto ao acúmulo de macronutrientes, pois apresentou a maior taxa média de acumulação para o P, Ca, Mg e o S, já o clone AM-26 apresentou a maior taxa média de acumulação de N.

A copa foi o componente da parte aérea que acumulou mais macronutrientes e seguiu a sequência N > Ca > K > Mg > P > S. Vê-se que os materiais genéticos diferiram entre si para todas as taxas médias de acumulação dos macronutrientes. O clone AM-26 apresentou a maior taxa média de acumulação para o N e o clone PL-18 para o K, enquanto que para os demais macronutrientes foi o clone PL-10.

Para o componente cacho observa-se a seguinte sequência:  $K > N > Ca > Mg > P > S$ . Quanto a taxa de acumulação de nutrientes no cacho, observa-se que houve diferença significativa entre os materiais genéticos, exceto para o P e o Mg.

Para o componente cacho observa-se a seguinte sequência:  $K > N > Ca > Mg > P > S$ . Quanto a taxa de acumulação de nutrientes no cacho, observa-se que houve diferença significativa entre os materiais genéticos, exceto para o P e o Mg. As maiores taxa média de acumulação de N, P, Ca, Mg e de S foram do clone PL-10, já o clone AM-05 foi superior na taxa média de acumulação de K.

No componente estipe, as maiores taxas de acumulação nesse componente foram de N e de K, entretanto observa-se que houve efeito significativo de material genético, somente para o N e o P. O clone PL-20 foi aquele superior na taxa média de acumulação de N e o PL-18 superior na taxa de P.

Para a inflorescência observa-se que este componente foi o que acumulou menor quantidade de macronutrientes quando comparado com os demais componentes vegetais. A ordem de taxa média de acumulação dos macronutrientes foi:  $N > K > Mg > Ca > P > S$ . Dentre os materiais genéticos avaliados, somente o clone PL-18 foi superior para a taxa média de acumulação de N e de P, quanto os demais macronutrientes não houve diferença significativa entre os materiais genéticos.

Ainda sobre conteúdo de nutrientes na parte aérea da planta, este parâmetro pode ser um indicador da eficiência de absorção de nutrientes, ou seja, nos fornece uma estimativa da quantidade de nutrientes absorvidos pelos materiais genéticos avaliados, ainda que não dê visibilidade aos mecanismos envolvidos, permite fazer uma comparação entre os materiais genéticos e elencar quais são os mais eficientes em absorver determinados nutrientes. Essa consideração só é válida com materiais genéticos que tenham sido cultivados em uma mesma condição de sítio (clima, relevo e solo) e de manejo, como foi feito nesse trabalho (ARAUJO, 2000).

Assim os materiais genéticos que apresentaram os maiores conteúdos de nutrientes na parte aérea foram os que apresentaram maior eficiência de absorção, ou seja, apresentaram maior capacidade de extrair nutrientes do meio de cultivo por meio do sistema radicular.

Nesse estudo observa-se que houve uma variação de eficiência de absorção entre os materiais genéticos e que houve efeito do material genético para todos os macronutrientes, exceto para o K. Nesse sentido, o efeito não significativo de material.

Tabela 5. Taxa média<sup>1/</sup> de acumulação de macronutrientes nos diferentes compartimentos vegetais em função dos materiais genéticos de palma-de-óleo

Nutriente										(continua)		
	AM-26	AM-05	PL-10	PL-23	AM-31	PL-18	AM-20	TENERA	Média	<sup>2/</sup> F	<sup>3/</sup> DMS	<sup>3/</sup> CV (%)
<b>Copa (g/pla/ano)</b>												
N	438,54	358,03	338,41	297,07	382,02	372,95	408,34	338,06	366,68	°	135,61	12,07
P	29,13	36,22	42,49	18,49	31,40	32,06	27,84	24,37	30,25	**	14,11	24,03
K	136,74	116,87	74,20	105,07	124,90	150,55	139,26	98,29	118,24	*	73,67	21,17
Ca	170,56	143,86	216,66	92,76	108,11	81,38	96,59	105,57	126,93	**	75,41	36,73
Mg	64,70	74,24	96,37	47,76	45,73	45,31	56,45	40,50	58,88	**	34,40	32,09
S	31,92	38,71	46,82	19,35	25,55	23,78	29,62	24,18	29,99	**	15,14	30,04
<b>Inflorescência (g/pla/ano)</b>												
N	5,09	6,24	5,33	5,60	7,53	7,56	6,17	4,94	6,06	**	2,53	16,97
P	1,16	1,19	1,44	0,90	1,68	1,67	1,26	0,99	1,29	**	0,61	22,46
K	7,33	6,07	4,50	4,47	6,32	5,42	6,93	5,07	5,76	*	2,96	18,67
Ca	1,54	1,73	1,63	1,24	1,75	2,28	1,82	1,50	1,69	ns	1,04	17,74
Mg	1,73	1,59	2,19	1,32	1,74	2,01	1,84	1,16	1,70	ns	1,48	20,00
S	0,54	0,63	0,68	0,46	0,72	0,67	0,53	0,52	0,59	°	0,30	15,64
<b>Estipe (g/pla/ano)</b>												
N	9,09	11,38	10,08	6,57	11,69	11,08	14,38	10,75	10,63	**	4,79	21,07
P	1,76	1,78	2,51	1,27	2,07	2,73	2,58	2,30	2,12	*	1,41	23,49
K	11,16	10,37	8,74	8,35	11,06	10,81	10,55	9,96	10,13	ns	4,59	10,40
Ca	3,40	2,16	3,69	2,00	2,57	2,77	2,73	2,94	2,78	ns	2,39	20,48
Mg	3,70	3,24	5,35	2,68	3,32	3,89	5,20	3,42	3,85	ns	3,32	24,72
S	1,08	1,19	1,47	0,91	1,18	1,38	1,46	1,39	1,26	ns	0,76	16,01

Nutriente											(conclusão)	
	AM-26	AM-05	PL-10	PL-23	AM-31	PL-18	AM-20	TENERA	Média	F	DMS	CV (%)
<b>Parte aérea (g/pla/ano)</b>												
N	8,61	15,82	16,30	5,92	9,12	11,67	9,66	13,06	11,27	*	10,36	32,23
P	1,23	2,48	5,73	0,73	2,01	2,46	1,52	2,20	2,30	ns	6,35	66,05
K	15,91	28,87	21,64	8,99	19,01	17,43	17,36	24,78	19,25	**	10,41	31,19
Ca	1,67	3,01	4,58	0,90	2,26	3,59	2,58	2,78	2,67	°	3,63	42,28
Mg	1,65	3,16	5,73	0,99	2,32	2,74	2,13	2,44	2,65	ns	5,74	53,32
S	1,10	1,79	2,77	0,50	1,04	1,34	1,11	1,51	1,40	°	2,04	48,13
<b>Parte aérea (g/pla/ano)</b>												
N	461,33	391,47	370,13	315,17	410,35	403,25	438,54	366,81	394,63	°	138,35	11,49
P	33,29	41,67	52,17	21,39	37,15	38,92	33,20	29,87	35,96	**	16,96	25,09
K	171,14	162,19	109,09	126,87	161,30	184,22	174,10	138,10	153,38	°	81,17	16,95
Ca	177,17	150,76	226,56	96,90	114,70	90,01	103,72	112,79	134,08	**	74,75	35,39
Mg	71,78	82,23	109,64	52,74	53,11	53,96	65,63	47,51	67,08	**	35,5	30,97
S	34,65	42,31	51,75	21,22	28,48	27,17	32,72	27,60	33,24	**	15,63	29,28

<sup>1/</sup>média de quatro palmeiras por material genético; <sup>2/</sup>ns, \*, \*\*, ° : não significativo , significativo a 5 %, 1 % e 10 % respectivamente;

<sup>3/</sup> diferença mínima significativa por Tukey a 5 %; <sup>4/</sup> coeficiente de variação de médias de material genético

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

genético para o macronutriente K na parte aérea é indicativo de que a eficiência de absorção de K dos materiais genéticos são semelhantes. Assim, para os demais macronutrientes, observa-se que os clones que mais se destacaram foram: clone AM-26 para o N e o clone PL-10 para o P, Ca, Mg e o S. Portanto, fica evidenciado que os clones com os maiores acúmulos de macronutrientes na parte aérea, foram os mais eficientes em absorver tais nutrientes.

Logo esse comportamento diferenciado de certos materiais genéticos, quanto ao crescimento das plantas sob a mesma condição de sítio e manejo pode indicar diferenças nos fatores internos responsáveis pela eficiência nutricional destes materiais, como será discutido mais adiante.

Quanto à partição, em termos de médias dos clones avaliados entre os componentes de parte aérea, observa-se a sequência decrescente dos compartimentos vegetais: copa > estipe > cacho > inflorescência.

Ao comparar os macronutrientes quanto à partição (%) para a copa, com base nas médias dos clones avaliados, tem-se as respectivas partições: Ca (94,07%), N (92,80%), S (89,96%), Mg (87,30%), P (84,38%) e o K (75,87%). Os resultados obtidos nesse trabalho indicam que a copa concentra a maior parte do acúmulo de macronutrientes para a parte aérea (Tabela 6). Analisando as partições de macronutrientes com base na Tabela 6, vê-se que efeitos significativos para material genético foram apenas para os macronutrientes o N, K e o Ca e para o P, Mg e o S não houve diferença significativa entre os materiais genéticos.

A copa é considerada o principal armazenador dos macronutrientes dos materiais genéticos de palma-de-óleo e que por ocasião da poda e do corte de folha para colheita dos cachos, estes nutrientes são extraídos da planta. Entretanto, o manejo desses resíduos vegetais no campo funciona como repositório de nutrientes e também um adicional na fertilização dos solos em cultivo. Desse modo, justifica-se a prática de deixar as folhas no empilhamento e ao redor das palmeiras após a limpeza "poda", pois além do incremento de nutrientes minerais, auxilia na sustentabilidade da produção (GOH; HÄRDTER; FAIRHURST, 2003).

O armazenamento dos macronutrientes o N, P, K e o Mg, na copa está relacionado com as suas funções nesse componente, pois são extremamente importantes para os órgãos fotossintéticos como as folhas (OLLIVIER *et al.*, 2017).

O N é o nutriente mineral que as plantas requerem em maiores quantidades, cerca de 1 a 5% da matéria seca total da planta consiste em N. Ele é essencial e

constituente de muitos componentes celulares vegetais, incluindo clorofila, aminoácidos e ácidos nucléicos (FERNANDES, 2006). O N possui função determinante em componentes fotossintéticos como a folha, pois o nutriente está envolvido na síntese de clorofila e da atividade da rubisco. Em plantas C3 como a palma-de-óleo, para que ocorra a assimilação de CO<sub>2</sub>, estas necessitam de aproximadamente 70 % de N alocados nos cloroplastos, já que necessitam de maior quantidade de rubisco para executar certa fixação de CO<sub>2</sub>. e além disso a clorofila é essencial para que ocorra o processo fotossintético (BREURE, 2003; TAIZ *et al.*, 2017). Assim, ao proporcionar o aumento da taxa de assimilação bruta de carbono, o N estimula o aumento da área foliar, o que reduz o tempo de fechamento do dossel, promovendo uma taxa de crescimento ótimo das folhas (BREURE, 2003).

Já a marcante partição de P na copa, também foi verificada por Viégas (1993). No estudo conduzido pelo autor a copa apresentou marcante partição de P até o quinto ano de plantio, idade semelhante dos materiais genéticos em estudo, os quais apresentam faixa etária de 4 e 5 anos. A partir do sexto ano de cultivo, a alocação do nutriente passa a ser marcante no estipe. Essa superioridade de partição do P na copa da planta, pode estar relacionada com a sua função fisiológica na planta, já que o P faz parte da composição chave do ATP, composto chave para a transferência de energia, sendo essencial para a fotossíntese, translocação e muitos outros processos metabólicos de relevância que de certo modo contribuem para biossíntese lipídica (MARSCHNER, 2012; TIEMANN *et al.*, 2018).

Outro nutriente presente na copa com marcante partição é o K, evidenciando o que foi encontrado por Viegas (2003). O autor ao avaliar o conteúdo de K nos componentes vegetais, observa-se que o K possui uma maior alocação do nutriente na copa até o 5º ano de plantio, a partir desse período a alocação do nutriente passa a ser maior no estipe. O armazenamento de K na copa chama atenção e provavelmente o nutriente esteja armazenado em maior quantidade nos componentes da folha, como pecíolo, já que este tende a acumular mais o nutriente do que os folíolos, atribuindo ao pecíolo a qualidade de principal armazenador de K (VIÉGAS, 1993).

Já o Mg juntamente com o K é um dos nutrientes mais exigidos pela palma-de-óleo, sua alocação na copa está relacionada com a sua função na planta, pois é um dos responsáveis pelo funcionamento do metabolismo da planta, além disso é ativador de reações enzimáticas, como as de transferência de fosfato ou nucleotídeos

(fosfatases, ATPases e sintetases, dentre outras). O nutriente também apresenta papel estrutural como um dos constituintes da molécula de clorofila, além de influenciar o movimento de carboidratos das folhas para outras partes da planta e estimula a captação e transporte de P na planta (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

Já o Ca e o S, também apresentam importantes funções na planta. O Ca está presente em todas as células da planta, até mesmo em tecidos menos ativo (NÄSHOLM *et al.*, 2009; WHITE; BROADLEY, 2003).

