



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**RAFAELA BATISTA MAGALHÃES**

**LEGUMINOSAS ARBÓREO-ARBUSTIVAS COMO FONTE DE NUTRIENTES EM  
PLANTIO DE COQUEIRO**

**FORTALEZA**

**2023**

RAFAELA BATISTA MAGALHÃES

LEGUMINOSAS ARBÓREO-ARBUSTIVAS COMO FONTE DE NUTRIENTES EM  
PLANTIO DE COQUEIRO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Ciência do Solo, Área de concentração: Manejo do Solo e da Água.

Orientadora: Profa. Dra. Mirian Cristina Gomes Costa.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Federal do Ceará

Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- M1681 Magalhães, Rafaela Batista.  
Leguminosas arbóreo-arbustivas como fonte de nutrientes em plantio do coqueiro / Rafaela Batista Magalhães. – 2023.  
165 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Fortaleza, 2023.  
Orientação: Prof. Dr. Mirian Cristina Gomes Costa.
1. Cocos nucifera. 2. Fertilidade do solo. 3. Adubação verde. I. Título.

CDD 631.4

---

RAFAELA BATISTA MAGALHÃES

LEGUMINOSAS ARBÓREO-ARBUSIVAS COMO FONTE DE NUTRIENTES EM  
PLANTIO DE COQUEIRO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Ciência do Solo, Área de concentração: Manejo do Solo e da Água.

Aprovada em: 24/01/2023

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Mirian Cristina Gomes Costa (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Julius Blum (Membro)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Helon Hébano de Freitas Sousa (Membro)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Isabel Cristina da Silva Araújo (Membro)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Maria Ivanilda Aguiar (Membro)  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab)

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo que tem me proporcionado.

À Nossa Senhora e ao meu Anjo da Guarda, por toda proteção durante todo período do doutorado.

Aos meus pais, por sempre me apoiarem e me ensinarem o verdadeiro significado do que é uma família. Vocês são a razão de todo meu esforço.

Ao meu irmão, por todo apoio e amizade. Sua ajuda foi fundamental em todos os momentos.

À Professora Dra. Mirian Cristina, pela confiança, ajuda e por sempre me incentivar a buscar o melhor. Se todo pós-graduando tivesse a sorte de ter um orientador (a) parecido com a senhora, o “mundo científico” seria bem mais fácil de enfrentar.

À Deyse Maia, por toda ajuda ao longo desses anos e por sempre me incentivar. Você faz toda diferença no laboratório de Manejo do Solo.

À empresa Ducoco, por ter me dado a oportunidade e apoio para realização do experimento.

À empresa Dikoco por toda confiança e ajuda na continuidade do experimento.

Aos funcionários e ex-funcionários da Ducoco e Dikoco (André, Mayara, Daniel, Leandro, Clébia, Nicinha, Doris, Jesus, Elizio, Maurício, Márcio e César) por toda prontidão em me ajudar. Vocês foram essenciais para que tudo desse certo.

Aos ex-bolsistas ICs, Ruan, Denyson, Brenda e Mariana, pela ajuda em todos os momentos e pela companhia nas nossas viagens de campo. Sem vocês não teria conseguido fazer metade do que conseguimos.

Aos membros e ex-membros do Laboratório de Manejo do Solo, John, Lucas, Laís, Vitória, Mariana e André, por toda amizade, ajuda e confiança.

Aos professores e funcionários do Departamento de Ciência do Solo, por todo conhecimento repassado e por toda dedicação.

Ao Luis Felipe, por toda ajuda e amizade nessa caminhada.

Aos colegas do Departamento de Ciência do Solo, por toda amizade, toda palavra de incentivo, ajuda e risadas.

À Universidade Federal do Ceará e a CAPES, pelo auxílio e concessão da bolsa.

À todos que de alguma forma colaboraram e incentivaram a realização deste trabalho.

## RESUMO

A sustentabilidade da cocoicultura pode ser favorecida pelo manejo de leguminosas que disponibilizem nutrientes à cultura principal. Contudo, a adequação da espécie de leguminosa e sua densidade de plantio depende das condições edafoclimáticas. Neste estudo foram testadas as seguintes hipóteses: 1) A espécie *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth (*M. Caesalpiniaefolia*), cultivada em sequeiro em solo arenoso de região com baixa disponibilidade hídrica, se desenvolve melhor e disponibiliza mais nitrogênio (N) e outros nutrientes para o coqueiro a partir da poda da biomassa da parte aérea quando comparada à *Gliricidia sepium* (Jacq) Kunth ex Walp (*G. sepium*); 2) A menor densidade de plantas favorece a produção de biomassa das leguminosas e o maior acúmulo de N e nutrientes para disponibilizar aos coqueiros; 3) O N e os demais nutrientes provenientes da poda das leguminosas têm sua disponibilidade no solo aumentada; 4) O N e os demais nutrientes provenientes da poda das leguminosas são absorvidos pelos coqueiros favorecendo seu estado nutricional; 5) O N e os demais nutrientes acumulados na biomassa das leguminosas representam benefícios econômicos no manejo dos coqueirais. O estudo foi conduzido em Itarema (CE), com delineamento em blocos ao acaso e esquema fatorial 2 x 3 + 1 com quatro repetições. Os fatores de tratamento foram duas espécies de leguminosas (*M. caesalpiniaefolia* e *G. sepium*) em três densidades de plantio: baixa (10.000 plantas/ha), média (20.000 plantas/ha) e alta (40.000 plantas/ha), além de tratamento adicional (vegetação de regeneração). As leguminosas foram plantadas em 2019 e podadas em dois ciclos (2020 e 2021). As avaliações foram: biomassa de poda e acúmulo de nutrientes; teores de nutrientes no solo coletado após as podas; estado nutricional; peso de frutos dos coqueiros e análise econômica. Os dados foram submetidos à análise de variância, testes de Tukey e de Dunnett a 5% de significância e à análise multivariada (SAS). No primeiro ciclo a *M. caesalpiniaefolia* produziu mais biomassa seca na densidade alta (7,6 Mg ha<sup>-1</sup>) e acumulou mais nutrientes, com destaque para C (334 kg ha<sup>-1</sup>). No segundo ciclo a *G. sepium* produziu mais biomassa seca e acumulou mais nutrientes, com destaque para N, K e Mg (673,3; 428,19 e 46,5 e kg ha<sup>-1</sup>). No primeiro ciclo a *G. sepium* na densidade média impactou a disponibilidade de Mg e N no solo cujos teores foram 1,5 e 1,8 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. O estado nutricional dos coqueiros e o peso de frutos não foram afetados pelas leguminosas nas densidades de plantio. A *G. sepium* na densidade média é mais adequada para plantio consorciado com coqueiro nas condições edafoclimáticas similares às do sítio experimental, havendo necessidade de complementar a adubação para suprir as demandas da cultura, bem como necessidade de avaliação a longo

prazo para melhor entendimento da ciclagem dos nutrientes provenientes dos resíduos de poda das leguminosas.

**Palavras chaves:** *Cocos nucifera*; fertilidade do solo; adubação verde.

## ABSTRACT

The sustainability of coconut farming can be favored by the management of legumes that provide nutrients to the main crop. The variety of legume species and their planting density depend on soil and climate conditions. In this study, the following hypotheses were tested: 1) The species *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth (*M. Caesalpiniaefolia*), cultivated in rainfed in sandy soil availability in the region with low water content, develops better and provides more availability (N) and other nutrients to the coconut tree from pruning the biomass of the aerial part when selected to *Gliricidia sepium* (Jacq) Kunth ex Walp (*G. sepium*); 2) Lower plant density favors the production of leguminous biomass and greater accumulation of nutrients to make available to coconut trees; 3) N and other nutrients from legume pruning have their availability in the soil increased; 4) N and other nutrients from the pruning of legumes are absorbed by their coconut status, favoring their nutritional status; 5) N and other nutrients accumulated in the environmental biomass of agricultural legumes in the management of coconut trees. The study was carried out in Itarema (CE), with a randomized block design and a 2 x 3 + 1 factorial scheme with four replications. The treatment factors were two legume species (*M. caesalpiniaefolia* and *G. sepium*) at three planting densities: low (10,000 plants/ha), medium (20,000 plants/ha), high (40,000 plants/ha) and additional treatment. (regeneration vegetation). Legumes were planted in 2019 and pruned in two cycles (2020 and 2021). The evaluations were: biomass and nutrient accumulation in the pruning biomass; nutrient contents in the soil collected after pruning; nutritional status and fruit weight of coconut trees. Data were submitted to analysis of variance, Tukey's and Dunnett's tests at 5% significance and to multivariate analysis (SAS). In the first cycle, *M. caesalpiniaefolia* showed higher production of dry biomass at high density (7.6 Mg ha<sup>-1</sup>), as well as greater accumulation of nutrients, especially C (334 kg ha<sup>-1</sup>). In the second cycle, *G. sepium* showed higher production of dry biomass, as well as higher accumulation of nutrients, especially N, K and Mg (673.3, 428.19 and 46.5 and kg ha<sup>-1</sup>). In the first cycle, *G. sepium* at medium density impacted the availability of Mg and N in the soil, whose contents were 1.5 and 1.8 g kg<sup>-1</sup>, respectively. The nutritional status of coconut palms and fruit weight were not affected by legumes at planting densities. *G. sepium* at medium density is more suitable for intercropping with coconut trees in soil and climatic conditions similar to the experimental site. nutrients from legume pruning residues.

**Keywords:** *Cocos nucifera*; soil fertility; green manure.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Localização do município de Itarema no estado do Ceará.....	31
Figura 2	– Balanço hídrico climatológico com precipitação (PP), evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração relativa (ETR) nos anos 2019 (A), 2020 (B) e 2021 (C).....	33
Figura 3	– Extrato do balanço hídrico climatológico e capacidade de armazenamento de água (CAD) no solo nos anos de 2019 (A), 2020 (B) e 2021 (C).....	35
Figura 4	– Croqui da distribuição dos tratamentos nas parcelas da área experimental.....	36
Figura 5	– Esquema (A) e fotos das parcelas experimentais com a <i>G. sepium</i> (B) e <i>M. caesalpiniaefolia</i> (C) em densidade baixa (10.000 plantas/ha).....	37
Figura 6	– Esquema (A) e fotos das parcelas experimentais com a <i>G. sepium</i> (B) e <i>M. caesalpiniaefolia</i> (C) em densidade média (20.000 plantas/ha).....	38
Figura 7	– Esquema (A) e fotos das parcelas experimentais com a <i>G. sepium</i> (B) e <i>M. caesalpiniaefolia</i> (C) em densidade alta (40.000 plantas/ha).....	39
Figura 8	– Viveiro onde foram produzidas mudas de <i>G. sepium</i> e <i>M. caesalpiniaefolia</i> utilizadas no estudo (Itarema, CE).....	40
Figura 9	– Área experimental antes do preparo do solo (A), detalhe da cova para plantio das mudas das leguminosas (B) e parcela experimental após o plantio das mudas de leguminosas (C).....	41
Figura 10	– Parcela experimental antes da poda (A), após a poda (B) e material vegetal podado das leguminosas depositado ao redor do coqueiro (C).....	43
Figura 11	– Local da coleta de solo.....	48
Figura 12	– Coleta (A) e descasque do fruto (B) para pesagem.....	50
Figura 13	– ACP-Biplot com dois componentes principais do ciclo 1 (A) e ciclo 2 (B).....	68
Figura 14	– ACP-Biplot com dois componentes principais do ciclo 1 (A) e ciclo 2 (B) dos atributos químicos do solo.....	105

Figura 15 – ACP-Biplot com dois componentes principais do ciclo 1 (A) e ciclo 2 (B)  
do estado nutricional do coqueiro..... 123

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	– Interação dos valores de massa fresca das leguminosas e controle no ciclo 1.....	50
Gráfico 2	– Comparação da massa seca entre as leguminosas (A) e nas densidades de plantio (B) em relação ao observado no controle no ciclo 1.....	51
Gráfico 3	– Comparação da massa fresca entre as leguminosas (A) e nas densidades de plantio (B) em relação ao observado no controle no ciclo 2.....	52
Gráfico 4	– Comparação da massa seca entre as leguminosas (A) e nas densidades de plantio (B) em relação ao observado no controle no ciclo 2.....	52
Gráfico 5	– Acúmulo de nitrogênio na biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1 (A) e ciclo 2 (C) e nas densidades no ciclo 1 (B) e ciclo 2 (D).....	53
Gráfico 6	– Acúmulo de fósforo na biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1 (A) e ciclo 2 (C) e nas densidades no ciclo 1 (B) e ciclo 2 (D).....	55
Gráfico 7	– Valores da interação do acúmulo de potássio na biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.....	57
Gráfico 8	– Acúmulo de potássio na biomassa das leguminosas e do controle (A) e nas densidades (B) no ciclo 2.....	57
Gráfico 9	– Valores da interação do acúmulo de cálcio na biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1 (A) e ciclo 2 (B).....	59
Gráfico10	– Acúmulo de magnésio na biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1 (A) e ciclo 2 (C) e nas densidades no ciclo 1 (B) e ciclo 2 (D).....	61
Gráfico 11	– Acúmulo do carbono na biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1 (A) e ciclo 2 (C) e nas densidades no ciclo 1 (B) e ciclo 2 (D).....	62
Gráfico12	– □ Valores da interação do acúmulo de Na na biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.....	63
Gráfico13	– Acúmulo de sódio na biomassa das leguminosas e do controle (A) e nas densidades (B) no ciclo 2.....	64

Gráfico14 – Valores da interação do acúmulo de ferro na biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.....	65
Gráfico15 – Acúmulo de ferro na biomassa das leguminosas e do controle (A) e nas densidades (B) no ciclo 2.....	65
Gráfico 16 – Valores da interação do acúmulo de manganês na biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.....	66
Gráfico 17 – Relação C/N da biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1 (A) e ciclo 2 (C) e nas densidades no ciclo 1 (B) e ciclo 2 (D).....	72
Gráfico 18 – Valores da interação da relação C/P na biomassa das leguminosas no ciclo 1 (A) e na biomassa das leguminosas e do controle (B) e nas densidades de plantio (C) das leguminosas nos ciclos 2.....	73
Gráfico 19 – Médias dos teores de sódio na camada de 0-20 cm do solo adubado com a biomassa das leguminosas em diferentes densidades de plantio e do controle no ciclo 1.....	75
Gráfico 20 – Médias dos teores de sódio no solo na camada de 20-40 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas espécies no ciclo 1.....	75
Gráfico 21 – Valores médios da interação do teor de sódio no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.....	76
Gráfico 22 – Médias dos teores de sódio no solo na camada 20-40 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas espécies e na densidade no ciclo 2.....	76
Gráfico 23 – Médias de potássio na camada de 0-20 cm do solo adubado com a biomassa das leguminosas em diferentes espaçamentos de plantio e do controle no ciclo 1.....	77
Gráfico 24 – Médias de potássio no solo na camada 20-40 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas espécies e na densidade no ciclo 1.....	78
Gráfico 25 – Médias de potássio no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas espécies e na densidade no ciclo 2.....	78

Gráfico 26 – Valores médios da interação do teor de potássio no solo na camada 20-40 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.....	78
Gráfico 27 – Valores médios dos teores de Ca no solo no ciclo 1 de manejo das leguminosas, com respostas às densidades de plantio na camada de 0-20 cm do solo (A) e respostas à interação entre os fatores de tratamento na camada de 20-40 cm (B).....	79
Gráfico 28 – Valores médios da interação do teor de cálcio no solo na camada de 0-20 cm adubada com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.....	80
Gráfico 29 – Médias de cálcio no solo na camada 20-40 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas densidades no ciclo 2.....	81
Gráfico 30 – Valores médios da interação do teor de magnésio no solo na camada de 0-20 cm (A) e na camada de 20-40 cm (B) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.....	82
Gráfico 31 – Médias de cálcio no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas densidades no ciclo 2.....	83
Gráfico 32 – Valores médios da interação da soma de bases no solo nas camadas de 0-20 cm (A) e 20-40 cm (B) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.....	84
Gráfico 33 – Valores médios da interação da soma de bases no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.....	85
Gráfico 34 – Médias da soma de bases no solo na camada 20-40 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas espécies e nas densidades no ciclo 2.....	85
Gráfico 35 – Médias da acidez potencial no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas densidades no ciclo 2.....	86
Gráfico 36 – Valores médios da interação da acidez potencial no solo (camada 20-40cm) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.....	87

Gráfico 37 – Médias da CTC no solo na camada de 0-20 cm (A) e valores médios da interação da CTC no solo na camada de 20-40 cm (B) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas densidades no ciclo 1.....	88
Gráfico 38 – Médias da CTC no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas densidades no ciclo 2.....	89
Gráfico 39 – Médias da CTC no solo (camada 20-40cm) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas espécies e nas densidades no ciclo 2.....	89
Gráfico 40 – Valores médios da interação do fósforo no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.....	90
Gráfico 41 – Valores médios da interação do fósforo no solo (camada 20-40cm) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.....	90
Gráfico 42 – Valores médios da interação do fósforo no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.....	91
Gráfico 43 – Valores médios da interação do nitrogênio no na camada 0-20 cm (A) e médias de nitrogênio no solo na camada de 20-40 cm (B) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.....	92
Gráfico 44 – Médias do nitrogênio no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas densidades no ciclo 2.....	93
Gráfico 45 – Médias do nitrogênio no solo (camada 20-40 cm) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas espécies e nas densidades no ciclo 2.....	93
Gráfico 46 – Valores médios da interação do carbono no solo nas camadas 0-20 cm (A) e 20-40 cm (B) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.....	95
Gráfico 47 – Médias do carbono no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas densidades no ciclo 2.....	96
Gráfico 48 – Médias de zinco (A) na camada 0-20 cm e valores médios da interação do zinco (B) na camada de 20-40 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas espécies e nas densidades no ciclo 1.....	97

Gráfico 49 – Médias do zinco (A) no solo na camada 0-20 cm e valores médios da interação do zinco (B) no solo na camada 20-40 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas espécies e nas densidades no ciclo 2.....	98
Gráfico 50 – Valores médios da interação do manganês no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.....	99
Gráfico 51 – Valores médios da interação do manganês no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.....	99
Gráfico 52 – Valores médios da interação do cobre (A) no solo na camada 0-20 cm e médias do cobre (B) no solo na camada de 20-40 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas espécies e nas densidades no ciclo 1.....	100
Gráfico 53 – Valores médios da interação do cobre no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.....	102
Gráfico 54 – Médias do cobre no solo (camada 20-40 cm) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas densidades no ciclo 2.....	102
Gráfico 55 – Valores médios da interação do ferro no solo (camada 20-40 cm) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.....	103
Gráfico 56 – Médias do ferro no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas espécies no ciclo 2.....	104
Gráfico 57 – Valores médios da interação do ferro no solo (camada 20-40 cm) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.....	104
Gráfico 58 – Valores médios de sódio nos coqueiros adubados com a biomassa das leguminosas e do controle e nas densidades no ciclo 1.....	113
Gráfico 59 – Valores médios da interação do sódio no coqueiro adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.....	113
Gráfico 60 – Teores foliares médios de potássio nos coqueiros adubados com a biomassa das leguminosas e do controle e nas densidades de plantio das leguminosas no ciclo 1.....	114

Gráfico 61 – Valores médios de potássio nos coqueiros adubados com a biomassa das leguminosas e do controle e nas densidades no ciclo 2.....	114
Gráfico 62 – Valores médios de magnésio nos coqueiros adubados com a biomassa das leguminosas plantadas em diferentes densidades no ciclo 1.....	115
Gráfico 63 – Valores médios da interação do teor de magnésio no coqueiro adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.....	116
Gráfico 64 – Valores médios da interação do teor de cálcio no coqueiro adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.....	117
Gráfico 65 – Valores médios de nitrogênio nos coqueiros adubados com a biomassa das leguminosas (A) e do controle e nas densidades (B) no ciclo 2.....	118
Gráfico 66 – Valores médios de zinco nos coqueiros adubados com a biomassa das leguminosas (A) e do controle e nas densidades (B) no ciclo 1.....	119
Gráfico 67 – Valores médios da interação do teor de cobre no coqueiro adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.....	120
Gráfico 68 – Valores médios da interação do teor de cobre no coqueiro adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.....	120
Gráfico 69 – Valores médios da interação do teor de ferro no coqueiro adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.....	121
Gráfico 70 – Valores médios de manganês nos coqueiros adubados com a biomassa das leguminosas e do controle e nas densidades no ciclo 2.....	121
Gráfico 71 – Médias do peso dos frutos do coqueiro no ciclo 1 (A e B) e ciclo 2 (C e D).....	127