O Ca é pouco móvel e geralmente acumula-se nos tecidos mais velhos da planta, se destaca por ser um nutriente estrutural, o qual está relacionado com à integridade das membranas, crescimento das raízes e apresenta funções de grande importância na síntese de novas paredes celulares, em particular na formação da lamela média, permitindo assim, a ligação entre células adjacentes e a estabilidade dessas estruturas (TAIZ *et al.*, 2017). Além disso, o Ca tem papel sinalizador, atuando como mensageiro secundário que inicia as respostas vegetais aos estímulos ambientais (TAIZ *et al.*, 2017).

Já o papel de maior importância do S para a cultura está relacionado com a formação dos frutos e síntese de óleo. O S é um nutriente estrutural de coenzimas que são requeridas para a formação de ácidos graxos de cadeia longa, os quais são necessários para a síntese de óleo, mesocarpo e amêndoa (GOH; HÄRDTER; FAIRHURST, 2003; MARSCHNER, 2012).

Em relação a partição média do conteúdo de nutrientes na inflorescência, foi o componente que apresentou a menor partição média de macronutrientes apresentando K (3,38%), P (3,71%), Mg (2,69%), S (1,91%), N (1,55%) e Ca (1,45%). Observa-se que houve efeito significativo de material genético para o N, P, Ca e S, exceto K. Os clones que mais se destacaram para partição de tais nutrientes foram: PL-18 para o N e o Ca, AM-31 para o P e o S.

Dentre os macronutrientes alocados na inflorescência, o P apresenta uma importância fundamental para as inflorescências masculinas. O nutriente está relacionado com a formação das inflorescências e na reprodução da palma-de-óleo, evidenciando-se que o P é indispensável para a cultura da palma-de-óleo (VIÉGAS, 1993).

Tabela 6. Partição média<sup>1/</sup> do conteúdo de macronutrientes nos diferentes compartimentos vegetais em função dos materiais genéticos de palma-de-óleo

Nutriente	AM-26	AM-05	PL-10	PL-23	AM-31	PL-18	AM-20	TENERA	Média	<sup>2/</sup> F	<sup>3/</sup> DMS	<sup>3/</sup> CV (%)
<b>Copa (%)</b>												
N	95,08	91,22	91,28	94,11	93,07	92,46	93,02	92,15	92,80	*	3,57	1,43
P	87,62	86,19	82,86	86,17	84,51	82,40	83,86	81,43	84,38	ns	10,65	2,54
K	79,89	68,05	66,61	82,28	77,46	81,81	79,96	70,88	75,87	**	14,05	8,39
Ca	96,30	94,76	95,40	95,58	94,18	90,03	92,85	93,45	94,07	*	5,00	2,11
Mg	90,11	89,54	88,01	90,45	86,13	83,68	85,52	84,99	87,30	ns	9,09	2,95
S	92,14	90,75	90,48	91,10	89,68	87,47	90,55	87,55	89,96	ns	14,05	1,85
<b>Inflorescência (%)</b>												
N	1,11	1,57	1,42	1,81	1,84	1,88	1,42	1,35	1,55	**	0,44	17,68
P	3,48	3,15	2,82	4,30	4,51	4,30	3,76	3,34	3,71	*	1,68	16,54
K	4,33	4,43	4,04	3,68	3,92	2,93	3,96	3,74	3,88	ns	2,53	11,96
Ca	0,86	1,34	0,78	1,33	1,54	2,60	1,77	1,37	1,45	**	1,14	39,27
Mg	2,40	2,21	2,04	2,55	3,27	3,76	2,83	2,48	2,69	°	1,88	21,31
S	1,56	1,66	1,36	2,21	2,53	2,46	1,61	1,89	1,91	**	0,97	23,04
<b>Estipe (%)</b>												
N	1,98	2,98	2,79	2,13	2,85	2,70	3,31	2,92	2,71	*	1,24	16,40
P	5,32	4,39	4,74	5,99	5,57	6,95	7,80	7,66	6,05	**	2,97	21,37
K	6,52	7,29	8,42	6,70	6,88	5,89	6,14	7,29	6,89	ns	4,33	11,52
Ca	1,90	1,66	1,67	2,07	2,30	3,12	2,68	2,62	2,25	°	1,61	23,29
Mg	5,20	3,96	4,92	5,04	6,25	7,20	8,09	7,19	5,98	*	3,85	23,81
S	3,14	3,01	2,85	4,28	4,14	5,04	4,44	5,05	3,99	**	1,80	22,21
<b>Cacho (%)</b>												
N	1,83	4,23	4,50	1,95	2,24	2,96	2,25	3,58	2,94	°	3,21	35,62
P	3,57	6,27	9,59	3,53	5,41	6,34	4,59	7,56	5,86	ns	9,66	35,14
K	9,26	20,23	20,94	7,33	11,75	9,38	9,94	18,10	13,37	**	9,11	41,02
Ca	0,93	2,25	2,15	1,02	1,97	4,24	2,70	2,56	2,23	*	2,97	46,78
Mg	2,30	4,29	5,02	1,96	4,36	5,35	3,56	5,34	4,02	ns	5,91	32,71
S	3,15	4,59	5,31	2,41	3,65	5,03	3,41	5,50	4,13	ns	4,06	27,38

<sup>1/</sup>média de quatro palmeiras por material genético; <sup>2/</sup>ns, \*, \*\*, ° : não significativo, significativo a 5%, 1% e 10% respectivamente; <sup>3/</sup> diferença mínima significativa por Tukey a 5%; <sup>4/</sup>coeficiente de variação de médias de material genético.

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

Quanto á partição de macronutrientes no estipe, vê-se efeito significativo de material genético para o N, P, Mg e o S, para o Ca e o K não se observou significância.

Para o componente cacho, verifica-se efeito significativo do material genético somente para o P e o K. A massa fresca do cacho é muito utilizada como aporte de nutrientes ao solo. A prática da distribuição de cachos vazios ao redor da palmeira é muito comum entre as empresas extratoras de óleo. Segundo Sung, (2016), os cachos vazios são responsáveis por fornecer diferentes nutrientes, com uma contribuição maior de K, o que pode ser evidenciado no resultado desse trabalho. Pois, ao avaliar a partição dos macronutrientes (%) e as médias entre os clones avaliados na parte aérea, observa-se cerca de (13,37%) do K acumulado neste componente, provém do cacho, enquanto que para a partição média dos demais macronutrientes verifica-se: P (5,86%), S (4,13%), Mg (4,02%), N (2,94%) e Ca (2,23%).

### **3.3.2. Micronutrientes**

O acúmulo de micronutrientes nos diferentes compartimentos vegetais dos materiais genéticos avaliados seguiu a mesma sequência do que o macronutrientes. Ao comparar o conteúdo de micronutrientes entre os componentes de parte aérea, e com base nas médias entre os materiais genéticos avaliados, a sequência de acúmulo de micronutrientes foi: copa > estipe > cacho > inflorescência (Tabela 7).

Na parte aérea observa-se que os micronutrientes que encontram-se em maior quantidade nesse componente é o Mn e Fe, o que pode ser evidenciado na seguinte sequência: Mn > Fe > Zn > B > Cu. Vê-se que os materiais genéticos apresentaram diferença significativa em relação às taxas médias de acumulação dos micronutrientes, exceto para o Zn.

Quanto ao acúmulo de micronutrientes na parte aérea, o PL-10 é o que apresentou os maiores valores de acumulação média para o Cu, Fe, Mn e o B.

A copa foi o componente que mais acumulou micronutrientes e seguiu a sequência: Fe > Mn > B > Zn > Cu. E quando se compara a taxa média de acumulação entre os materiais genéticos avaliados, observa-se que o clone PL-10 foi o material genético que mais acumulou micronutrientes na copa, exceto para o Fe, em que não houve efeito significativo de clone.

Tabela 7. Taxa média<sup>1/</sup> de acumulação de micronutrientes nos diferentes compartimentos vegetais em função dos materiais genéticos de palma-de-óleo

(continuação)

Nutriente	AM-26	AM-05	PL-10	PL-23	AM-31	PL-18	AM-20	TENERA	Média	<sup>2/</sup> F	<sup>3/</sup> DMS	<sup>3/</sup> CV (%)
	<b>Copa (mg/pla/ano)</b>											
Cu	121,50	184,90	207,40	65,50	93,57	102,34	110,82	78,49	120,57	**	98,98	41,63
Zn	260,68	360,63	398,01	179,48	216,31	303,27	315,26	146,11	272,47	**	257,19	32,30
Fe	1865,11	2418,62	2867,36	1604,06	1191,00	1035,18	1004,16	1186,53	1646,50	*	1883,85	41,96
Mn	7578,15	6188,30	7738,77	2888,31	4536,48	3442,45	3713,05	3627,39	4964,11	**	3211,28	38,97
B	365,35	639,48	820,80	134,10	158,95	166,34	231,45	189,45	338,24	**	283,13	75,89
<b>Inflorescência (mg/pla/ano)</b>												
Cu	5,61	5,73	7,62	4,37	5,73	6,65	5,24	4,26	5,65	*	3,10	19,62
Zn	10,64	15,79	13,70	10,86	15,71	17,87	16,44	9,85	13,86	*	7,78	22,06
Fe	31,84	33,71	48,53	11,75	22,74	28,47	28,19	14,55	27,47	*	33,34	42,17
Mn	22,40	26,46	28,29	12,93	22,33	32,00	22,74	20,87	23,50	ns	23,07	24,16
B	9,60	13,15	16,95	3,71	5,85	4,73	6,42	5,82	8,28	**	8,06	55,81
<b>Estipe (mg/pla/ano)</b>												
Cu	142,83	127,79	210,10	89,14	131,39	123,63	177,27	121,41	140,45	*	100,87	26,55
Zn	535,74	341,27	708,31	648,77	488,05	638,76	788,05	417,72	570,83	ns	602,01	26,57
Fe	505,41	525,63	808,88	474,41	450,97	820,16	650,16	524,56	595,02	ns	632,12	24,81
Mn	256,17	399,46	286,79	78,88	196,51	235,83	302,45	271,86	253,50	°	292,84	36,28
B	139,02	200,87	261,42	63,79	70,48	110,84	138,83	104,84	136,26	**	99,93	48,89
<b>Cacho (mg/pla/ano)</b>												
Cu	39,52	73,26	95,92	19,97	28,08	42,12	33,28	53,66	48,23	*	65,43	52,41
Zn	27,50	67,37	121,47	19,47	24,38	42,34	42,47	48,96	49,25	°	102,60	66,98
Fe	184,36	408,05	640,67	115,52	142,45	379,81	194,85	329,84	299,44	*	483,69	58,97
Mn	18,80	39,31	57,01	5,90	18,41	38,74	19,67	26,29	28,02	°	52,97	57,59
B	37,41	77,27	108,69	12,20	17,22	27,21	31,72	50,84	136,26	*	72,20	48,89

(conclusão)

Parte aérea (mg/pla/ano)												
Cu	309,46	391,67	521,04	178,99	258,78	274,74	326,61	257,82	314,89	**	210,88	32,88
Zn	834,56	785,07	1241,49	858,59	744,45	1002,24	1162,22	622,64	906,41	ns	721,48	23,43
Fe	2586,72	3386,01	4365,44	2205,74	1807,17	2263,63	1877,37	2055,47	2568,44	**	2138,90	34,33
Mn	7875,52	6653,53	8110,85	2986,03	4773,72	3749,03	4057,92	3946,41	5269,13	**	3139,29	37,80
B	551,39	930,76	1207,85	213,80	252,50	309,13	408,42	350,95	528,10	**	292,40	67,64

<sup>1/</sup>média de quatro palmeiras por material genético; <sup>2/</sup>ns, \*, \*\*, ° : não significativo, significativo a 5%, 1% e 10% respectivamente;

<sup>3/</sup> diferença mínima significativa por Tukey a 5%; <sup>4/</sup> coeficiente de variação de médias de material genético

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

No componente inflorescência as taxas médias de acumulação para todos os micronutrientes dos diferentes materiais genéticos avaliados foram baixas quando comparada com os demais componentes vegetais. A sequência de acúmulo de micronutriente na inflorescência foi: Fe > Mn > B > Zn > Cu. O clone PL-10 novamente apresentou as maiores taxas médias de acumulação de nutrientes na inflorescência quando comparado com os demais materiais genéticos, apresentando maior acúmulo de Fe, B e Cu, em contrapartida o PL18 apresentou maior acúmulo de Zn. E para o Mn não houve efeito significativo de material genético.

Quanto ao acúmulo de micronutrientes no estipe, a sequência foi: Fe > Zn > Mn > Cu > B. Ao comparar a taxa média de acumulação de nutrientes entre os materiais genéticos, observa-se que o clone PL-10 foi que apresentou os maiores valores para o acúmulo dos micronutrientes o Cu e o B, para os demais micronutrientes não se observou efeito do material genético.

Já para o componente cacho, a sequência de acumulação de micronutrientes nesse componente foi: Fe > B > Zn > Cu > Mn. Para este componente, o clone que mais destacou entre os demais foi o clone PL-10, o qual apresentou as maiores acumulações de Cu, Fe e o B. Para o restante dos micronutrientes não houve diferença significativa entre os materiais genéticos.

Por fim, ao relacionar a taxa de acumulação da parte aérea com a absorção de nutrientes, observa-se que os materiais genéticos que mais apresentaram acúmulo de micronutrientes na parte aérea foram: PL-10 para a maioria dos micronutrientes (Cu, Fe, Mn e B), exceto para Zn. Evidenciando que o clone PL-10 com os maiores acúmulos de micronutrientes, também terá a maior absorção de nutrientes, destacando-se como o material mais eficiente na absorção tais nutrientes.