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Diferença entre médias para o teste de Dunnet para acúmulo de sódio, macronutrientes, micronutrientes, nitrogênio e carbono nas leguminosas.....	70
Tabela 2	– Diferença entre médias para o teste de Dunnet para os atributos químicos do solo no ciclo 1.....	109
Tabela 3	– Diferença entre médias para o teste de Dunnet para os atributos químicos do solo no ciclo 2.....	111
Tabela 4	– Diferença entre médias para o teste de Dunnet para o estado nutricional do coqueiro.....	125
Tabela 5	– Custo operacional para a implantação e manutenção do experimento nos dois primeiros anos.....	127
Tabela 6	– Quantidade de nitrogênio aportado ao solo pela biomassa das plantas conversão em quantidade (kg) de fertilizante (ureia com 45% de N) e seu valor em reais.....	129
Tabela 7	– Quantidade de fósforo aportado ao solo pela biomassa das plantas conversão em quantidade (kg) de fertilizante (superfosfato simples contendo 18% de P) e seu valor em reais.....	130
Tabela 8	– Quantidade de potássio aportado ao solo pela biomassa das plantas convertido em total de fertilizante (KCl) e seu valor em reais.....	131
Tabela 9	– Quantidade de cálcio aportado ao solo pela biomassa das plantas conversão em quantidade (kg) de calcário dolomítico e seu valor em reais...	132
Tabela 10	– Quantidade de magnésio aportado ao solo pela biomassa das plantas conversão em quantidade (kg) de calcário e seu valor em reais.....	133
Tabela 11	– Quantidade de cobre aportado ao solo pelo os tratamentos e a quantidade do aportado em fertilizantes (FTE BR12 com 0,8% de Cu) e em reais.....	134
Tabela 12	– Quantidade de ferro aportado ao solo pelo os tratamentos e a quantidade do aportado em fertilizantes (FTE BR12 contendo 3% de Fe) e em reais.....	135

Tabela 13 – Quantidade de manganês aportado ao solo pelo os tratamentos e a quantidade do aportado em fertilizantes (FTE BR12 com 2% de Mn) e em reais.....	136
Tabela 14 – Quantidade de zinco aportado ao solo pelo os tratamentos e a quantidade do aportado em fertilizante (FTE BR 2 contendo 9% de Zn) e em reais.....	137

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	21
<b>2.1</b>	<b>A cultura do coqueiro: mundo, Brasil, Nordeste e Ceará</b> .....	21
<b>2.1.1</b>	<i>Estado nutricional da cultura do coqueiro</i> .....	22
<b>2.2</b>	<b>Manejo do solo para a oferta de nutrientes às culturas</b> .....	23
<b>2.3</b>	<b>Leguminosas arbóreo-arbustivas em sistemas de manejo</b> .....	26
<b>2.3.1</b>	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq) Kunth ex Walp (Gliricídia) .....	26
<b>2.3.2</b>	<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth (Sabiá) .....	27
<b>2.4</b>	<b>Formas de avaliar o aproveitamento do N proveniente de resíduos orgânicos</b> .....	28
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	31
<b>3.1</b>	<b>Descrição da área de estudo</b> .....	31
<b>3.2</b>	<b>Delineamento experimental e tratamentos</b> .....	35
<b>3.3</b>	<b>Instalação e condução do experimento</b> .....	40
<b>3.4</b>	<b>Avaliações</b> .....	44
<b>3.4.1</b>	<i>Avaliações nas leguminosas</i> .....	44
<b>3.4.2</b>	<i>Avaliações no solo</i> .....	45
<b>3.4.3</b>	<i>Avaliação do estado nutricional e peso dos frutos dos coqueiros</i> .....	46
<b>3.4.4</b>	<i>Avaliação do custo operacional e estimativa do valor da quantidade de nutrientes aportado ao solo convertido em fertilizantes</i> .....	49
<b>3.4.5</b>	<i>Análises estatísticas</i> .....	49
<b>4</b>	<b>RESULTADO E DISCUSSÃO</b> .....	50
<b>4.1</b>	<b>Biomassa das leguminosas</b> .....	50
<b>4.2</b>	<b>Acúmulo de macronutrientes, carbono, sódio e micronutrientes na biomassa das leguminosas</b> .....	52
<b>4.2.1</b>	<i>Macronutrientes</i> .....	52
<b>4.2.2</b>	<i>Carbono</i> .....	61
<b>4.2.3</b>	<i>Sódio</i> .....	63
<b>4.2.4</b>	<i>Micronutrientes</i> .....	64
<b>4.2.5</b>	<i>Análise de componentes principais para acúmulo de nutrientes na biomassa das leguminosas</i> .....	67

4.2.6	<i>Teste de Dunnet para acúmulo de nutrientes na biomassa das leguminosas</i> .....	69
4.3	<b>Relação C/N e C/P da biomassa das leguminosas</b> .....	71
4.4	<b>Atributos químicos do solo</b> .....	73
4.4.1	<i>Análise de componentes principais para os atributos do solo</i> .....	105
4.4.2	<i>Teste de Dunnet para atributos químicos do solo</i> .....	107
4.5	<b>Estado nutricional dos coqueiros</b> .....	112
4.5.1	<i>Análise de componentes principais para o estado nutricional do coqueiro</i> .....	122
4.5.2	<i>Teste de Dunnet para estado nutricional do coqueiro</i> .....	123
4.6	<b>Peso dos frutos</b> .....	126
4.7	<b>Análise econômica</b> .....	127
4.7.1	<i>Estimativa do custo da implantação e manutenção do experimento nos três primeiros anos</i> .....	127
4.7.2	<b>Estimativa do valor financeiro da quantidade de nutrientes aportada ao solo</b> .....	128
5	<b>CONCLUSÕES</b> .....	139
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	140
	<b>ANEXO A – Descrição geral e características morfológicas do perfil 1</b> .....	154
	<b>ANEXO B – Análise física e química do perfil 1</b> .....	155
	<b>ANEXO C - Descrição geral e características morfológicas do perfil 2</b> .....	156
	<b>ANEXO D – Análise física e química do perfil 2</b> .....	157
	<b>ANEXO E – Quadro resumo da anova dos valores de biomassa e acúmulo de nutrientes nas leguminosas no ciclo 1 e ciclo 2</b> .....	158
	<b>ANEXO F - Quadro resumo da anova dos atributos do solo no ciclo 1 e ciclo 2</b> .....	160
	<b>ANEXO G - Quadro resumo da anova do estado nutricional e peso dos frutos dos coqueiros</b> .....	164

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do coqueiro é considerada uma das mais importantes nas regiões de clima tropical, pois o aproveitamento de todas as partes das plantas traz inúmeros benefícios sócio-econômicos. A necessidade de conservar os solos dos coqueirais e a demanda nutricional das plantas reforçam que o manejo adequado do solo é imprescindível para a cocoicultura. Para suprir as exigências nutricionais das plantas tem sido evidenciada a relevância de fontes alternativas de nutrientes, tendo em vista que a disponibilidade de fontes minerais convencionalmente utilizadas é limitada e, juntamente com os custos, sofre a influência de acontecimentos mundiais como pandemias e guerras.

A utilização de leguminosas arbóreo-arbustivas como adubadoras se enquadra como prática conservacionista vegetativa, apresentando também caráter edáfico. Leguminosas promovem fixação biológica de nitrogênio (N) que ocorre por meio da simbiose entre bactérias e as raízes das plantas. O N e outros nutrientes acumulados na biomassa das leguminosas podem ser disponibilizados à cultura principal mediante manejo adequado, aproximando mais a agricultura da sustentabilidade, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico. O estabelecimento de leguminosas nas entrelinhas dos coqueiros é favorecido porque o espaçamento adotado para a cultura é amplo.

Porém, para que a fixação biológica viabilize a disponibilidade de N para a cultura principal trazendo benefícios econômicos, é importante que os custos de estabelecimento e de condução das leguminosas seja o menor possível, que elas disponibilizem outros nutrientes além do N e que os nutrientes sejam aproveitados pela cultura principal. Nesse contexto, é desejável que as leguminosas sejam tolerantes à baixa disponibilidade hídrica, de modo que apresentem expressiva produção de biomassa e acúmulo de nutrientes sem necessidade de irrigação. Adicionalmente, deve haver uma densidade ideal de plantas que permita que as leguminosas arbóreas expressem seu máximo potencial de produção de biomassa e acúmulo de nutrientes nas condições edafoclimáticas em que forem estabelecidas.

Com base no que foi exposto, este estudo parte das seguintes hipóteses: 1) A espécie *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth, cultivada em coqueiro em solo arenoso de região com baixa disponibilidade hídrica, se desenvolve melhor e disponibiliza mais nitrogênio (N) e outros nutrientes para o coqueiro a partir da poda da biomassa da parte aérea quando comparada à *Gliricidia sepium*; 2) A menor densidade de plantas favorece a produção de biomassa das leguminosas e o maior acúmulo de N e nutrientes para disponibilizar aos coqueiros; 3) O N e os demais nutrientes provenientes da poda das leguminosas têm sua

disponibilidade no solo aumentada após um mês da poda; 4) O N e os demais nutrientes provenientes da poda das leguminosas são absorvidos pelos coqueiros favorecendo seu estado nutricional; 5) O N e os demais nutrientes acumulados na biomassa das leguminosas representam benefícios econômicos no manejo dos coqueirais. Os objetivos do estudo foram: avaliar a produção de biomassa e acúmulo de nutrientes nas leguminosas; analisar os teores de nutrientes e outros atributos de fertilidade do solo após a poda das leguminosas; analisar o estado nutricional e a produção dos coqueiros; realizar balanço econômico da oferta de nutrientes pelas leguminosas.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A cultura do coqueiro: mundo, Brasil, Nordeste e Ceará**

Pelos inúmeros produtos gerados, o coqueiro (*Cocos nucifera*) é considerado uma planta de múltiplas funcionalidades, sendo um recurso vegetal vital para a humanidade. As variedades mais importantes dessa espécie são: Typica (gigante) e Nana (anã). O híbrido mais usado comercialmente é proveniente do cruzamento entre essas duas variedades (ARAGÃO *et al.*, 1999).

O coqueiro é encontrado em mais de 200 países e cultivado em cerca de 90 países que apresentam condições favoráveis ao desenvolvimento da cultura, tais como: solo arenoso, boa umidade, radiação solar intensa e precipitação bem distribuída. Em torno de 70% da produção mundial se localiza no continente asiático (FAO, 2014). O Brasil é responsável por 4,5% da produção mundial de coco, ficando atrás somente da Indonésia, Filipinas, Índia e Sri Lanka (ETENE, 2021). O principal destino do fruto do coqueiro no mercado mundial é a produção de copra, devido a maior facilidade de aproveitamento. A produção total de copra no biênio 2020/2021 foi de 5,8 milhões de toneladas métricas (ETENE, 2021).

A cultura do coqueiro chegou ao Brasil pelo estado da Bahia. Por apresentar condições favoráveis para o seu desenvolvimento, a região Nordeste foi a primeira em que a cultura foi desenvolvida, seguida pela região Norte. Nos dias de hoje, o coqueiro se encontra em todas as regiões do país (MARTINS e JESUS JUNIOR, 2014). A produção brasileira está direcionada para a produção de coco fresco e seco. O coco fresco é destinado à produção de água e é colhido quando começa a formação do albúmen, enquanto o coco seco é destinado ao comércio da copra e sua colheita é feita quando o albúmen está completamente sólido. De acordo com o IBGE, a área colhida com coco em 2021 no Brasil foi de 186.392 hectares, resultando em produção de 1.638.573 mil frutos, com rendimento médio de 8.791 kg/ha.

A região Nordeste do Brasil se destaca como a maior produtora, sendo responsável por 75,3% da produção nacional, seguida pelas regiões Sudeste, Norte, Centro-Oeste e Sul com 12,9%, 10,7%, 0,7% e 0,1% da produção nacional, respectivamente. Os estados com maiores produções são Ceará, Bahia, Pará, Sergipe, Espírito Santo e Pernambuco, com 23,5%, 20,1%, 10,2%, 10,0%, 8,8% e 8,2%, respectivamente (IBGE, 2021). A maior parte da produção brasileira se localiza na faixa do litoral do Nordeste, justamente por ser favorecida pela condição de tropicalidade climática (MARTINS e JESUS JUNIOR, 2014).

Observa-se que a produção de coco no Ceará aumentou no período de 1980 a 2020. A partir de dados do IBGE, nota-se que a produção em 1986 foi superior a 117 mil toneladas, enquanto que no ano de 2020 a produção excedeu as 405 mil toneladas. Os números mostram que a produção de coco no Ceará aumentou em um período de 40 anos. A região cearense que mais se destaca na produção de coco é a do litoral Oeste, com destaque para o município de Paraipaba (IBGE, 2021).

### **2. 1. 1. Estado nutricional da cultura do coqueiro**

A nutrição mineral equilibrada é relevante para a obtenção de produção adequada do coqueiro (FONTES *et al.*, 2002). Por apresentarem crescimento contínuo, os coqueiros removem elevada quantidade de nutrientes, fazendo com que haja a necessidade de aplicação de fertilizantes (RIBEIRO *et al.*, 2016). Segundo Lins *et al.* (2021) a adubação é a prática que mais impacta a produtividade da cultura. Para Matias *et al.* (2006), o desenvolvimento vegetativo do coqueiro, o volume e a qualidade da produção são afetados pelo estado nutricional da planta.

Para Sobral e Santos (1987), a análise de tecido foliar é uma opção para avaliar o estado nutricional da planta e para ajudar na recomendação de adubação. Fontes *et al.* (2002) indicam que as folhas que devem ser utilizadas como amostra do tecido foliar se localizam no meio da copa dos coqueiros. Dependendo da idade da planta e do seu desenvolvimento, se recomenda a coleta das folhas 4, 9 e 14, contando a partir da folha mais nova que possui folíolos diferenciados (FONTES *et al.*, 2002). O teor de nutrientes no tecido foliar pode variar de acordo com a cultivar (FONTES *et al.*, 2002).

A diagnose foliar auxilia na verificação dos teores de nutrientes em relação aos níveis críticos. De acordo com Fontes *et al.* (2002), os níveis críticos para nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na folha 4 das variedades gigante e híbrido são 22; 1,3; 17,5; 3,4 e 2,2 g kg<sup>-1</sup> de massa seca (MS), respectivamente.

Em geral, o N é o nutriente requerido em maiores quantidades pelas culturas agrícolas, de modo que a alta exigência nutricional faz com que a deficiência do nutriente seja considerada um dos principais fatores limitantes ao crescimento e desenvolvimento das plantas (MENEHIN *et al.*, 2008; WEBER e MIELNICZUK, 2009). Além do N, o K também se destaca como um dos nutrientes mais exportados pelos frutos do coqueiro. Estima-se que em uma área irrigada, que tenha produção de 250 frutos por planta, possa ocorrer a exportação de 110 kg/ha de N e 190 kg/ha de K<sub>2</sub>O (TEIXEIRA *et al.*, 2005).



De acordo com Sobral e Nogueira (2008), a qualidade de frutos do coqueiro é influenciada pelos teores de N e K. Segundo Rodrigues *et al.* (1997), a aplicação de N possui efeito significativo no crescimento vegetativo das palmeiras. Matias *et al.* (2010), ao trabalharem com doses de N e K no coqueiro-anão, concluíram que o N favorece o aumento na altura das plantas, na circunferência do coleto, no número de folhas e nos sólidos solúveis totais da água e que maiores doses de  $K_2O$  aumentaram o número de frutos por planta e o teor de sólidos solúveis totais da água. De acordo com Ouvrier (1990), a relação N:K entre 1:1,2 a 1,4 é considerada a mais eficiente para coqueiros híbridos cultivados em condições de sequeiro.

Existem várias situações de interações na nutrição mineral do coqueiro. Como exemplo têm-se o antagonismo entre o K e Ca, K e Mg e K e Na (LINS e VIÉGAS., 2008). Os teores de Ca nas folhas do coqueiro aumentam com a aplicação de adubos nitrogenados e fosfatados (LINS e VIÉGAS., 2008); no entanto, Lins *et al.* (2021) não observaram influência nas concentrações de Ca ao fazerem a fertilização com N.

Toda disponibilidade de nutrientes para as culturas irá depender diretamente do manejo adotado para o solo. Tem aumentado as preocupações com as fontes minerais que são limitadas e podem representar alto custo mediante eventos mundiais como pandemias e guerras. Práticas de manejo como a adubação verde e a cobertura morta com leguminosas podem ser utilizadas na cultura do coqueiro, substituindo ou reduzindo a demanda por fontes minerais e melhorando as propriedades físicas e biológicas do solo.

## **2.2 Manejo de solos para a oferta de nutrientes às culturas**

Manejar o solo de forma correta é essencial para disponibilizar os nutrientes necessários ao bom desenvolvimento vegetal e evitar perdas que podem afetar negativamente o ambiente. Para Petre e Cunha (2010), o adequado manejo do solo garante a boa produtividade no presente e a manutenção dos nutrientes, ou seja, da fertilidade do solo, para uma produção agrícola satisfatória no futuro. Para Beutler *et al.* (2014), o manejo do solo é a junção de práticas que, quando usadas corretamente, proporcionam melhor produtividade das culturas, mas que, ao serem usadas de maneira incorreta, podem diminuir a produtividade e causar danos de ordem física, química e biológica ao solo.

O manejo do solo por meio da adoção de práticas conservacionistas resulta em maior acúmulo e oferta de nutrientes às plantas presentes no ambiente, além de favorecer melhorias em atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Ao se adotar práticas

conservacionistas, consegue-se obter uma produção menos degradante ao ambiente por meio da menor perda de solo e água, gerar maior produtividade para as culturas e evitar problemas no solo devido ao mau uso decorrente da falta de conhecimento e de consciência de muitos agricultores (SILVA *et al.*, 2011; WILLY *et al.*, 2014; NOGUEIRA *et al.*, 2012)

Dentre as práticas conservacionistas usadas para o fornecimento de nutrientes às culturas são citadas as edáficas e as vegetativas. As práticas edáficas destinam-se a promover melhorias na fertilidade do solo (MARIA *et al.*, 2019). Na definição de Nogueira *et al.* (2012), práticas edáficas são aquelas que ajudam na modificação do solo por meio de mudanças promovidas no sistema de cultivo, as quais além de controlar a erosão, conseguem preservar ou promover melhorias na fertilidade. Tem-se como práticas de caráter edáfico que vão oferecer nutrientes às culturas: adubação verde – que é uma forma de adubação orgânica -, adubação mineral e calagem.

A produtividade sustentável das culturas tem dependência direta da renovação da fertilidade do solo quando se tem problemas com a disponibilidade de nutrientes (YOUSAF *et al.*, 2017). Isso torna a adubação mineral e orgânica importantes para o aumento de rendimento das culturas. Segundo Zhang *et al.* (2018), o uso de fertilizantes orgânicos e inorgânicos aumenta a produção das culturas e proporciona efeito residual dos nutrientes presentes no solo. Ao trabalharem com adubação orgânica, Castro *et al.* (2016) concluíram que a produtividade e o desenvolvimento de plantas forrageiras foram influenciados positivamente pela adubação orgânica.

Nas práticas conservacionistas vegetativas é utilizada vegetação para proteger o solo contra a erosão (MARIA *et al.*, 2018) e, também, para fornecer nutrientes ao solo. De acordo com Mota *et al.* (2008), os resíduos vegetais além de proporcionarem proteção, também proporcionam a manutenção da fertilidade do solo. São exemplos de práticas vegetativas que irão fornecer nutrientes ao solo: a adubação verde, a cobertura morta, a rotação de culturas e as plantas de coberturas.

A utilização de adubos verdes irá influenciar o crescimento e desenvolvimento das plantas a partir do incremento de matéria orgânica no solo, possibilitando o menor uso de adubos minerais (BUZINARO *et al.*, 2009). A redução com os custos dos fertilizantes minerais e a melhoria das propriedades do solo fazem com que a adubação verde tenha importância econômica e ambiental (FERREIRA *et al.*, 2012). Khatounian (2001) ressalta que a importância da adubação verde está no acúmulo de biomassa que ajudará a manter a

fertilidade e a cobertura do solo, reduzindo os problemas fitossanitários por meio da ampliação da diversidade de espécies, fazendo com que haja equilíbrio no agroecossistema.

Para Ferreira *et al.* (2012), a adubação verde desempenha papel importante na melhoria das propriedades físicas, químicas, biológicas e na conservação do solo, a partir da melhoria de sua estrutura, da adição de carbono e nitrogênio ao solo e do aumento da diversidade da fauna. A adubação verde é uma alternativa que tem sido estudada, com resultados positivos em atributos dos solos e no aporte de carbono que é importante na mitigação das mudanças climáticas globais (Lee *et al.* 2021; Ansari *et al.* 2022; Sandhya Rani *et al.* 2022). Ao trabalhar com diferentes tipos de adubo verde Tejada *et al.* (2008) observaram aumento na biomassa microbiana e na respiração do solo, enquanto Adekyia e Agbede (2017) verificaram aumento nos teores de matéria orgânica, cálcio, fósforo, nitrogênio e potássio no solo.