Analisando as partições de micronutrientes nos diferentes componentes da parte aérea dos materiais genéticos de palma-de-óleo com base na Tabela 8, vê-se em termos de média, que a partição de micronutrientes variou entre os compartimentos vegetais e segue a ordem decrescente: copa > estipe > cacho > inflorescência. Conforme observa-se na ordem, a copa foi o compartimento vegetal que mais imobilizou micronutrientes e ao comparar-se os micronutrientes quanto à partição (%) pela média dos materiais genéticos, tem-se: Mn (93,51%), Fe (62,17%), B (61,49%), Zn (31,48%) e o Cu (37,75%). Quanto à partição de micronutrientes na copa, vê-se que houve efeito de material genético somente o Cu e o Zn, para os demais micronutrientes, os materiais genéticos nos diferem estaticamente entre si.

Dentre os micronutrientes imobilizados na copa, observa-se que o Mn, foi o que apresentou maior acúmulo, evidenciando que a sua maior alocação nesse compartimento vegetal pode estar associada a sua função na copa da planta ou à sua disponibilidade no solo. De acordo com (GOH; HÄRDTER; FAIRHURST, 2003), há um grande acúmulo de Mn nas folhas da palma-de-óleo e o micronutriente está envolvido em diversos processos fisiológicos, sendo um dos responsáveis pelo transporte de elétrons, no processo fotossintético das plantas (HÄNSCH; MENDEL, 2009; KIRKBY; RÖMHELD, 2007;). Além disso, é um dos constituintes na ativação de enzima que catalisa a síntese de proteínas, carboidratos e lipídios (TAIZ *et al.*, 2017). Quanto ao relacionamento entre o maior teor de Mn na copa dos materiais genéticos e a disponibilidade deste nutriente no solo, esta informação deve ser investigada, já que o solo de cultivo dos materiais genéticos se encontram em um região em que há alta incidências de chuvas, o que favorece o excesso de umidade no solo, alterando assim características químicas do solo como o pH, o qual possui relação direta com a disponibilidade de Mn no solo.

O segundo micronutriente com maior alocação na copa é o Fe, este nutriente desempenha uma das funções chaves para a cultura da palma, pois a capacidade fotossintética dessas plantas depende da nutrição equilibrada de alguns nutrientes e entre eles está o Fe (HÄNSCH; MENDEL, 2009). Este micronutriente é essencial para estruturar e funcionar a cadeia de transporte de elétrons dos cloroplastos e das mitocôndrias proporcionando uma alta capacidade fotossintética. Esta alta capacidade fotossintética juntamente com uma remobilização eficiente dos carboidratos armazenados são responsáveis pelo rendimento relativo alto e constante de cachos na palma-de-óleo e sustentam o desenvolvimento dos frutos (CORLEY, TINKER, 2016; LAMADE *et al.*, 2016).

O terceiro micronutriente com maior alocação na copa foi o zinco, este nutriente é um dos responsáveis pelo aumento da produção da palma-de-óleo (FERRAND *et al.* 1951, citado por VIÉGAS, 1993). É também responsável pela estimulação do desenvolvimento e do alongamento das partes jovens da planta, o que proporciona uma emissão de folhas de forma mais espaçada por espiral, o que irá garantir um espaçamento suficientemente elevado para o crescimento normal do cacho e dos frutos, sem que haja uma má formação do mesmo, ou que ele se desenvolva de forma pressionado pelos pecíolos das folhas (MALAVOLTA, 2006).

Outro micronutriente presente na copa de grande importância para a cultura da palma é o B. Sua maior alocação na copa também tem relação com sua função nas plantas.

Tabela 8. Partição média<sup>1/</sup> do conteúdo de micronutrientes nos diferentes compartimentos vegetais em função dos materiais genéticos de palma-de-óleo

Nutriente	AM-26	AM-05	PL-10	PL-23	AM-31	PL-18	AM-20	TENERA	Média	F <sup>2/</sup>	DMS <sup>3/</sup>	CV (%) <sup>4/</sup>
<b>Copa (%)</b>												
Cu	40,10	45,16	41,28	36,16	36,40	37,58	34,20	31,09	37,75	°	13,31	11,60
Zn	35,13	47,85	35,74	22,06	30,02	28,61	27,73	24,73	31,48	°	25,67	25,69
Fe	70,84	69,83	66,49	64,57	65,97	47,34	53,32	59,00	62,17	*	24,75	13,33
Mn	96,27	91,39	95,24	96,22	94,99	91,22	91,09	91,68	93,51	ns	8,09	2,53
B	66,37	67,13	68,84	62,08	62,75	54,19	56,60	53,95	61,49	*	15,28	9,63
<b>Inflorescência (%)</b>												
Cu	1,86	1,67	1,48	2,50	2,23	2,42	1,60	1,65	1,93	**	0,99	20,76
Zn	1,45	2,61	1,28	1,37	2,10	1,81	1,41	1,66	1,71	ns	2,01	26,43
Fe	1,26	1,12	1,07	0,67	1,28	1,26	1,67	0,71	1,13	ns	1,43	28,99
Mn	0,28	0,42	0,37	0,53	0,46	0,88	0,57	0,56	0,51	*	0,51	35,34
B	1,73	1,51	1,37	1,82	2,33	1,53	1,59	1,62	1,69	*	0,88	17,38
<b>Estipe (%)</b>												
Cu	45,91	32,68	39,42	50,01	50,91	45,00	53,83	46,36	45,52	**	9,97	14,88
Zn	60,05	39,53	53,81	74,27	64,64	65,09	67,16	65,41	61,25	*	27,48	17,20
Fe	19,65	16,91	18,58	27,74	25,15	34,66	34,35	24,05	25,13	°	21,68	27,07
Mn	3,21	7,57	3,71	2,98	4,16	6,81	7,76	7,14	5,42	ns	7,77	38,42
B	25,15	22,62	21,20	30,07	28,42	35,56	33,98	30,84	28,48	**	10,89	18,14
<b>Cacho (%)</b>												
Cu	12,13	20,48	17,82	11,33	10,46	15,00	10,38	20,90	14,81	°	13,76	29,78
Zn	3,37	10,01	9,16	2,30	3,24	4,48	3,70	8,20	5,56	**	6,91	54,90
Fe	8,25	12,14	13,86	7,03	7,61	16,75	10,66	16,24	11,57	°	12,15	33,07
Mn	0,24	0,62	0,68	0,27	0,39	1,08	0,59	0,63	0,56	*	0,79	48,35
B	6,74	8,74	8,59	6,03	6,50	8,72	7,84	13,59	8,34	*	7,10	28,44

<sup>1/</sup>média de quatro palmeiras por material genético; <sup>2/</sup>ns, \*, \*\*, ° : não significativo, significativo a 5%, 1% e 10% respectivamente; <sup>3/</sup> diferença mínima significativa por Tukey a 5%; <sup>4/</sup>coeficiente de variação de médias de material genético

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

O micronutriente tem como uma de suas funções principais agir como um componente-chave em uma série de processos vitais, como divisão celular, desenvolvimento radicular, formação das paredes celulares e transporte de açúcares. Além disso, é responsável pela movimentação dos açúcares (fotoassimilados) no floema oriundos da fotossíntese. O B aumenta a taxa de transporte de açúcares das folhas nas quais é gerado para regiões de crescimento ativo, como raízes e frutos em desenvolvimento (HÄNSCH, MENDEL, 2009; RAJARATNAM, LOWRY, 1974, citado por SOUSA, 2020).

O segundo componente que apresentou maiores partições de micronutrientes foi o estipe, como se vê na sequência: Cu (61,25%), Zn (45,52%), B (28,48%), Fe (25,13%), B (28,48%) e o Mn (5,42%). Analisando as partições de micronutrientes no estipe, observa-se que houve efeito do material genético somente para os micronutrientes Cu, Zn e B. Dentre estes micronutrientes, o Cu desempenha funções importantes nas plantas de palma-de-óleo. De acordo com a literatura este micronutriente apresenta maior alocação nos botões florais, estipe e em menor quantidade na ráquis (GOH; HÄRDTER; FAIRHURST, 2003). O que pode ser evidenciado nos resultados desse estudo, dentre os micronutrientes avaliados, observa-se que o Cu teve maior alocação no estipe.

O Cu desempenha papéis importantes na planta, é um dos constituintes de diversas enzimas, e estas por sua vez, desempenham papel fundamental em processos tais como fotossíntese, respiração, desintoxicação de radica de superóxido e lignificação (HÄNSCH; MENDEL, 2009; KIRKBY; RÖMHELD, 2007).

Conforme os resultados desse trabalho, o Cu aparece em quantidades expressivas na copa e no cacho, o que evidencia a sua alocação com as suas funções desempenhadas nas plantas de palma-de-óleo. O micronutriente Cu está relacionado com a fase de transporte e acúmulo de carboidratos nos frutos dos cachos, ou seja, para que ocorra este transporte é necessário que haja também o transporte de Cu, que será fundamental para as diversas reações na biossíntese de lipídeos, e principalmente, na desnaturação de AG (ácidos graxos) (HÄNSCH; MENDEL, 2009).

Já quanto à partição de conteúdo dos micronutrientes do cacho observa-se a seguinte ordem: o Cu (14,81%), Fe (11,57%), B (8,34%), Zn (5,56%) e o Mn (0,56%). Em termos de médias, vê-se que os clones apresentaram diferença significativa para a alocação de Zn, Mn e o B. Dentre os materiais avaliados, destaca-se o AM-05 aquele com maior alocação de Zn, PL-18 para o Mn e o seminal TENERA para o B.

Enquanto que na inflorescência a sequência foi: Cu (1,93%), Zn (1,71%), B (1,69%), Fe (1,13%) e o Mn (0,51%). Para este componente, observa-se que houve efeito de material genético para o Cu, o Mn e o B, exceto para o Fe e o Zn. Os clones que se destacaram para as maiores alocações de tais micronutrientes foram: PL-23, PL-18 e AM-31, respectivamente.

### **3.4. Atributos da fertilidade do solo e relação entre nutrientes no solo e na planta**

Por ocasião da amostragem dos componentes vegetais, realizou-se, também, a coleta de amostra de solo das parcelas do experimento, cujos resultados são apresentados na Tabela 9.

Houve efeito estatisticamente significativo de material genético para várias características, na dependência da camada de solo considerada (Tabela 9).

Os valores de pH H<sub>2</sub>O, P, K, Ca, Mg, H+Al, T e V decresceram ao longo do perfil de solo, e contrariamente, houve aumento da acidez trocável, Al<sup>3+</sup> (Tabela 9).

Os valores de conteúdo do nutriente na parte aérea e o estoque do nutriente no perfil de solo (0-60 cm), ambos mostrados na Tabela 10, foram correlacionados entre si, resultando em: Mg (r=0,615), K (r=0,368), Ca (r=0,277) e P (r=0,02), sendo a correlação para Mg inclusive estatisticamente significativa (p < 0,10).

Para o K, Ca e o Mg, as maiores correlações ocorreram nas camadas de 20-40 e de 40-60 cm.

Esses resultados evidenciam a importância de ser considerado o material genético no programa de fertilização da cultura, especialmente caso a recomendação de adubação seja feita com base no balanço entre o suprimento pelo solo e o requerimento pela cultura.

Tabela 9. Resultados de atributos da fertilidade do solo das parcelas experimentais cultivadas com os materiais genéticos testados

CAMADA 1 (0-20 cm)										
M.G	pH H <sub>2</sub> O	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	T	V	P-Rem
		mg/dm <sup>3</sup>			cmolc/dm <sup>3</sup>				%	mg/L
AM-26	5,70	50,03	41,00	2,06	0,91	0,00	3,13	6,21	49,55	33,93
AM-05	5,53	33,78	33,50	1,20	1,01	0,15	3,55	5,84	39,28	36,63
PL-10	5,81	49,25	36,00	1,54	1,26	0,00	2,85	5,74	50,08	40,00
PL-23	5,77	71,03	125,25	1,13	1,15	0,00	3,03	5,62	46,33	41,78
AM-31	5,78	44,58	147,50	1,52	0,97	0,05	3,70	6,57	43,75	32,68
PL-18	5,66	74,35	64,00	2,05	1,06	0,05	4,13	7,40	44,13	36,90
AM-20	5,80	88,68	88,25	1,39	1,16	0,05	4,25	7,03	39,55	36,93
TENERA	5,77	43,50	90,25	1,56	1,17	0,03	3,48	6,44	45,81	35,55
Média	5,73	56,90	78,22	1,56	1,09	0,04	3,51	6,35	44,81	36,80
F	ns	**	**	**	ns	ns	**	**	ns	**
DMS	0,44	37,59	69,76	0,50	0,39	0,26	1,03	1,23	13,65	4,95
CV (%)	2,42	32,56	21,24	17,22	21,22	47,33	8,67	8,47	11,10	4,39

CAMADA 2 (20-40 cm)										
M.G	pH H <sub>2</sub> O	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	T	V	P-Rem
		mg/dm <sup>3</sup>			cmolc/dm <sup>3</sup>				%	mg/L
AM-26	5,31	28,95	54,00	1,30	0,56	0,18	3,18	5,17	38,85	35,95
AM-05	5,13	17,73	29,00	0,60	0,57	0,32	2,93	4,18	30,35	35,15
PL-10	5,69	41,53	39,50	1,27	1,06	0,08	2,75	5,18	46,60	39,43
PL-23	5,15	37,48	74,00	0,54	0,59	0,35	3,13	4,45	29,58	39,00
AM-31	5,55	38,25	116,50	1,15	0,76	0,15	3,50	5,70	38,55	34,13
PL-18	5,48	23,98	59,00	1,29	0,67	0,15	3,40	5,51	37,98	34,58
AM-20	5,37	41,48	56,50	0,78	0,70	0,22	3,43	5,05	32,05	36,53
TENERA	5,59	24,69	99,17	0,97	0,77	0,16	3,30	5,30	37,94	34,72
Média	5,41	31,76	65,96	0,99	0,71	0,20	3,20	5,07	36,49	36,18
F	**	ns	**	**	**	*	ns	**	**	**
DMS	0,44	37,59	69,76	0,50	0,39	0,26	1,03	1,23	13,65	4,95
CV (%)	2,42	32,56	21,24	17,22	21,22	47,33	8,67	8,47	11,10	4,39

CAMADA 3 (40-60 cm)										
M.G	pH H <sub>2</sub> O	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	T	V	P-Rem
		mg/dm <sup>3</sup>			cmolc/dm <sup>3</sup>				%	mg/L
AM-26	5,03	21,98	55,50	0,94	0,36	0,35	3,23	4,66	31,33	33,28
AM-05	4,98	13,10	26,50	0,55	0,42	0,45	2,83	3,86	27,05	35,33
PL-10	5,51	23,83	40,00	0,92	0,80	0,15	2,28	4,09	44,48	40,50
PL-23	5,07	23,63	75,00	0,41	0,39	0,49	3,15	4,14	23,68	35,55
AM-31	5,32	24,05	105,50	0,93	0,53	0,23	3,43	5,16	33,50	34,05
PL-18	5,33	22,63	54,00	1,05	0,56	0,27	3,40	5,15	34,15	33,58
AM-20	5,45	35,58	50,50	0,72	0,62	0,23	2,95	4,42	33,20	37,33
TENERA	5,30	11,67	76,83	0,72	0,52	0,30	3,08	4,51	31,78	33,80
Média	5,25	22,06	60,48	0,78	0,52	0,31	3,04	4,50	32,39	35,43
F	**	ns	*	**	*	**	*	*	**	**
DMS	0,44	37,59	69,76	0,50	0,39	0,26	1,03	1,23	13,65	4,95
CV (%)	2,42	32,56	21,24	17,22	21,22	47,33	8,67	8,47	11,10	4,39

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

Para os nutrientes o P, K, Ca e o Mg, os estoques de nutrientes no solo e os conteúdos nas plantas (parte aérea) dos materiais genéticos avaliados constam da Tabela 10.

Tabela 10. Estoques de P, K, Ca e Mg no solo e respectivos <sup>1/</sup>conteúdos na parte aérea das plantas dos materiais genéticos avaliados (cNui\_Pla)

Material genético	<sup>1/</sup> cNui_Pla (kg/ha)	Estoque de nutrientes			
		0-20	20-40	40-60	0-60
		.....P(kg/ha).....			
AM-26	19,04	100,05	57,90	43,95	201,90
AM-05	23,84	67,55	35,45	26,20	129,20
PL-10	29,84	98,50	83,05	47,65	229,20
PL-23	15,29	142,05	74,95	47,25	264,25
AM-31	26,56	89,15	76,50	48,10	213,75
PL-18	27,82	148,70	47,96	45,25	241,91
AM-20	23,74	177,35	82,95	71,15	331,45
TENERA	20,12	87,00	49,38	23,33	159,72
		.....K(kg/ha).....			
AM-26	97,89	82,00	108,00	111,00	301,00
AM-05	92,77	67,00	58,00	53,00	178,00
PL-10	62,40	72,00	79,00	80,00	231,00
PL-23	90,71	250,50	148,00	150,00	548,50
AM-31	115,33	295,00	233,00	211,00	739,00
PL-18	131,72	128,00	162,28	108,00	398,28
AM-20	124,48	176,50	113,00	101,00	390,50
TENERA	92,60	180,50	198,33	153,67	532,50
		.....Ca(kg/ha).....			
AM-26	101,34	826,65	520,04	376,75	1723,44
AM-05	86,23	480,96	241,48	219,44	941,88
PL-10	129,59	615,23	508,01	367,73	1490,98
PL-23	69,28	451,90	216,43	164,33	832,66
AM-31	82,01	607,21	458,92	357,71	1423,84
PL-18	64,36	821,64	517,03	420,84	1759,51
AM-20	74,16	558,11	312,62	289,58	1160,32
TENERA	74,99	624,25	389,78	287,91	1301,93
		.....Mg(kg/ha).....			
AM-26	41,06	221,85	134,93	86,92	443,69
AM-05	47,04	244,34	139,19	101,50	485,02
PL-10	62,72	305,72	257,10	193,89	756,71
PL-23	37,71	278,98	143,44	94,82	517,24
AM-31	37,97	236,43	184,16	114,27	534,86
PL-18	38,58	257,10	162,28	134,93	554,31
AM-20	46,92	282,02	170,18	150,73	602,94
TENERA	31,38	284,45	188,22	126,02	598,68

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

### **3.5. Índices de Eficiência Foliar**

Em plantios de palma-de-óleo a produção de folhas, inflorescências, estipe e cachos são resultantes da assimilação de carbono, pelo processo fotossintético, processo que também depende da nutrição mineral, e que ocorre nas folhas. Assim, foram determinados os seguintes índices de eficiência: índice de eficiência foliar para a produção de matéria seca de parte aérea (IEF\_PA) e de cachos (IEF\_CA), como também, para cada nutriente, o índice de eficiência do conteúdo foliar para a produção de matéria seca da parte aérea (IEFPA\_cNutri) e de cachos (IECA\_cNutri).

#### **3.5.1 Índice de eficiência foliar para produção de matéria seca da parte aérea (IEF\_PA) e de cachos (IEF\_CA)**

Nesse estudo o índice de eficiência foliar foi significativo tanto para a parte aérea (IEF\_PA) quanto para o cacho (IEF\_CA). O maior valor IEF\_PA foi encontrado no material TENERA e o menor no clone AM-26. Já quanto ao IEF\_CA, o clone PL-10 apresentou maior IEF\_CA, enquanto que o clone PL-23 apresentou o menor valor (Tabela 11).

Com isso, o TENERA e o PL-10 foram os materiais em que a biomassa foliar apresentou maior influência na produção de parte aérea e de cacho respectivamente, que refletem a acumulação líquida de carbono e sua partição para os cachos, respectivamente. Com base nos CV das médias dos materiais genéticos, o IEF\_CA foi melhor em discriminar os materiais genéticos quando comparado com o IEF\_PA.

Tabela 11. Índices de eficiência foliar<sup>1/</sup> para produção de matéria seca de parte aérea (IEF\_PA) e de cachos (IEF\_CA) dos diferentes materiais genéticos estudados.

<b>Material Genético</b>	<b><sup>2/</sup>IEF_PA (kg/kg)</b>	<b><sup>3/</sup>IEF_CA (kg/kg)</b>
AM-26	1,58	0,17
AM-05	1,77	0,31
PL-10	1,84	0,36
PL-23	1,65	0,12
AM-31	1,79	0,21
PL-18	1,83	0,24
AM-20	1,74	0,18
TENERA	1,91	0,34
Média	1,76	0,24
F <sup>4/</sup>	*	**
DMS <sup>5/</sup>	0,24	0,17
CV (%) <sup>6/</sup>	6,09	35,36

Em que <sup>1/</sup>Média de 4 palmeiras por material genético; <sup>2/</sup>IEF\_PA: corresponde ao índice de eficiência foliar para produção da parte aérea; <sup>3/</sup>IEF\_CA: corresponde ao índice de eficiência foliar para produção de cachos; <sup>4/</sup>\*, \*\*significativo a 5 % e 1 %; <sup>5/</sup> diferença mínima significativa por Tukey a 5 %; <sup>6/</sup>coeficiente de variação de médias de material genético

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

### **3.5.2 Índice de eficiência do conteúdo do nutriente foliar para produção de matéria seca da parte aérea (IEFPA\_cNutri)**

O conteúdo do nutriente na folha, ao integrar a produção de matéria seca e o teor do nutriente mineral na folha, em essência realiza a integração da extensão da superfície fotossintetizante (dada a área foliar específica) e de sua qualidade nutricional. Dessa maneira, o IEFPA\_cNutri, para cada nutriente, pode ser entendido como indicador da eficiência nutricional foliar para a produção de parte aérea.

Ao avaliar o reflexo do conteúdo de nutriente nas folhas na produção da biomassa da parte aérea é possível notar que, com exceção de N e de Mn, que o IEFPA\_cNutri permitiu distinguir os materiais genéticos mais eficientes dos menos eficientes na produção de biomassa na parte aérea. Em termos médios, o IEFPA\_cNutri seguiu a sequência: para os macronutrientes S > P > Mg > K > Ca > N, e para os micronutrientes Cu > B > Zn > Fe > Mn (Tabela 12).

Dentre os macronutrientes, os materiais genéticos mais eficientes (com maiores IEFPA\_cNutri) foram: o clone PL-23 para o P, o clone PL-10 para o K, PL-18 para o Ca e o TENERA foi um dos maiores para Mg, assim como o PL-18 foi um dos maiores para S. Já os materiais menos eficientes (menor IEFPA\_cNutri) foram: o clone PL-10 para o P, S, Ca e o Mg e o clone PL-18 foi um dos menores para o K.

Quanto aos micronutrientes, os materiais genéticos mais eficientes foram: o clone PL-23 para o Cu, TENERA para o Zn, AM-20 para o Fe, e AM-31 para o B. Já os menos eficientes (menor IEF\_PA) foram: o clone PL-10 para o Cu e o Fe, e um dos menores para o Zn e o B.

Além disso, com base no CV das médias dos materiais genéticos, o K e o B foram o macronutriente e o micronutriente que mais discriminaram os genótipos estudados.

Tabela 12. Índices de eficiência do conteúdo do nutriente foliar para produção de parte aérea<sup>1/</sup> (IEFPA\_cNutri) em materiais genéticos de palma-de-óleo

Nutriente	AM-26	AM-05	PL-10	PL-23	AM-31	PL-18	AM-20	TENERA	Média	<sup>3/</sup> F	<sup>4/</sup> DMS	<sup>5/</sup> CV (%)
	<sup>2/</sup> IEFPA_cNutri (kg/g)											
N	63,62	76,57	80,21	69,70	68,41	72,33	66,49	70,27	70,95	ns	18,59	7,56
P	954,06	828,44	658,98	1125,85	830,05	834,76	971,37	1003,76	900,91	*	389,76	15,82
K	204,97	299,31	424,53	202,40	209,13	177,23	195,10	246,60	244,91	*	213,52	33,45
Ca	162,63	217,11	133,34	226,88	245,62	339,09	286,76	228,84	230,03	**	133,18	28,19
Mg	432,28	410,18	295,11	436,61	570,70	601,51	493,76	606,95	480,89	**	232,03	22,58
S	870,42	773,59	604,10	1071,42	1035,07	1130,83	911,34	987,70	923,06	**	387,89	18,71
	<sup>2/</sup> IEFPA_cNutri (kg/mg)											
Cu	228,77	192,01	135,87	326,84	278,64	263,13	245,38	308,43	247,38	**	125,65	25,16
Zn	108,49	85,01	70,38	120,42	121,22	124,74	85,84	169,45	110,69	**	73,96	28,08
Fe	17,06	12,81	10,14	21,27	22,19	25,93	28,13	20,88	19,80	**	14,72	31,12
Mn	3,68	4,96	3,61	8,16	5,88	9,14	7,89	7,00	6,29	*	5,82	33,23
B	75,93	47,21	33,66	159,24	167,65	162,01	117,64	129,30	111,58	**	44,38	47,66

Em que:<sup>1/</sup> Média de 4 palmeira por M.G; <sup>2/</sup>IEFPA\_cNutri: corresponde ao índice de eficiência do conteúdo do nutriente foliar para a produção de parte aérea; <sup>3/</sup>ns, \* e \*\* ; não significativo, significativo 5% e 1 %; <sup>4/</sup> diferença mínima significativa por Tukey a 5 %; <sup>5/</sup>coeficiente de variação de médias de material genético  
 Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

### 3.5.3 Índice de eficiência do conteúdo do nutriente foliar para produção de matéria seca de cacho (IEFCA\_cNutri)

O IEFCA\_cNutri, para cada nutriente, pode ser entendido como indicador da eficiência nutricional foliar para a produção de cacho, como explicado no item anterior.

O conteúdo de Ca, S, Fe e o Mn na folha não permitiu distinguir a eficiência na produção de biomassa de cacho entre os clones. Em termos médios, o IEFCA\_cNutri seguiu a seguinte sequência:  $S > P > Mg > K > Ca > N$ , para os macronutrientes e  $Cu > Zn > B > Fe > Mn$ , para os micronutrientes. Dentre os macronutrientes com os maiores IEFCA\_cNutri destacam-se: o clone PL-10 para N e K, o material seminal (TENERA), para P e Mg. E os que apresentaram os menores IEF\_CA destaca-se: o material genético PL-23 que apresentou um dos menores IEF\_CA para o N, P, K e o Mg (Tabela 13).