Segundo Adetunji *et al.* (2020) as culturas de cobertura aumentam a matéria orgânica do solo e o sequestro de carbono, melhoram as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, regulam a temperatura e controlam a erosão. Para Erenstein (2003), a cobertura morta exerce impacto na fertilidade do solo, mantendo a fertilidade *in situ* e aumentando a reserva de matéria orgânica. Nzeyimana *et al.* (2017), ao trabalhar com cinco tipos de cobertura morta, observaram que o estoque de carbono orgânico no solo aumentou significativamente. Segundo Salton *et al.* (2011), o menor revolvimento do solo e a conservação dos resíduos vegetais na superfície favorecem o aumento da quantidade de carbono, além de proporcionar maior oferta de nutrientes às plantas.

Por contribuírem com o aumento de carbono, as práticas conservacionistas colaboram com as iniciativas de recarbonização de solos no âmbito do RECSOIL (Recarbonização dos Solos do Mundo), que é uma iniciativa promovida pela FAO. Uma das principais prioridades da RECSOIL é a aumentar as reservas e evitar perdas de carbono orgânico no solo (FAO, 2020).

De acordo com Floss (2000), a manutenção da cobertura morta e a rotação de culturas são ações significativas para a manutenção e melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Diferentes rotações de culturas podem influenciar as quantidades de nutrientes no solo, devido as exigências nutricionais distintas e das diferenças na profundidade das raízes das espécies que entram na rotação e devido à fração de material vegetal que fica no solo (STONE e SILVEIRA, 2001).

## 2.3 Leguminosas arbóreo-arbustivas em sistemas de manejo do solo

Leguminosas arbóreas ou arbustivas têm sido utilizadas em regiões de clima tropical em estratégias de manejo para promover a melhoria da fertilidade dos solos usados para a produção de alimentos (QUEIROZ *et al.*, 2007). Essas plantas pertencem a família *Leguminosae* e, de acordo com Nogueira *et al.* (2012), as espécies dessa família são desejáveis no manejo devido a simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio presentes no solo ou que tenham sido introduzidas por meio de inoculação. Essas bactérias captam o nitrogênio que está no ar transformando-o em compostos nitrogenados assimiláveis pelas plantas, tornando-as total ou parcialmente independentes de insumos externos que atuam como fonte de nitrogênio (NOGUEIRA *et al.*, 2012).

Para Silva *et al.* (2013), além da fixação de nitrogênio, o consórcio com leguminosas apresenta outros efeitos na fertilidade do solo, como a acidificação e a captura de nutrientes que estão em camadas mais profundas, trazendo-os para a camada superficial. Por ter ampla diversidade de espécies e por apresentar papel na dinâmica do ecossistema, as leguminosas apresentam bom potencial para a revegetação de áreas, motivos pelo qual estão sendo inseridas em projetos ambientais (PEREIRA e RODRIGUES, 2012).

Silva *et al.* (2013), ao avaliarem o estoque de serapilheira e a fertilidade do solo em pastagem degradada após implantação de quatro tipos de leguminosas, concluíram que a introdução dessas plantas melhora a qualidade da serapilheira, com destaque para as espécies *Gliricidia sepium* e *Mimosa caesalpinifolia*. Paulino *et al.* (2009) avaliaram a fixação biológica de nitrogênio (FBN) e a transferência do N derivado da FBN de três espécies de leguminosas para plantas de um pomar orgânico. Os autores constatam que dentre as espécies, a *G. sepium* foi a que apresentou os melhores resultados por ter maior capacidade de fixação de N.

As espécies *G. sepium* e *Mimosa caesalpinifolia* são arbóreas muito utilizadas como leguminosas adubadoras em sistemas de cultivos, apresentando características favoráveis, conforme descrito a seguir:

### 2.3.1 *Gliricidia sepium* (Jack.) Kunth ex Walp. (Gliricídia)

A *G. sepium* é uma planta arbórea perene da família *Fabaceae* (ARAÚJO FILHO, 2012), nativa do México, Américas do Sul e Central. Possui porte médio com altura que pode variar de 12 a 15 metros (ARAÚJO FILHO, 2012). É uma planta que se desenvolve melhor em ambientes quentes e úmidos, apresentando sistema radicular bem desenvolvido que

permite suportar períodos de até 8 meses de seca (CARVALHO FILHO *et al.*, 1997; ANDRADE *et al.*, 2015).

O espaçamento que, por sua vez, influencia a densidade de plantas (número de plantas por área) tem grande influência no desenvolvimento vegetal. Ao trabalharem com quantificação de biomassa, Caron *et al.* (2015) observaram que os maiores valores foram obtidos nos plantios mais adensados. Nascimento *et al.* (2012) analisaram a influência do espaçamento em espécies arbóreas florestais e concluíram que o espaçamento influenciou significativamente o crescimento do diâmetro ao nível do solo e a área da copa. Em relação à *G. sepium*, na literatura há diversos estudos com a espécie em diferentes espaçamentos: Rangel *et al.* (2011) indicam o espaçamento de 1 m entre as fileiras e 0,5 m entre as plantas para plantio adensado (20.000 plantas/ha); Schimidt *et al.* (2016) trabalharam com o espaçamento 2,5 m entre linhas e 1,5 m entre plantas (2.665 plantas/ha) para a produção de biomassa e Marin *et al.* (2006) usaram o espaçamento de 6 m entre fileiras e 1 m entre plantas (1.665 plantas/ha) para avaliar a influência da distância sobre características da cultura do milho e do solo.

Segundo Sá *et al.* (2012), a *G. sepium* pode ser usada como forragem na alimentação de animais, como adubo verde, como promotora de sombreamento e de recuperação de solos degradados, em SAFs e como cercas vivas. De acordo com Paula *et al.* (2015), as elevadas taxas de biomassa e o tempo de meia-vida curto da *G. sepium* ajudam, em longo prazo, a incrementar a fertilidade do solo e a disponibilidade dos nutrientes para as culturas que estão intercaladas na área de plantio.

Para Barreto e Fernandes (2001), a *G. sepium* é capaz de aumentar a produtividade das culturas agrícolas as quais está associada, a partir da melhoria da fertilidade do solo quando usada como adubo verde. Beddy *et al.* (2010) observaram melhoria na fertilidade do solo ao trabalharem com o consórcio de *G. sepium* com milho na África.

### **2.3.2 *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth (Sabiá)**

A *M. caesalpiniaefolia* é uma planta da família Fabaceae-Mimosoideae, encontrada em sítios ecológicos do Nordeste brasileiro. Pode chegar até 9 metros de altura, com sistema radicular lateral e caule espinhoso (ARAÚJO FILHO, 2012). De acordo com Ribaski *et al.* (2003) a planta desenvolve-se bem em áreas semi-úmidas com precipitação anual entre 600 e 1000 mm e em áreas secas com temperatura de 20 a 28 °C.

Em plantios com espaçamento de 3 m x 3 m (1.111 plantas/ha), após 7 anos, a *M. caesalpiniaefolia* apresenta, em média, 6 m de altura e 6,5 cm de diâmetro à altura do peito. Para a produção de madeira, o espaçamento varia de acordo com a zona ecológica na qual a espécie é plantada, sendo que em regiões sub-úmidas do Nordeste o espaçamento utilizado é 2 x 2 m (2.500 plantas/ha) e em regiões semiáridas quente o espaçamento utilizado é 3 x 2 m (2.000 plantas/ha) (RIBASKI *et al.*, 2003).

Ferreira *et al.* (2007), ao analisar vários componentes da serrapilheira de um bosque de *M. caesalpiniaefolia*, chegaram ao resultado de que as folhas são as principais colaboradoras para a entrada de nutrientes, proporcionando melhorias na fertilidade do solo. Segundo os autores citados, nas folhas ocorreu maior concentração de nitrogênio do que de outros nutrientes avaliados. Costa *et al.* (2014), ao trabalhar com dois tipos de leguminosas (*Acacia* e *M. caesalpiniaefolia*), concluíram que a *M. caesalpiniaefolia* apresentou maior taxa de decomposição e menor tempo de residência de nutrientes, proporcionando maior disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Tanto a *M. caesalpiniaefolia* quanto a *G. sepium* são capazes de formar associação simbiótica com *Rhizobium sp.* Essa simbiose é importante para o desenvolvimento das plantas. De acordo com Dobereiner (1967), a inoculação das sementes das leguminosas com estirpes de *Rhizobium* selecionadas, além de garantir a presença da bactéria em abundância na hora da germinação da semente, também promove simbiose mais eficiente do que com as estirpes encontradas no solo. Tavares *et al.* (2016) avaliaram a inoculação de rizóbios isolados em mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* e concluíram que o rizóbio beneficia o crescimento das mudas e o acúmulo de nutrientes nas mesmas.

#### **2.4 Formas de avaliar o aproveitamento do N e de outros nutrientes provenientes de resíduos orgânicos**

Quando leguminosas arbóreo-arbustivas são utilizadas como adubadoras de culturas principais, o manejo envolve a poda da parte aérea e deposição da biomassa sobre o solo. Com a decomposição dessa biomassa vegetal, há liberação do nitrogênio e outros nutrientes que ficarão na solução do solo, podendo ser absorvidos pelas raízes da cultura principal. Destaque é dado ao nitrogênio, pois esse é o elemento presente em maior quantidade na matéria orgânica do solo (WEBER e MIELNICZUK, 2009). Para Oliveira (1989), o nitrogênio presente no solo está em contínua transformação, apresentando caráter dinâmico que dificulta a avaliação de sua disponibilidade.

De acordo com Alfaia (2006), aproximadamente 98% do nitrogênio encontrado no solo está na forma orgânica, enquanto a menor parte está na forma mineral como amônio, nitrato e nitrito. A mineralização é o processo de transformação biológica realizado por microrganismos heterotróficos do solo, no qual o nitrogênio orgânico é transformado em nitrogênio inorgânico, enquanto a imobilização é a transformação do nitrogênio inorgânico em orgânico (ALFAIA, 2006).