Quando se avalia os micronutrientes, o TENERA apresentou maiores valores de IEF\_CA, para o Cu, Zn e o B, enquanto que os menores valores de Cu e o B foram encontrados no clone PL-10 e para o Zn, o clone PL-23 foi um dos materiais genéticos com menor IEF\_CA para este nutriente.

Da mesma forma do que foi observado para IEFPA\_cNutri, o K e o B foram o macronutriente e o micronutriente que mais discriminaram os materiais genéticos.

Os resultados aqui obtidos indicam quais materiais genéticos possuem maior eficiência em refletir o conteúdo de nutrientes na folha em maior produção de cachos. Tal inferência se justifica pelo fato do conteúdo de nutrientes na folha agregar o teor, que é um indicativo da qualidade nutricional da planta, com a matéria seca, que se relaciona com a área foliar, e portanto, a área da superfície fotossintetizante. É possível encontrar na literatura, que a produção do órgão de interesse econômico não se dá somente pela extensão da área foliar, mas também pelo seu grau de hidratação e qualidade nutricional (LOURENÇO, 2009).

Tabela 13. Índices de eficiência do conteúdo do nutriente foliar para produção de cachos<sup>1/</sup> (IEFCA\_cNutri) em materiais genéticos de palma-de-óleo

Nutriente	AM-26	AM-05	PL-10	PL-23	AM-31	PL-18	AM-20	TENERA	Média	F	DMS	CV (%)
	<sup>2/</sup> IEFCA_cNutri (kg/g)											
N	6,66	13,52	15,90	5,18	8,21	9,77	7,01	12,34	9,82	**	8,46	38,29
P	100,26	142,26	127,84	84,90	99,66	111,06	103,11	178,26	118,42	°	92,80	25,40
K	21,53	54,08	87,23	15,29	25,08	23,28	20,52	43,51	36,31	*	62,33	67,18
Ca	17,15	37,23	26,06	17,33	29,49	46,71	30,70	40,36	30,63	*	30,12	34,41
Mg	45,98	70,15	57,46	33,20	68,49	81,49	52,97	106,84	64,57	**	53,81	35,29
S	91,55	133,05	117,03	80,62	124,42	151,90	96,58	173,95	121,13	°	97,12	26,15
	<sup>2/</sup> IEFCA-cNutri (kg/mg)											
Cu	32,76	26,14	24,02	33,42	26,53	35,15	25,25	54,66	32,24	*	27,22	30,99
Zn	11,31	14,55	13,79	9,35	14,64	16,97	9,08	29,84	14,94	**	15,13	44,29
Fe	1,89	2,20	1,98	1,74	2,66	3,46	3,02	3,70	2,58	°	2,42	28,95
Mn	0,38	0,85	0,69	0,66	0,71	1,26	0,85	1,23	0,83	°	0,96	35,62
B	8,04	8,10	6,57	12,26	20,19	21,62	12,43	22,51	13,97	**	10,98	46,86

Em que:<sup>1/</sup> Média de 4 palmeira por M.G; <sup>2/</sup>IEFPA\_cnutri: corresponde ao índice de eficiência do conteúdo foliar do nutriente para a produção de cacho; <sup>3/</sup>ns, \*, \*\* e °; não significativo, significativo 5% e 1% e 10%; <sup>4/</sup> diferença mínima significativa por Tukey a 5%; <sup>5/</sup> coeficiente de variação de médias de material genético  
 Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

### 3.6. CUBi\_cacho (Coeficiente de utilização biológica integralizado para produção de cachos)

O coeficiente de utilização biológico integralizado para produção de cacho (CUBi\_cacho) utilizando os macronutrientes foi efetivo em diferenciar os materiais genéticos quanto à eficiência na produção de cachos para o N, P, K e o Mg. Os clones que apresentaram maiores CUBi\_cacho\_macronutrientes foram, PL-10 para o N e o K e o TENERA para o P e o Mg. Para o Ca e o S os materiais genéticos apresentaram a mesma eficiência para utilização de tais macronutrientes para produção de cachos.

Quanto aos menores CUBi\_cacho\_macronutrientes, verifica-se que o clone PL-23 apresentou os menores CUBi\_cacho para o N e o P, o clone AM-26 para o K e o Mg, outro clone que também apresentou menor CUBi\_cacho para o K foi o clone AM-20. Portanto, tais clones foram menos eficientes em utilizar tais macronutrientes para produção de cachos.

Já o coeficiente de utilização biológico integralizado para produção de cachos (CUBi\_cacho) utilizando micronutrientes apresentou variações entre os materiais genéticos, para o Zn, Fe e o B, em que o TENERA apresentou maior eficiência para o Zn e o Fe e o PL-23 apresentou menor eficiência para os mesmos. E para o B, em que as maiores foi observada para o clone AM-31 e menores eficiências foram observadas para os clones PL-10 e AM-05. Os materiais não diferiram na eficiência de utilização de Cu e o Mn deste micronutriente para produção de cachos. Em termos médios, CUBi\_cacho seguiu a sequência para os macronutrientes:  $S > P > Mg > Ca > K > N$  e para os micronutrientes:  $Cu > B > Zn > Fe > Mn$  (Tabela 14).

O CUBi\_cacho permite inferir quanto à capacidade da planta em produzir matéria seca do cacho, por quantidade de nutriente acumulada na sua parte aérea, dando assim uma idéia da eficiência da planta no uso de um nutriente na produção do cacho. Portanto os materiais genéticos que possuem maiores valores de CUBi\_cacho para um dado nutriente, são capazes de produzir maior matéria seca de cachos quando comparados com plantas que possuem menores valores de CUBi\_cacho.

A eficiência nutricional de cada nutriente varia de acordo com clima, com solo e com a planta, incluindo a variabilidade genética entre cultivares da mesma espécie (BALIGAR; FAGERIA; HE, 2001; FAGERIA, 1998).

Considerando que neste trabalho os materiais genéticos foram cultivados nas mesmas condições de sítio de produção e foram submetidos às mesmas práticas de

manejo, as diferenças observadas na eficiência para produção cachos pode ser relacionada com variabilidade existente entre os materiais genéticos estudados.

Portanto, tais resultados podem permitir com que se realizem ajustes na adubação de cada material genético, dando atenção as suas especificidades, se tornando uma importante estratégia para que se faça uso racional de fertilizantes. (ARTUZO; ROGÉRIO; XAVIER, 2017; DUAN *et al.*, 2014; ZHANG *et al.*, 2015).

Tabela 14. Coeficiente de utilização biológico integralizado para produção de cachos<sup>1/</sup> (CUB<sub>i</sub>\_cacho) em materiais genéticos de palma-de-óleo

Nutriente	AM-26	AM-05	PL-10	PL-23	AM-31	PL-18	AM-20	TENERA	Média	<sup>3/</sup> F	<sup>4/</sup> DMS	<sup>5/</sup> CV (%)
	<sup>2/</sup> CUB <sub>i</sub> _cacho (kg/kg)											
N	6,32	12,29	14,31	4,86	7,63	9,01	6,52	11,35	9,04	*	7,16	36,66
P	87,49	121,24	102,21	72,71	84,15	90,67	86,37	144,02	98,61	**	69,68	23,64
K	17,09	33,21	58,32	12,31	19,33	18,89	16,38	30,15	25,71	**	40,56	58,20
Ca	16,49	34,95	24,59	16,47	27,74	41,48	28,36	37,54	28,45	**	26,12	32,45
Mg	41,21	62,22	49,12	29,95	58,96	67,27	44,78	89,72	55,40	*	42,17	33,28
S	84,15	119,47	104,00	73,15	111,52	131,82	87,43	151,52	107,88	°	80,74	24,34

Nutriente	CUB <sub>i</sub> _cacho (kg/kg)											
	Cu	9,49	13,94	10,10	8,64	12,07	12,68	8,95	16,31	11,52	**	8,06
Zn	3,91	7,11	4,53	1,83	4,33	3,69	2,49	7,15	4,38	°	1,08	43,93
Fe	1,25	1,48	1,22	0,96	1,75	1,57	1,59	2,06	1,49	*	4,48	23,07
Mn	0,37	0,76	0,66	0,63	0,67	1,14	0,77	1,12	0,76	°	0,83	33,49
B	5,28	5,25	4,30	7,33	12,53	11,27	7,02	11,76	8,09	*	4,94	40,54

Em que:<sup>1/</sup> Média de 4 palmeira por M.G; <sup>2/</sup>CUB<sub>i</sub>\_cacho: corresponde ao coeficiente de utilização biológico para a produção de cacho; <sup>3/</sup>ns, \*, \*\* e °; não significativo, significativo 5 % e 1 % e 10 %; <sup>4/</sup> diferença mínima significativa por Tukey a 5 %; <sup>5/</sup>coeficiente de variação de médias de material genético.

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

### 3.7. Método de quadrantes aplicado ao estudo da eficiência nutricional

#### 3.7.1 Índices relativos de conteúdo do nutriente na parte aérea em função do índice relativo da matéria seca da parte aérea

De acordo com os resultados das Figuras 5a e 5b nota-se que é possível distinguir os materiais entre três grupos: **grupo 1**: materiais genéticos que produzem matéria seca de parte aérea acima da média e absorvem menor quantidade de macro e microcromutrientes (quadrante 4); **grupo 2**: materiais genéticos que produzem parte aérea acima da média e também absorvem mais macro e micronutrientes (quadrante 1). Por fim o **grupo 3**: materiais genéticos que produzem parte aérea abaixo da média e também absorvem pouca quantidade de macro e micronutrientes (quadrante 3).

Os materiais genéticos mais eficientes quanto aos macronutrientes, pertencentes ao **grupo 1** (quadrante 4) foram: AM-26: para o P; AM-05: o N e o Mg; PL-10: para o N e o K; AM-31: para o Ca, Mg e o S; PL-18: para o Ca, S e o Mg; e AM-20 para o S, P e o Ca. Enquanto que o material menos eficiente, pertencente ao **grupo 3** (quadrante 3), foi o TENERA, para o N, P, K, Ca, Mg e o S.

Os materiais genéticos mais eficientes quanto aos micronutrientes, ou seja, os pertencentes ao **grupo 1** (quadrante 4), foram: AM-26: para o Cu, Zn, B e o Fe; AM-05: o Mn; AM-31: para o Cu, Zn, Fe, Mn e o B; PL-18: para o Cu, Fe, Mn, Zn e o B; e AM-20 para o Fe, Mn e o B. Já o material menos eficiente, pertencente ao **grupo 3** (quadrante 3), foi o TENERA, para o Cu, Zn, Fe, Mn e o B.

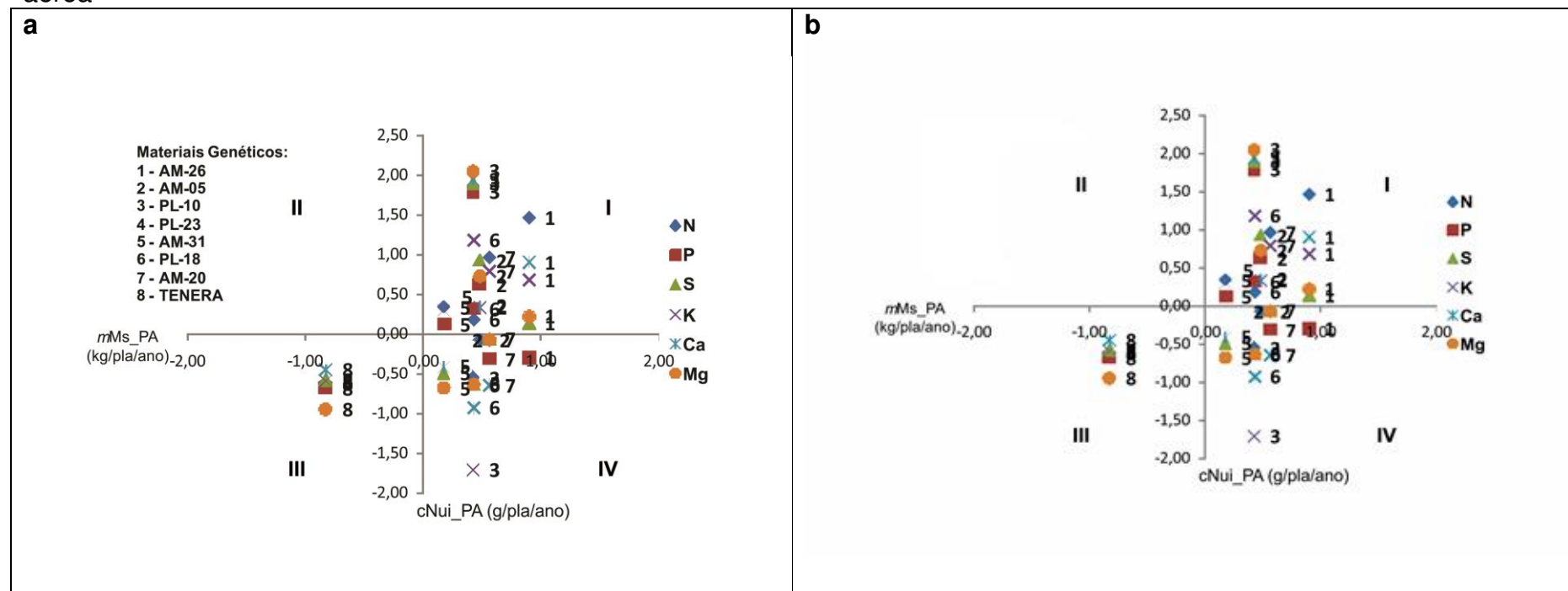
Do ponto de vista da fertilidade do solo e produtividade futura, os materiais genéticos que tiveram produção de matéria seca acima da média e absorveram menos nutrientes **grupo 1** são mais eficientes na produção de biomassa de parte aérea e também menos exigentes nutricionalmente, ou seja, alocam menos nutrientes no compartimento vegetal e de certa forma podem reduzir a exportação de nutrientes do sítio.

Quanto aos materiais do **grupo 2** são materiais que seguem o padrão da maioria das plantas e necessitam ser cultivados em solos ricos de tais nutrientes ou recebê-los na forma de adubação.

Enquanto os materiais do **grupo 3** são materiais menos eficientes em produção de biomassa e também absorvem menor quantidade de nutrientes.

Portanto, estes materiais assim como do **grupo 1** podem ser cultivados em solos com baixa fertilidade natural e podem receber uma fertilização menor comparada com a do **grupo 2**.

Figura 5. Índices relativos de conteúdo de macro e micronutrientes na parte aérea em função do índice da matéria seca da parte aérea



Em que:  $mMs\_PA$ : corresponde a massa de matéria seca de parte aérea e  $cNui\_PA$ : conteúdo de nutrientes na parte aérea e I, II, III e IV: corresponde aos quadrantes 1, 2, 3 e 4 respectivamente.

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

### 3.7.2 Índices relativos de conteúdo do nutriente na parte aérea em função do índice relativo da matéria seca de cachos

Assim como foi realizado no item anterior os materiais foram divididos em grupos conforme pode ser evidenciado nas Figuras 6a e 6b. O **grupo 1**: é composto pelos materiais que produzem matéria seca de cacho acima da média e absorvem menor quantidade de macro e microcromatoponentes (quadrante 4); **grupo 2**: é composto pelos materiais que produzem cachos acima da média e também absorvem mais macro e micronutrientes (quadrante 1); **grupo 3**: é composto por materiais genéticos que produzem cachos abaixo da média e também absorvem pouca quantidade de macro e micronutrientes (quadrante 3). E nesse caso, temos o **grupo 4**: composto pelos materiais que produzem cachos abaixo da média e absorvem maior quantidade de macro e micronutrientes (quadrante 2).

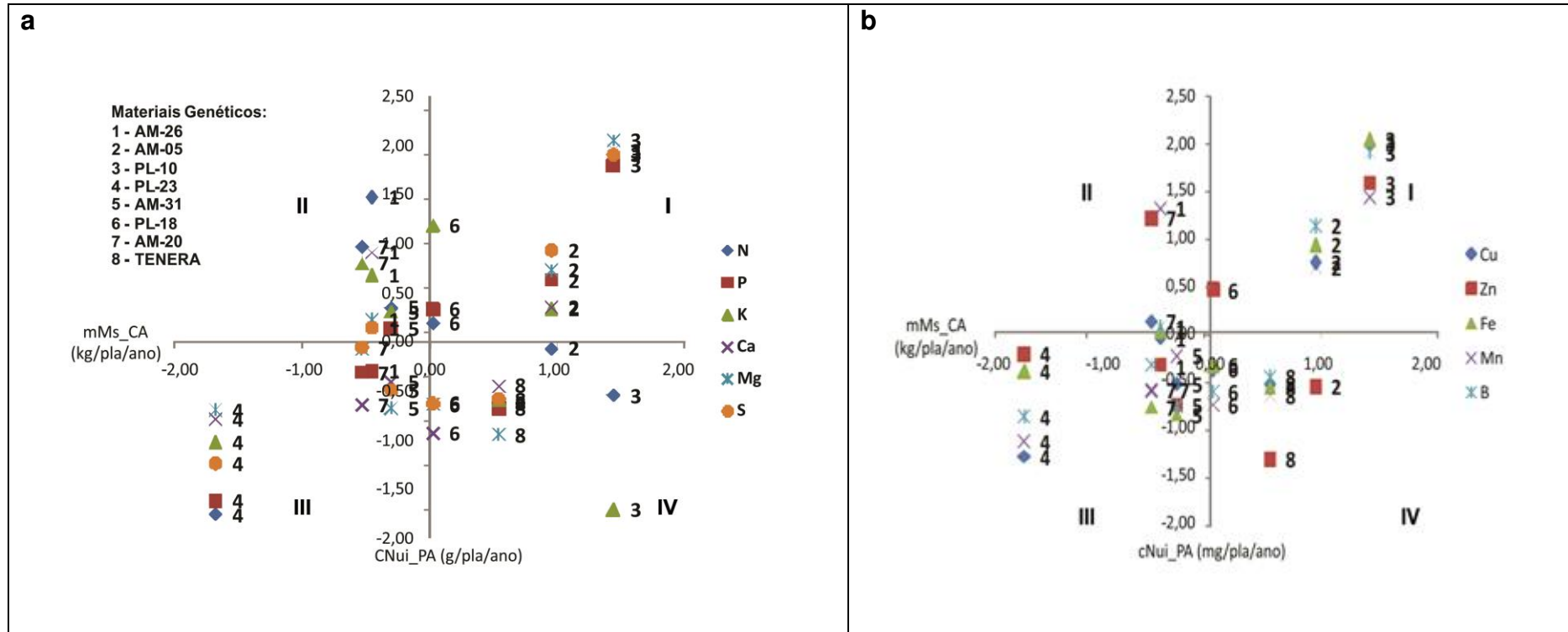
Os materiais genéticos mais eficientes quanto aos macronutrientes, pertencentes ao **grupo 1** (quadrante 4) foram: AM-05: para o N; PL-10: para o N e o K; PL-18: para o Ca, Mg e o S; e TENERA: para o N, P, K, Ca, Mg e o S. Enquanto que os materiais menos eficientes, pertencentes ao **grupo 3** (quadrante 3), foram: AM-26: para o P; PL- 23: para o N, P, K, Ca, Mg e o S; AM-31: para o Ca, Mg e o S; e AM-20 para o P, Ca, Mg e o S.

Os materiais genéticos mais eficientes quanto aos micronutrientes, pertencentes ao **grupo 1** (quadrante 4), foram: AM-05: para o Zn; PL-18: para o Cu, Fe, Mn e o B; e TENERA: para o Cu, Zn, Fe, Mn e o B. Já os materiais genéticos menos eficientes, pertencentes ao **grupo 3** (quadrante 3), foram: AM-26: para Cu, Zn e o Fe; PL- 23: para o Cu, Zn, Fe, Mn e o B; AM-31: para o Cu, Zn, Fe, Mn e o B; e AM-20 para o Fe, Mn e o B.

Neste contexto, o **grupo 1** será o grupo de maior interesse do ponto de vista agronômico e econômico, pois se destaca em produzir biomassa de cachos com baixo custo nutricional, portanto atende o objetivo central das empresas produtoras de óleo, pois estas almejam produzir CFF (cachos de frutos frescos) com baixo custo nutricional e conseqüentemente econômico. Os materiais deste grupo apresentaram como característica, a maior eficiência em produzir cachos absorvendo uma quantidade menor de nutrientes, logo o cultivo destes materiais genéticos nos permite otimizar o uso de nutrientes do solo e ainda ameniza a tendência de exaustão dos nutrientes por exportação, durante o ciclo de corte, além de permite à elaboração de

um manejo nutricional voltado para a manutenção do potencial produtivo dos solos de cultivo.

Figura 6. Índices relativos de conteúdo de macro e micronutrientes na parte aérea e em função do índice relativo de matéria seca de cachos



Em que: mMs\_CA: corresponde a massa de matéria seca de cacho e cNui\_PA: conteúdo de nutrientes na parte aérea e I, II, III e IV: corresponde aos quadrantes 1, 2, 3 e 4 respectivamente.

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

### 3.7.3 Índices relativos do teor de nutrientes na parte aérea em função do índice relativo da matéria seca de parte aérea

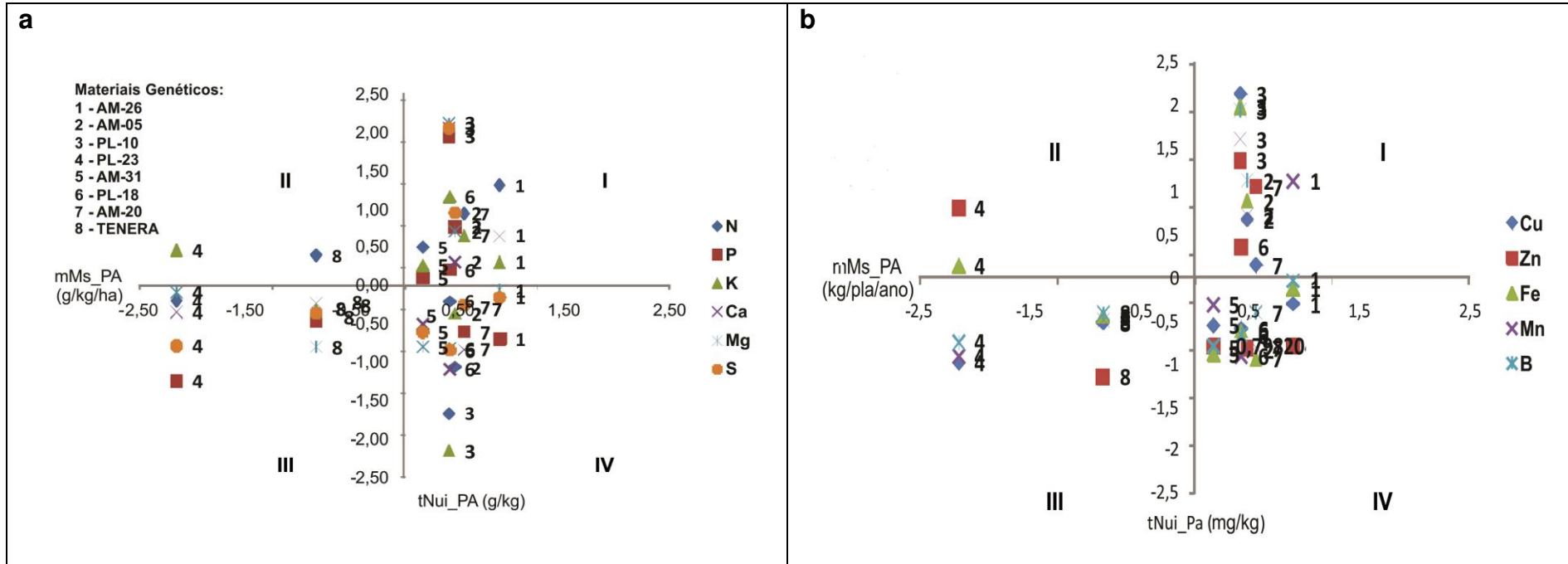
A avaliação comparativa entre os materiais genéticos de palma-de-óleo quanto ao teor de nutriente na parte aérea dos materiais genéticos permite separá-los em quatro grupos, com observa-se nas Figuras 7a e 97b O **grupo 1**: é composto por materiais genéticos que apresentaram menor teor de nutrientes, abaixo da média, indicando ser estes os mais eficientes em utilizar os macros e micronutrientes da parte aérea para maior produção de biomassa de tal compartimento (quadrante 4). O **grupo 2**: materiais genéticos com maiores teores de nutrientes na parte aérea, acima da média e que também possuem maior produção de biomassa (quadrante 1). Já o **grupo 3**: é composto por materiais genéticos com menores teores de nutrientes na parte aérea e produção de matéria seca abaixo da média (quadrante 3). Por último o **grupo 4**: materiais com maiores teores de nutrientes e menor produção de biomassa, abaixo da média (quadrante 2).

Os materiais genéticos mais eficientes quanto aos macronutrientes, pertencentes ao **grupo 1** (quadrante 4), foram: AM-26: para o P, Mg e o S; AM-05 e PL-10: para o N e o K; AM-31: para o Ca, Mg e o S; PL-18: para o N, Ca, Mg e o S; e AM-20: para o P, Ca, Mg e o S. Enquanto que os menos eficientes, pertencentes ao **grupo 3** (quadrante 3), foram: PL- 23: para o N, P, Ca, Mg e o S; e TENERA: o P, K, Ca, Mg e o S.

Os materiais genéticos mais eficientes quanto aos micronutrientes, pertencentes ao **grupo 1** (quadrante 4), foram: AM-26: para o Cu, Zn, Fe e o B; AM-31 e PL-18: para o Cu, Zn, Fe, Mn e o B; AM-05: para o Mn e AM-20: para o B, Mn e o Fe. Já os materiais genéticos menos eficientes, pertencentes ao **grupo 3** (quadrante 3), foram: PL- 23: para o Cu, Mn e o B; e TENERA: para o Cu, Zn, Fe, Mn e o B.

Os materiais genéticos do **grupo 1**: foram os mais eficientes nutricionalmente em produção de biomassa de parte aérea, pois utilizaram teores de nutrientes abaixo da média refletindo em uma maior produção de biomassa do compartimento. Portanto, estes materiais genéticos são interessantes do ponto de vista da fertilidade do solo e produtividade e suas exigências nutricionais devem ser monitoradas ao longo do ciclo cultivo.

Figura 7. Índices relativos de teores de macro e micronutrientes na parte aérea em função do índice relativo da matéria seca de parte aérea



Em que: mMs\_PA: corresponde a massa de matéria seca de parte aérea e tNui\_PA: teor de nutrientes na parte aérea e I, II, III e IV: corresponde aos quadrantes 1, 2, 3 e 4 respectivamente.