De acordo com Meneghin *et al.* (2008), o processo de mineralização depende de fatores como temperatura, aeração, umidade, pH, quantidade e natureza do material orgânico que está presente. Já para Xiao *et al.* (2018), os processos de mineralização e nitrificação são influenciados por diversos fatores, dentre os quais estão as propriedades físico-químicas do solo, qualidade e quantidade do substrato, atividade e composição dos microrganismos, umidade e temperatura.

Rocha *et al.* (2008) concluíram que as transformações do nitrogênio foram maiores em temperaturas acima de 25 °C e em umidade igual ou superior à capacidade de campo. Em relação à composição do material orgânico, quando o mesmo possui baixa relação C/N, ou seja, apresenta maior proporção de nitrogênio em relação ao carbono, a disponibilidade de nitrogênio normalmente não sofre decréscimo (SERRA, 2006).

Para analisar a mineralização ou o aproveitamento do nitrogênio presente no solo utiliza-se métodos biológicos e químicos. De acordo com Cantarella (2007), de modo geral, os métodos biológicos consistem em manter o solo em condições anaeróbicas ou aeróbicas, a uma temperatura controlada, para que ocorra a determinação das quantidades de nitrogênio que foi mineralizado em períodos de tempos diferentes.

Segundo Oliveira (1989), a vantagem do método biológico é a possibilidade de usar organismos vivos para analisar a capacidade do solo em oferecer nitrogênio. No entanto, a desvantagem é a demora na realização da análise para seu uso como análise de rotina. Na incubação anaeróbica, o solo é mantido inundado e há as seguintes vantagens em relação à incubação aeróbica: procedimento simples que pode ser feito em amostras secas e úmidas, não necessita de condicionadores e apresenta maior facilidade na análise (OLIVEIRA, 1989; WARING e BREMNER, 1964). Essas incubações podem ser de longa ou curta duração.

Existem muitos métodos químicos para a determinação do N disponível no solo (SERRA, 2006). Para Gianello *et al.* (2000), para que seja adotado um método químico em laboratório de análises de fertilidade do solo, o referido método tem que ser preciso, prático,

menos oneroso e de boa reprodutibilidade. Segundo Bremner (1965), a imposição que se tem para os métodos químicos é pelo fato deles serem empíricos e não levarem em consideração o fato de que o ciclo de mineralização-imobilização no solo é controlado pelo fornecimento de material energético para os processos microbianos. De acordo com Sobrinho (1989), os métodos químicos usados para a extração do nitrogênio do solo utilizam diversos reagentes químicos que são compostos por extratores ácidos, alcalinos ou sais, os quais podem ser utilizados de forma isolada ou com oxidantes.

A decomposição da matéria orgânica é uma das principais fontes de aporte de nutrientes no solo, porém as taxas de decomposição estão relacionadas com os teores de N, relação C/N, lignina e a relação lignina/N. Ao ocorrer a decomposição de resíduos vegetais com menores valores da relação C/N e da relação lignina/N, os elementos presentes nos resíduos irão ficar mais rapidamente disponíveis no solo.

Dentre os elementos presentes na matéria orgânica do solo, o K é o liberado com maior rapidez, pois não participa de nenhum componente estrutural da célula da planta (MARSCHENER, 2012). Já o Ca é um elemento de mineralização lenta, ou seja, sua disponibilidade será mais tardia quando comparado a outros elementos. Essa mineralização lenta e disponibilidade mais tardia pode ser associada ao fato do elemento ser componente da parede celular (MALUF *et al.*, 2015).

Diante do exposto, a realização de um estudo de campo que permita avaliar os resíduos de poda das leguminosas arbóreo-arbustivas como fonte de nutrientes para a cultura do coqueiro é importante para direcionar as estratégias de manejo.

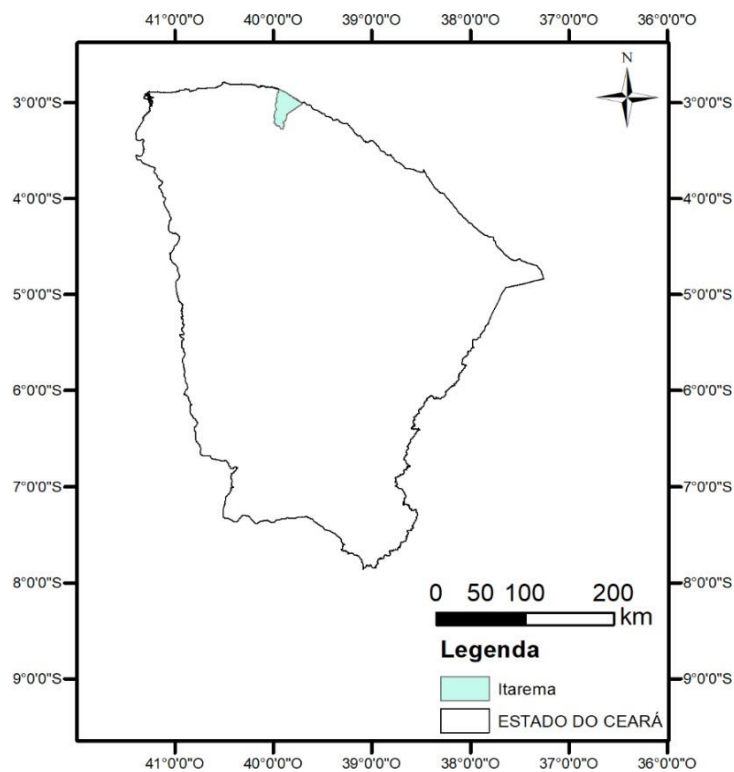


### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Descrição da área

O trabalho foi conduzido na Fazenda Aguiapé, situada na zona costeira Oeste do Estado do Ceará (2°58'21S e 39°53'24W). A fazenda é arrendada à empresa Dikoco e está localizada no município de Itarema-CE (Figura 1). A precipitação média anual do município em que se localiza a área experimental é de 1.139 mm e a temperatura média anual é de 26 °C a 28 °C (IPECE, 2017). A área experimental foi escolhida com base na homogeneidade das plantas (coqueiros somente da variedade híbrida) e na menor variação de declividade do terreno. Os coqueiros estão plantados com o espaçamento triangular 9 x 9 x 9 m, resultando em 142 plantas/ha. O solo da área foi classificado como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico (Anexo 1).

Figura 1 – Localização do município de Itarema no estado do Ceará.



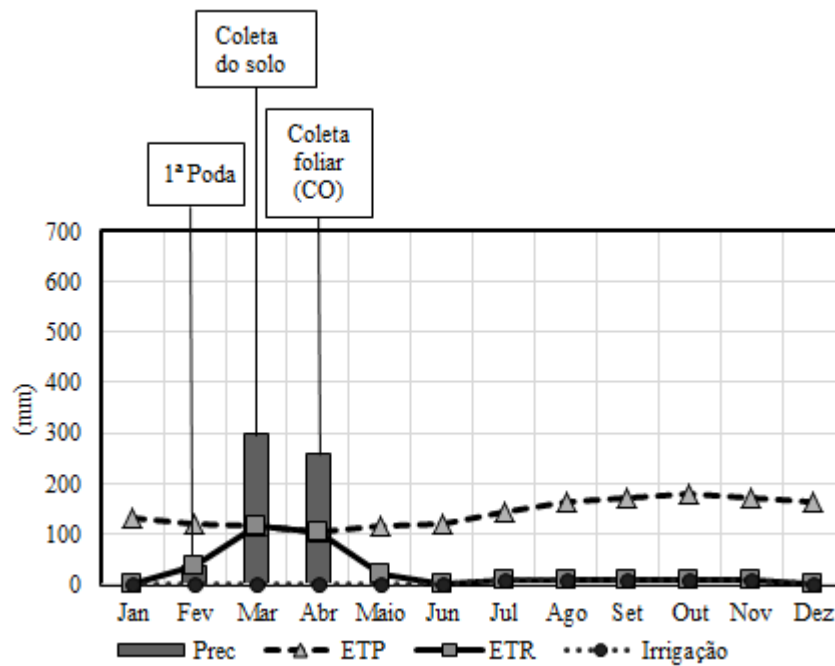
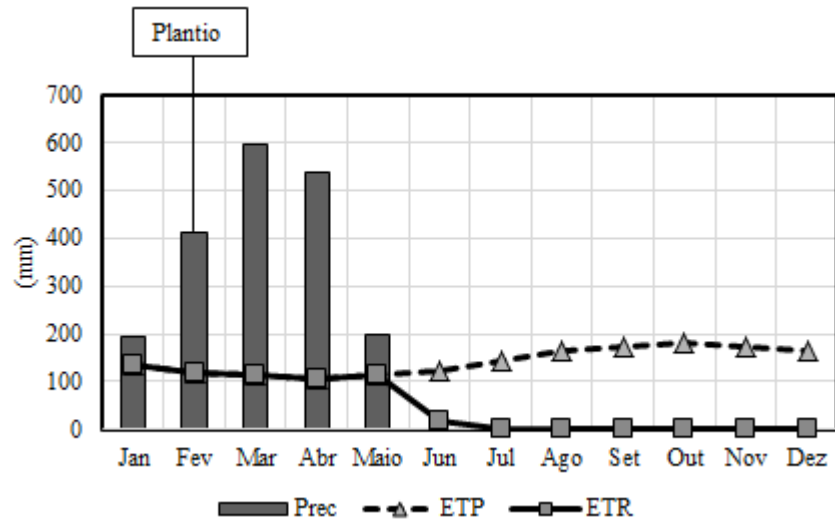
Fonte: Próprio autor.