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

### 3.7.4 Índices relativos do teor de nutrientes na parte aérea em função do índice relativo da matéria seca de cachos

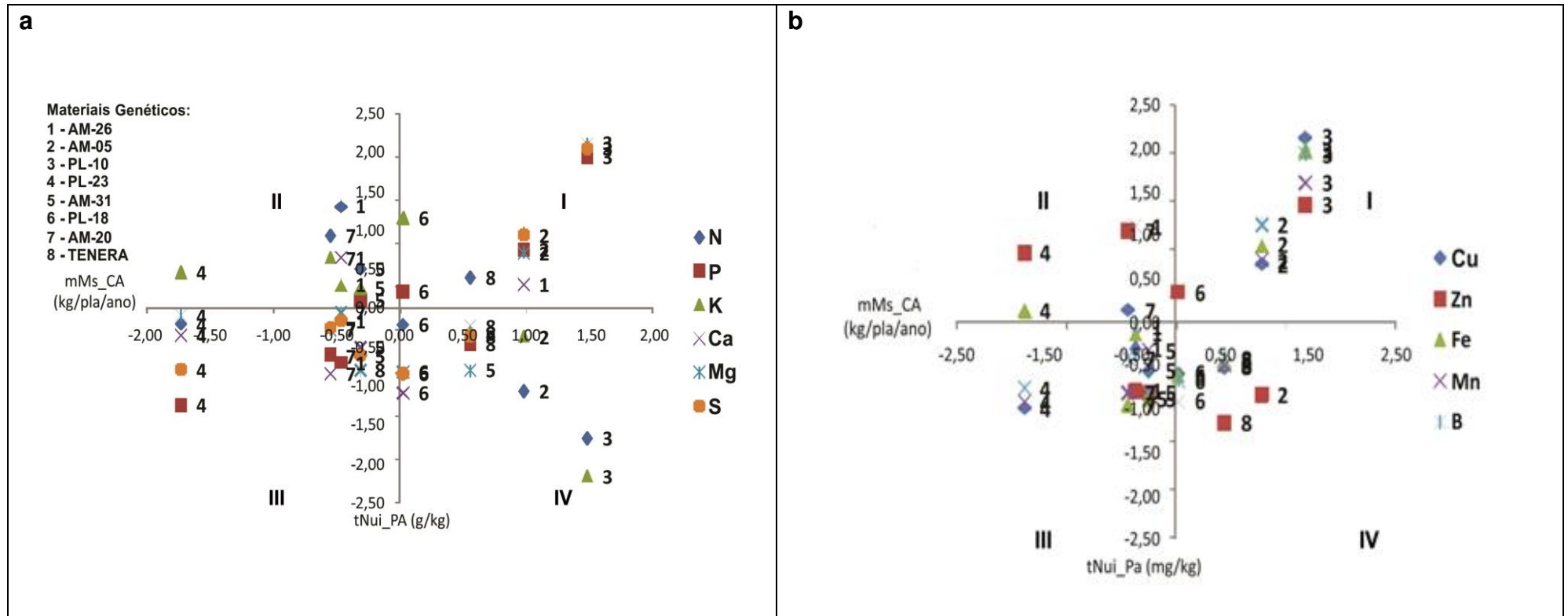
Para a produção de cachos observa-se que os materiais genéticos apresentaram comportamentos diferentes quanto ao uso dos teores de nutrientes da parte aérea e também podem ser separados em grupos (Figuras 8a e 8b): **grupo 1**: materiais que apresentaram menor teor de nutrientes, abaixo da média, indicando ser estes os mais eficientes em utilizar os macro e micronutrientes da parte aérea para maior produção de cachos (quadrante 4), **grupo 2**: materiais genéticos com maiores teores de nutrientes na parte aérea, acima da média e que também possuem maior produção de biomassa de cachos (quadrante 1). Já o **grupo 3**: é composto por materiais genéticos com menores teores de nutrientes na parte aérea e produção de cachos abaixo da média (quadrante 3). Por último o **grupo 4**: materiais com maiores teores de nutrientes e menor produção de biomassa de cachos, abaixo da média (quadrante 2).

Os materiais genéticos mais eficientes quanto aos macronutrientes, pertencentes ao **grupo 1** (quadrante 4), foram: AM-05: para o N e o K; PL-10: para o N e o K; AM-31: para o Mg; PL-18: para o N, Ca, Mg e o S; e TENERA para P, K, Ca, e S. Enquanto que os menos eficientes, pertencentes ao **grupo 3** (quadrante 3), foram: AM-26: para o P e o S; PL- 23: para o N, P, Ca, Mg e o S; AM-31: para o Ca e o S; AM-20: para o P, Ca, Mg e o S; e TENERA: para o Mg.

Os materiais genéticos mais eficientes quanto aos micronutrientes, pertencentes ao **grupo 1** (quadrante 4), foram: AM-05: para o Zn; PL-18: para o Cu, Fe, Mn e o B; e TENERA: para o Cu, Zn, Fe Mn e o B. Já os materiais genéticos menos eficientes, pertencentes ao **grupo 3** (quadrante 3), foram: AM-26: para o Cu, Zn, Fe e o B; PL- 23: para o Cu, Mn e o B; AM-31: para o Cu, Zn, Fe, Mn e o B; e AM-20: para o Fe, Mn e o B.

O comportamento do **grupo 1** no uso de nutrientes para a produção de cachos foi o mesmo observado para a produção de matéria seca, portanto são os materiais eficientes nutricionalmente e esta eficiência nutricional pode representar fator importante no emprego mais racional de fertilizantes.

Figura 8. Índices relativos de teores de macro e micronutrientes na parte aérea em função do índice relativo de matéria seca de cachos



Em que: mMs\_CA: corresponde a massa de matéria seca de cacho e tNui\_PA: teor de nutrientes na parte aérea e I, II, III e IV: corresponde aos quadrantes 1, 2, 3 e 4 respectivamente

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

### 3.7.5 Índices relativos de CUBi\_cacho em função do índice relativo da matéria seca de cachos

De acordo com as Figuras 9a e 9b foi possível separar os materiais genéticos em quatro grupos conforme a sua eficiência de utilização integralizada (representada pelo coeficiente de utilização biológico integralizado para cachos - CUBi\_cacho). O **grupo 1**: neste contexto está no (quadrante 1) é composto por materiais que apresentaram maior valor de (CUBi\_cacho), acima da média, logo foram mais eficientes em utilizar os nutrientes da parte aérea para uma maior produção do órgão de interesse comercial (cachos). Já o **grupo 2**: (quadrante 3) são os materiais genéticos menos eficientes, pois apresentaram o menor (CUBi\_cacho) refletindo em uma menor produção de cachos.

Os materiais genéticos mais eficientes quanto aos macronutrientes, pertencentes ao **grupo 1** (quadrante 1), foram: AM-05 e TENERA para todos os macronutrientes; PL-10 para o N e o P; PL-18 para o Ca, S e o Mg. Enquanto que os menos eficientes, pertencentes ao **grupo 2**- (quadrante 3), foram: AM-26: para o N, P, K, Ca, Mg e o S; PL- 23: para o N, P, K, Ca, Mg e o S; AM-31: para o N, P, K e o Ca; e AM-20: para o N, P, K, Ca, Mg e o S.

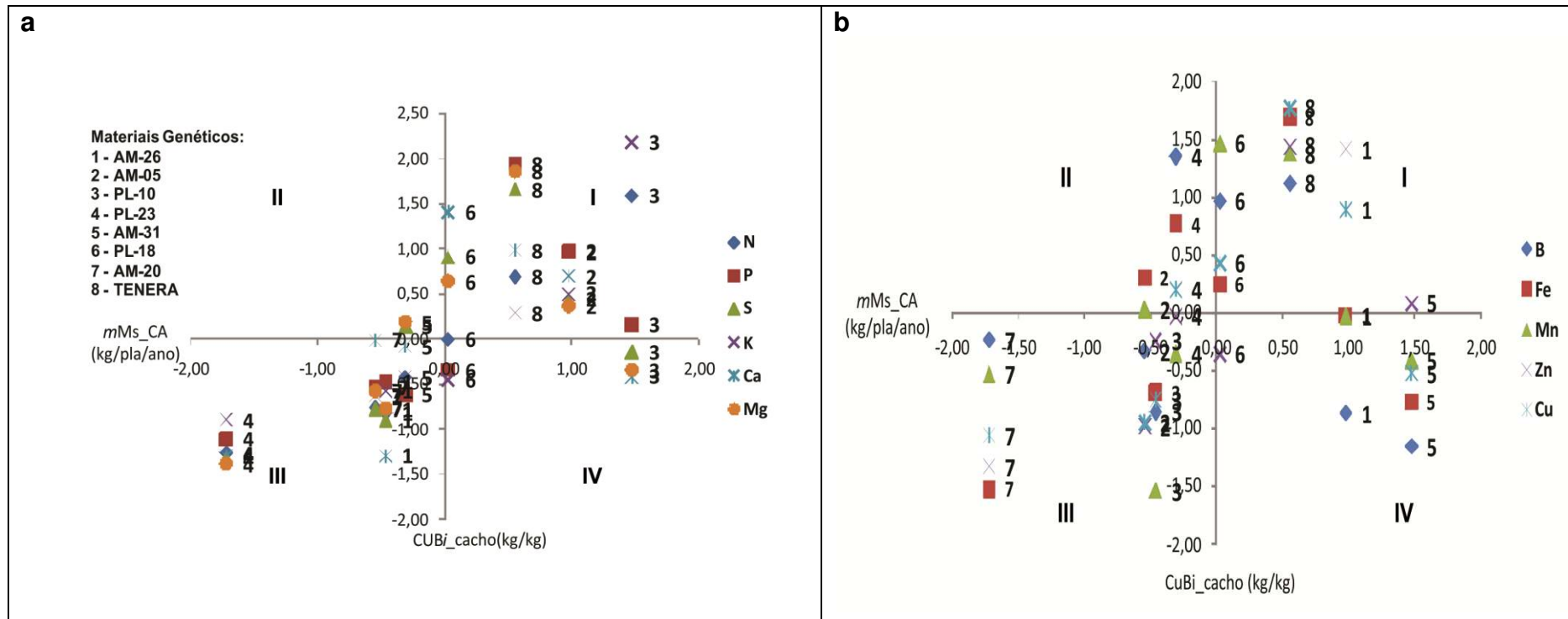
Os materiais genéticos mais eficientes quanto aos micronutrientes, pertencentes ao **grupo 1** (quadrante 1) foram: TENERA para todos os micronutrientes; PL-18 para o B, Fe, Mn e o Cu; AM-26 para o Cu e o Zn e AM-31 para o Zn. Já os materiais genéticos menos eficientes, pertencentes ao **grupo 2** (quadrante 3), foram: AM-20 e PL-10 para todos os micronutrientes; AM-05 para o Zn, Cu e o B e o PL-23 para o Mn.

O comportamento diferenciado do **grupo 1** é de grande interessante para a empresa, assim como foi mencionado que o **grupo 1** relacionado a eficiência de absorção e eficiência compartimentalizada (inverso do teor de nutrientes), pois os cachos é o produto de maior interesse das empresas extratoras de óleo. Assim como a produção dos cachos a qualidade do óleo é essencial para o domínio do mercado nacional e internacional.

Portanto, a separação dos materiais genéticos em grupo permitiu fazer o diagnóstico de quais materiais genéticos são mais eficientes, menor custo nutricional e também identificar aqueles que são mais exigentes para produzir cachos, permitindo assim que o manejo seja direcionado e específico conforme o material genético e a fertilidade do solo de cultivo.

Portanto, o comportamento diferenciado dos diferentes materiais genéticos quanto á eficiência nutricional considerando os índices descritos acima, reforça o que alguns autores afirmam, que genótipos distintos de plantas nem sempre reúnem todas as características desejáveis de eficiência para um ou mais nutrientes e que dificilmente será possível selecionar um material genéticos que possua alta eficiência na utilização para todos os nutrientes (SANTANA *et al.*, 2002).

Figura 9. Índices relativos de CUBi\_cacho de macro e micronutrientes em função do índice relativo da matéria seca de cachos



#### 4. CONCLUSÕES

- Há variabilidade entre os materiais genéticos quanto à produção de matéria seca dos compartimentos da parte aérea, destacando-se o clone AM-26 com a maior e o clone PL-23 com a menor produção de parte aérea, e o clone PL-10 com a maior produção de cachos por ocasião da amostragem realizada;
- Há variabilidade entre os materiais genéticos quanto à acumulação e partição de nutrientes nos diferentes compartimentos vegetais;
- O material seminal TENERA e o clone PL-10 foram aqueles em que a biomassa foliar apresentou a maior influência na produção de parte aérea e de cachos;
- Os materiais genéticos com maior eficiência do conteúdo foliar de nutrientes foliar para a produção de parte aérea foram: PL-23 para o P; PL-10 para o K e o PL-18 para o Ca; e para a produção de cachos foram: PL-10 para o N e K e o TENERA para o Mg e o P;
- A utilização do método dos quadrantes permitiu identificar os materiais genéticos quanto à avaliação conjunta da acumulação de nutrientes e produção de biomassa de parte aérea e de cachos e, também, identificar os materiais que com os menores teores de nutrientes da parte aérea produziram mais biomassa de parte aérea e de cachos;
- As diferenças identificadas neste trabalho entre os materiais genéticos de palma-de-óleo quanto à produção de biomassa e eficiência nutricional sugerem a possibilidade de seleção de materiais para condições distintas de fertilidade do solo, e a avaliação da viabilidade de adoção de distintos esquemas de manejo nutricional otimizados.

## REFERÊNCIAS

- ABRAPALMA. **Diagnostico da Palma de Óleo Brasileira**. Associação Brasileira de Produtores de Óleo de Palma. 2017.
- ABRAPALMA. **Planilha de mapeamento da palma de óleo no Brasil**. Associação Brasileira de Produtores de Óleo de Palma. 2014.
- AGROPALMA. **Croqui de localização das plantas selecionadas por material genético**. Documento interno da empresa. 2020c.
- AGROPALMA. **Croqui do plantio dos materiais genéticos no jardim clonal**. Documento interno da empresa. 2015.
- AGROPALMA. **Levantamento do plantios comerciais e área plantada na Agropalma**. Documento interno da empresa. 2022.
- AGROPALMA. **Localização do jardim clonal da empresa**. Documento interno da empresa. 2020a.
- AGROPALMA. **Práticas de fertilização realizadas na área experimental**. Documento interno da empresa. 2020b.
- ALVARADO, A.; ESCOBAR, R.; Seed production and oil palm breeding in ASD Costa Rica. **ASD Oil Palm Papers**, nº 47, p. 19-34, 2017.
- ALVES, S. A. O.; AMARAL; W. A. N.; HORBACH, M. A.; ANTIQUEIRA, L. M. O. R.; BRAGA, L. P.; DIAS, I. F. Caracterização dos recursos genéticos dos plantios de dendê no Estado do Pará. **Bioenergia em revista: diálogos**, v. 3, n. 1, p. 20-31, 2013.
- ARAÚJO, A. P. Eficiência vegetal de absorção e utilização de fósforo, com especial referência ao feijoeiro. *In*: NOVAIS, R.F., ALVAREZ V., V.H., SCHAEFFER, C.E.G.R. (eds.). **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p.163-212.
- ARTUZO, D.; ROGÉRIO, C.; XAVIER, L. Agricultura de precisão : inovação para a produção mundial de alimentos e otimização de insumos agrícolas. **Revista Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v. 13, n. 29, p. 146-161, 2017.
- BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K.; HE, Z. L. Nutrient use efficiency in plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 32, n. 7–8, p. 921-950, 2001.
- BARCELOS, E.; RIOS, S. A.; CUNHA, R. N. V.; LOPES, R.; MOTOIKE, S. Y.; BABIYCHUK, E.; SKIRCZ, A.; KUSHNIR, S. Oil palm natural diversity and the potential for yield improvement. **Front Plant Sci.**, v. 6, artigo 190, 2015.

- BARCELOS, E.; RODRIGUE, M. R. L.; SANTOS, J. A.; CUNHA, R. N. V. **Produção de Mudas de Dendzeiro na Amazônia**. Circular Técnica, Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2001. p. 1–12.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; CARMO, D. N.; NEVES, J. C. L. Classificação nutricional de sítios florestais - Descrição de uma metodologia. **Revista Árvore**, v. 10, n. 1, p. 112-120, 1986.
- BREURE, K. Búsqueda de Rendimiento em la Palma de Aceite: Principios Básicos. *In*: FAIRHURST, T.; HÄRDTER, R. (eds.). **The Oil Palm - Management for Large and Sustainable Yields**. Singapore: Potash and Phosphate Institute of Canada, International Potash Institute, 2003, 78-118 p.
- CARVALHO, M. **Embriogênese somática a partir de folhas imaturas e flores desenvolvidas in vitro de dendzeiro (*Elaeis guineenses* Jacq.)**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa- MG, 2009.
- CORLEY, R. H. V. How much palm oil do we need? **Environmental Science and Policy**, v. 12, p. 134-139, 2009.
- CORLEY, R. H. V., TINKER, P. B. **The Oil Palm**. New York: John Wiley & Sons, 2016.
- CORLEY, R. H. V.; TINKER, P. B. **La palma de aceite**. 4th ed. Bogota: Fedepalma, 2009.
- CORLEY, R. H. V.; TINKER, P. B. **The Oil Palm**. 5 ed. New York: John Wiley & Sons, 2016. 674 p.
- CORRÊA, T. R.; MOTOIKE, S. Y.; ANDRADE, A. P. S.; COSER, S. M.; QUEIROZ, V.; GRANJA, M. M. C. G.; CAETANO, D. D. N.; PEÑA, C. N. M.; PICOLI, E. A. T. Accelerated in vitro propagation of elite oil palm genotypes (*Elaeis guineenses* Jacq.) by substituting cytokinin with putrescine. **African Journal of Biotechnology**, v. 15, n. 50, p. 2768-2775, 2016.
- CUNHA, R. N. V.; LOPES, R.; GOMES JUNIOR, R. A.; RODRIGUES, M. R. L.; TEIXEIRA, P. C.; ROCHA, R. N. C.; LIMA, W. A. A. Material genético utilizado para a produção sustentável da cultura da palma de óleo na Amazônia. *In*: RAMALHO FILHO, A. *et al.* (eds). **Zoneamento, Agroecológico Produção e Manejo para a Cultura da Palma de Óleo na Amazônia**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 93-100p.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. *In*: NOVAIS, R. F. *et al.* (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 92–132.
- DUAN, Y.; XU, M.; GAO, S.; YANG, X.; HUANG, S.; LIU, H.; WANG, B. Nitrogen use efficiency in a wheat–corn cropping system from 15 years of manure and fertilizer applications. **Field Crops Research**, v. 157, p. 47–56, 2014.

DUFRENE, E.; SAUGIER, B. Gas Exchange of oil palm in relation to light, vapour pressure deficit, temperature and leaf age. **Functional Ecology**, n. 7, n. 1, p. 97-104, 1993.

EMBRAPA. **Dendê é opção para plantio em 30 milhões de hectares da Amazônia**. 2016.

FAIRHURST, T.; MUTERT, E. Interpretation and management of oil palm leaf analysis data. **Better Crops International**, v. 13, n. 1, p. 48-51, 1999.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; LI, Y. C. The Role of Nutrient Efficient Plants in Improving Crop Yields in the Twenty. **First Century Journal of Plant Nutrition**, v.31, p. 1121–1157, 2008.

FAGERIA, N. K. Optimizing nutrient use efficiency in crop production. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 62, p. 6–16, 1998.

FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432 p.

FEROLDI, M.; CREMONEZ, P. A.; ESTEVAM, A. Dendê: Do cultivo da palma à produção de biodiesel. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 5, p. 3800–3808, 2014.

GOH, K. J. Nutrición General de la Palma de Aceite. Fertilizing for maximum return. *In*: FAIRHURST, T.; HÄRDTER, R. (eds.), **The Oil Palm - Management for Large and Sustainable Yields**. Singapore: Potash & Phosphate Institute of Canada, Potash & Phosphate Institute, International Potash Institute, 2003, p. 213-256.

GOH, K. J.; GAN, H. H.; KEE, K. K.; CHEW, P. S.; TEOH, K. C. Boron Requirement and Distribution in the Oil Palm (*Elaeis guineenses* Jacq.) and Some Implications on Manuring Practices. *In*: XU, F.; GOLDBACH, H. E.; BROWN, P. H.; BELL, R. W.; FUJIWARA, T.; HUNT, C. D.; GOLDBERG, S.; SHI, L. (eds.). **Advances in Plant and Animal Boron Nutrition**. Springer, 1997. p. 189-202.

GOH, K. J.; HÄRDTER, R.; FAIRHURST, T. Fertilizing for maximum return. *In*: FAIRHURST, T.; HÄRDTER, R. (eds.), **The Oil Palm - Management for Large and Sustainable Yields**. Singapore: Potash & Phosphate Institute of Canada, Potash & Phosphate Institute, International Potash Institute, 2003. 382 p.

HÄNSCH, R.; MENDEL, R. R. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). **Current opinion in plant biology**, v. 12, n. 3, p. 259-266, 2009.

KER, J. C.; NEVES, J. C. L. **Relatório técnico Agropalma**. Tailândia - PA, UFV, 2010. 21 p. (Departamento de Solos – DPS/UFV).

KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. Tradução: Suzana Oellers Ferreira. **International Plant Nutrition Institute**. Encarte Técnico. Informações Agronômicas nº 118, 2007.

LAMADE, E.; TCHERKEZ, G.; DARLAN, N. H.; RODRIGUES, R. L.; FRESNEAU, C.; MAUVE, C.; LAMOTHE-SIBOLD, M.; SKETRIENÉ, D.; GHASHGHAIE, J. Natural <sup>13</sup>C distribution in oil palm (*Elaeis guineenses* Jacq.) and consequences for allocation pattern. **Plant Cell and Environment**, v. 39, n. 1, p. 199-212, 2016.

LOPES, A.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. *In*: NOVAIS, R. F. *et al.* (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 2-61.

LOURENÇO, H. M. **Crescimento e eficiência do uso de água e nutrientes em eucalipto fertirrigado**. 2009. 145 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3 ed. New York: Academic Press, 2012. 643 p.

MURPHY, D. J. Dendê: perspectivas futuras para melhorias de produtividade e qualidade. **Lipid Technology**, v. 21, p. 257-260, 2009.

MURPHY, D. J. Future prospects for oil palm in the 21st century: Biological and related challenges. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 109, n. 4, p. 296-306, 2007.

MUTERT, E.; FAIRHURST, T. H. Oil Palm Clones: Productivity Enhancement for the Future. **Better Crops International**, v. 13, n. 1, p. 45-47, 1999.

NÄSHOLM, T.; KIELLAND, K.; GANETEG, U. Uptake of organic nitrogen by plants. **New Phytologist**, v. 182, n.1, p. 31-48, 2009.

NEVES, J. C. L. **Produção e partição de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo**. 2000. 202 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), Campos dos Goitacazes, 2000.

NG, S. K. Review of oil palm nutrition and manuring - scope. **Oleagineux**, v. 32, n. 5, p. 197-209, 1977.

OLLIVIER, J.; FLORI, A.; COCHARD, B.; AMBLARD, P.; TURNBULL, N.; SYAHPUTRA, I.; SURYANA, E.; LUBIS, Z.; SURYA, E.; SIHOMBING, E.; GASSELIN, D. T. Genetic variation in nutriente uptake and nutrient use efficiency of oil palm. **Journal of Plant Nutrition**, v. 40, n. 4, p. 558-573, 2017.

RODRIGUES, M. R. L.; TEIXEIRA, P. C.; MACÊDO, J. L. V. de; CUNHA, R. N. V.; LOPES, R.; ROCHA, R. N. C.; TEIXEIRA, W. G. Avaliação do estado nutricional e manejo da fertilidade do solo para a produção sustentável da cultura da palma de óleo na Amazônia. *In*: RAMALHO FILHO, A.; MOTTA, P. E. F. da; FREITAS, P. L.

de; TEIXEIRA, W. G. (Ed.). **Zoneamento agroecológico, produção e manejo para a cultura da palma de óleo na Amazônia**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 115-126. il. color. Acompanha 1 CD-ROM e 1 DVD.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Eficiência de utilização de nutrientes e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios florestais do Estado de São Paulo. **Revista Árvore**, v. 26, p. 447-457, 2002.

SHORROCKS, V. M. The occurrence and correction of boron deficiency. **Plant and Soil**, v. 193, p. 121-148, 1997.

SOUSA, J. S. **Modelagem dos Componentes de Produção com Base na Condição Nutricional da Palma de Óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.)**. 2020. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2020.

SUNG, C. T. B. Availability, use, and removal of oil palm biomass in Indonesia. **The International Council on Clean Transportation**. 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEIXEIRA, R. O. **NDVI e sua relação com produtividade e estado nutricional da cultura da palma de óleo no Estado do Pará**. 2018. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2018.

TIEMANN, T. T.; DONOUGH, C. R.; LIM, Y. L.; HÄRDTER, R.; NORTON, R.; TAO, H. H.; JARAMILLO, R.; SATYANARAYANA, T.; ZINGORE, S.; OBERTHÜR, T. Feeding the Palm: A Review of oil Palm Nutrition. **Advances in Agronomy**, v. 152, p. 149-243, 2018.

USDA. **Oilseeds: World Markets and Trade**. 2017. USDA Foreign Agricultural Service. United States Department of Agriculture (USDA).

VIÉGAS, I. J. M. **Crescimento do dendezeiro (*Elaeis guineensis*, Jacq.), concentração, conteúdo e exportação de nutrientes nas diferentes partes de plantas com 2 a 8 anos de idade, cultivadas em Latossolo Amarelo Distrófico, Tailândia, Pará**. 1993. 217p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Calcium in plants. **Annals of botany**, v. 92, n. 4, p. 487-511, 2003.

WOITTIEZ, L. S.; VAN WIJK, M. T.; SLINGERLAND, M.; VAN NOORDWIJK, M.; GILLER, K. E. Yield gaps in oil palm: A quantitative review of contributing factors. **European Journal of Agronomy**, v. 83, p. 57-77, 2017.

WOO, Y. C.; OOI, S.H.; HARDTER, R. Potassium for clonal oil palm in the 21st century. In: Ifa-Fadinap Regional Conference for Asia and the Pacific. Ifa-Fadinap, **Annals**. Kuala Lumpur, Malaysia, 12-15 December 1994.

ZHANG, X.; DAVIDSON, E.; MUZERALL, D. L.; SEARCHINGER, T. D.; DUMAS, P.; SHEN, Y. Managing nitrogen for sustainable development. **Nature**, v. 528, n. 7580, p. 51–59, 2015.