Na caracterização da precipitação e da disponibilidade hídrica da área experimental, obtida por meio do balanço hídrico climatológico (BHC) durante a realização do estudo (2019 a 2021), nota-se diferença na precipitação pluvial (Prec) entre os anos (Figura

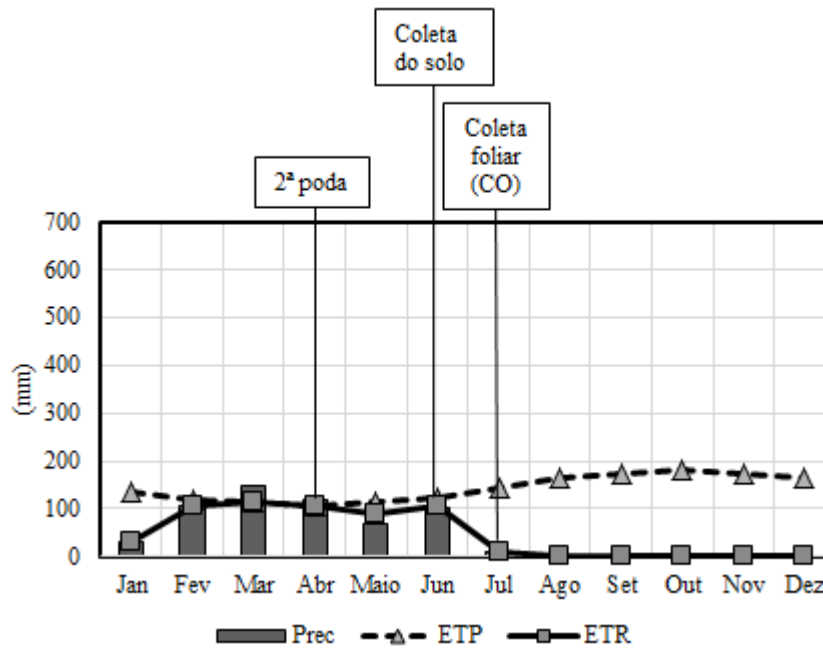
2). A Prec em 2019 ocorreu durante cinco meses (janeiro a maio), com o mês de março sendo o mais chuvoso e atingindo 595 mm. O total de Prec para o ano de 2019 foi de 1.931 mm (Figura 2A). Em 2020 o período de Prec foi de apenas de três meses (fevereiro a abril), sendo março o mês mais chuvoso, mas com registro de aproximadamente 297 mm. A Prec anual foi 593 mm. (Figura 2B). No ano de 2021 as chuvas foram menos intensas e mais bem distribuídas entre os meses do primeiro semestre, começando em janeiro e finalizando em julho, com o mês de março mais uma vez apresentando a maior altura pluviométrica anual, entretanto com o menor valor dentre os três anos avaliados (148 mm). A Prec anual foi 583 mm(Figura 2C).

Figura 2 – Balanço hídrico climatológico com precipitação (Prec), evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração relativa (ETR) nos anos 2019 (A), 2020 (B) e 2021 (C).

(A)



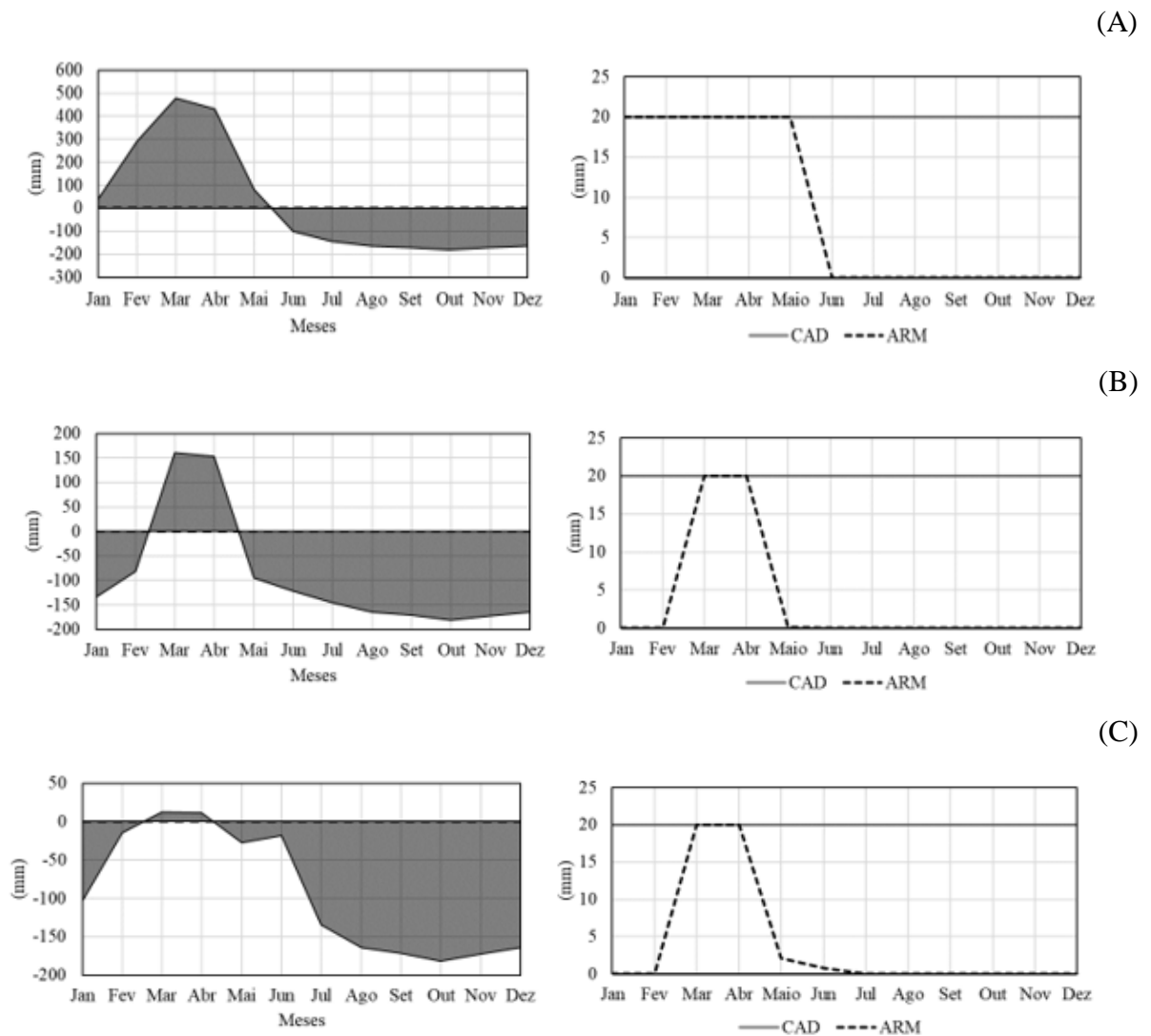
(C)



Fonte: O próprio autor. (CO) - coqueiro

A capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) da área de estudo é de 20 mm (Figura 3). Em virtude das elevadas Prec em 2019, o excedente hídrico começou em janeiro e finalizou em maio, enquanto o período com déficit hídrico no solo ocorreu entre junho e dezembro (Figura 3A). Em 2020 houve excedente hídrico entre fevereiro e abril e o déficit hídrico ocorreu de maio a fevereiro (Figura 3B). O acréscimo de água ocorreu entre os meses de fevereiro e março e o decréscimo ocorreu de entre os meses de abril e maio. Em 2021, mesmo com a Prec ocorrendo desde janeiro e mais bem distribuída nos meses do primeiro semestre, o volume Prec não foi suficiente para que ocorresse excesso hídrico (Figura 3C). O déficit hídrico variou entre os meses de janeiro e fevereiro e entre abril até dezembro. A diminuição no armazenamento de água ocorreu entre os meses de abril e julho. O excedente hídrico ocorreu entre os meses de fevereiro e abril.

Figura 3 – Extrato do balanço hídrico climatológico e capacidade de armazenamento de água (CAD) no solo nos anos de 2019 (A), 2020 (B) e 2021 (C).



### 3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O estudo foi realizado em área de sequeiro. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso (DBC), em esquema fatorial  $2 \times 3 + 1$  com quatro repetições. O primeiro fator de tratamento foi constituído por duas espécies de leguminosas (*G. sepium* e *M. Caesalpiniaefolia*); o segundo fator apresentou três densidades de plantio das leguminosas: baixa (10.000 plantas/ha), média (20.000 plantas/ha) e alta (40.000 plantas/ha) e o tratamento adicional correspondeu à ausência de leguminosas e presença somente da vegetação de regeneração (predomínio de capim açu – *Andropogon minarum*).

O estudo apresentou 28 parcelas com as dimensões de 36 x 18 m, contendo 13 coqueiros cada. As densidades de plantio das leguminosas foram obtidas a partir dos

espaçamentos de 1 x 1 m, 1 x 0,5 m e 1 x 0,25 m resultando em 120, 192 e 384 plantas/parcela experimental (Equivalente a quantas plantas por hectare?. As avaliações nas leguminosas, no solo e nos coqueiros foram realizadas considerando as plantas localizadas no centro de cada parcela (área útil).

Os tratamentos foram distribuídos de forma aleatória no croqui que foi levado ao campo para auxiliar na instalação do experimento (Figura 4). Adicionalmente, foram feitos desenhos das parcelas experimentais para cada espaçamento a ser avaliado, bem como fotografias aéreas ilustrando a densidade de plantas nas parcelas experimentais (Figuras 5, 6 e 7).

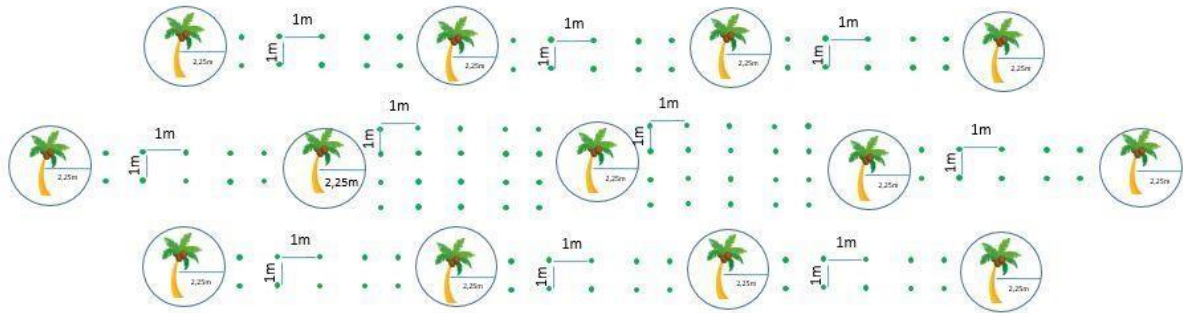
Figura 4 – Croqui da distribuição dos tratamentos nas parcelas da área experimental.

1 x 0,5 m Sabiá	1 x 0,25 m Gliricídia	1 x 1 m Sabiá	1 x 1 m Gliricídia
1 x 0,25 m Sabiá	1 x 1 m Sabiá	Testemunha	1 x 0,25 m Sabiá
1 x 1 m Sabiá	1 x 0,5 m Gliricídia	1 x 1 m Gliricídia	1 x 0,5 m Sabiá
1 x 0,5 m Gliricídia	1 x 0,5 m Sabiá	1 x 0,5 m Gliricídia	1 x 0,25 m Gliricídia
Testemunha	1 x 1 m Gliricídia	1 x 0,25 m Sabiá	1 x 1 m Sabiá
1 x 0,25 m Gliricídia	1 x 0,25 m Sabiá	1 x 0,25 m Gliricídia	Testemunha
1 x 1 m Gliricídia	Testemunha	1 x 0,5 m Sabiá	1 x 0,5 m Gliricídia

Fonte: O próprio autor.

Figura 5- Esquema (A) e fotos das parcelas experimentais com a *G. sepium* (B) e *M. caesalpiniaefolia* (C) em densidade baixa (10.000 plantas/ha).

(A)



Fonte: O próprio autor.

(B)



Fonte: O próprio autor.

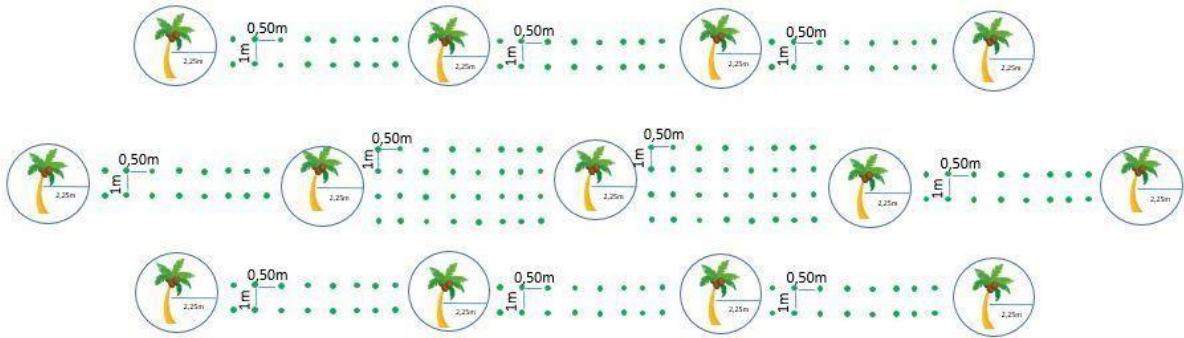
(C)



Fonte: O próprio autor.

Figura 6- Esquema (A) e fotos das parcelas experimentais com a *G. sepium* (B) e *M. caesalpiniaefolia* (C) em densidade média (20.000 plantas/ha).

(A)



Fonte: O próprio autor.

(B)



Fonte: O próprio autor.

(C)

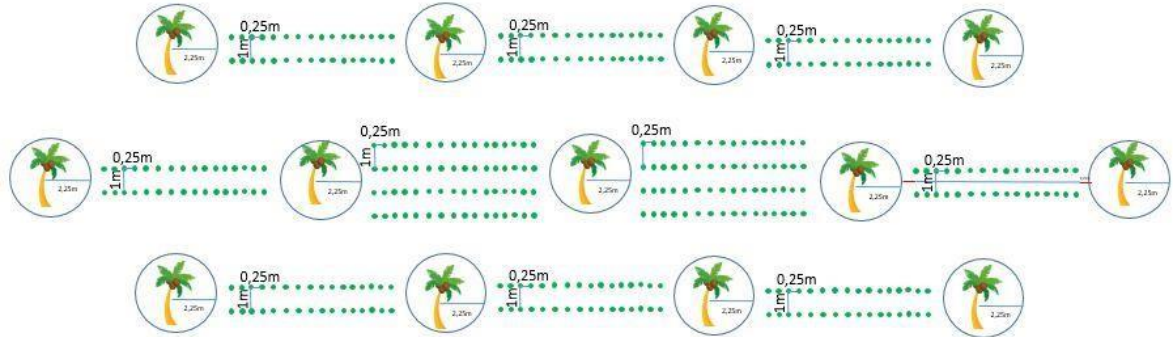


Fonte: O próprio autor.



Figura 7- Esquema (A) e fotos das parcelas experimentais com a *G. sepium* (B) e *M. caesalpiniaefolia* (C) em densidade alta (40.000 plantas/ha).

(A)



Fonte: O próprio autor.

(B)



Fonte: O próprio autor.

(C)



Fonte: O próprio autor.

### 3.3 Instalação e condução do experimento

Em novembro de 2018 foram produzidas mudas das leguminosas em viveiro (Figura 8), iniciando pela inoculação com rizóbios para estimular a nodulação nas raízes. Os inoculantes foram adquiridos na Embrapa Agrobiologia e foram específicos para *G. sepium* e *M. caesalpiniaefolia*. A inoculação foi feita utilizando o inoculante turfoso e solução adesiva de sacarose (10%). As mudas se desenvolveram no viveiro durante os três primeiros meses após sementeira.

Figura 8: Viveiro onde foram produzidas mudas de *G. sepium* e *Mimosa caesalpiniaefolia* utilizadas no estudo (Itarema, CE).



Fonte: O próprio autor.

Antes do plantio das mudas, a área experimental, que já apresentava o coqueiro híbrido estabelecido há 32 anos, foi preparada (gradeada) para facilitar a retirada das buchas dos cocos presentes no solo e foram abertas covas para o plantio das leguminosas (Figura 9). O plantio das mudas foi realizado em fevereiro de 2019 para melhor aproveitamento do período chuvoso.

Figura 9 - Área experimental antes do preparo do solo (A), detalhe da cova para plantio das mudas das leguminosas (B) e parcela experimental após o plantio das mudas de leguminosas (C).

(A)



Fonte: O próprio autor.

(B)



Fonte: O próprio autor.

(C)



Fonte: O próprio autor.

As leguminosas foram manejadas no coqueiral de 2019 a 2021. Foi realizada a irrigação de salvamento no segundo semestre do segundo ano do experimento, adicionando 500 litros de água em cada parcela. Caracterizando o primeiro ciclo de manejo (ciclo 1), cerca de um ano após o plantio das mudas (fevereiro de 2020) foi realizada a primeira poda das leguminosas, seguida pela deposição da biomassa na superfície do solo no entorno dos coqueiros. No segundo ciclo de manejo (ciclo 2) a poda foi realizada em abril de 2021, com o mesmo critério de deposição da biomassa adotado no ciclo 1. A biomassa produzida até a poda, as leguminosas após a poda e a biomassa depositada no entorno dos coqueiros são visualizadas na Figura 10 A, B e C.

Figura 10: Parcela experimental antes da poda (A), parcela após a poda (B) e material vegetal podado das leguminosas depositado ao redor do coqueiro (C).

(A)



Fonte: O próprio autor.

(B)



Fonte: O próprio autor.

(C)



Fonte: O próprio autor.

### 3.4 Avaliações

#### 3.4.1 Avaliações nas leguminosas

A avaliação da biomassa das duas espécies de leguminosas foi realizada nos ciclos 1 e 2, de modo que após as podas foi utilizado molde de 1 m<sup>2</sup> para coleta dos resíduos vegetais que foram depositados sobre o solo. Parte do material foi levada à estufa de circulação forçada de ar a 65°C para obtenção da massa seca e cálculo da umidade. Com base na umidade e na massa fresca de toda a amostra coletada no molde foi calculada a massa seca de toda amostra contida no molde para posterior estimativa do produzido em um hectare.

O material foi moído em moinho tipo Willey para realização das análises químicas. A extração do potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) foi feita pelo método USEPA 3052, enquanto as determinações de N total foram realizadas no extrato de digestão com ácido sulfúrico, segundo Tedesco *et al.* (1995). O teor de K foi determinado por fotometria de chama; o P foi determinado por colorimetria; os teores Ca, Mg e micronutrientes foram determinados por

absorção atômica; o N total foi determinado por destilação a vapor (método Kjeldahl) (Tedesco *et al.*, 1995). Foi realizada a análise de carbono orgânico (CO) descrita em Yeomans e Bremner (1988) e adaptada por Mendonça e Matos (2017). A extração do CO foi realizada com dicromato de potássio e ácido sulfúrico no bloco digestor. A quantificação do CO foi realizada por titulação com sulfato ferroso amoniacal.

O acúmulo de nutrientes na biomassa das leguminosas foi calculado a partir da multiplicação dos teores de cada elemento na biomassa pela massa seca estimada nas parcelas avaliadas. Para o cálculo do acúmulo levou-se em consideração a biomassa das leguminosas estimada para um hectare.

### **3.4.2 Avaliações no solo**

O período para coleta das amostras de solo que fosse mais representativo da disponibilidade de nutrientes resultante dos resíduos de poda das leguminosas foi definido por meio de estudo de decomposição da biomassa (LIRA, 2021). No estudo citado observou-se que a melhor época para a coleta do solo seria a partir de décimo quinto dia de aporte da biomassa ao solo.

Foram realizadas coletas em março de 2020 (ciclo 1) e em junho 2021 (ciclo 2), nas camadas de solo de 0-20 cm e 20-40 cm, com o auxílio de um trado holandês. O solo foi coletado próximo a base dos coqueiros da área útil. Foram coletadas três amostras simples para constituir uma amostra composta (Figura 11). O solo coletado foi seco ao ar e passado em peneira com abertura da malha de 2 mm.

Figura 11– Local da coleta do solo.



Fonte: O próprio autor.

Os atributos químicos do solo foram determinados de acordo com métodos descritos em Teixeira *et al.* (2017). O pH em água (1:2,5) foi medido com pHmetro. O N foi extraído com ácido sulfúrico, seguido por destilação a vapor (Kjeldahl) com hidróxido de sódio e titulação do coletado com indicador de ácido bórico e ácido clorídrico. Teores de Ca e Mg foram extraídos com solução de KCl a  $1 \text{ mol L}^{-1}$  e determinados por absorção atômica; o Al foi extraído com KCl a  $1 \text{ mol L}^{-1}$  e titulado com NaOH  $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ ; o P foi extraído com Mehlich 1 e determinado em fotocolorímetro; Na e K foram extraídos com Mehlich 1 e determinados em fotômetro de chama; os micronutrientes (Mn - manganês; Zn – zinco; Fe – ferro; Cu - cobre) foram extraídos com Mehlich 1 e determinados em espectrofotômetro de absorção atômica. O COT foi extraído por meio da oxidação por via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico e determinado na presença de sulfato ferroso amoniacal (MENDONÇA e MATOS, 2017)

### 3.4.3 Avaliação do estado nutricional e peso dos frutos dos coqueiros

O estado nutricional dos coqueiros foi avaliado nos anos de 2020 e 2021, referentes aos ciclos 1 e 2 de manejo das leguminosas. A primeira coleta para a diagnose foliar foi realizada em abril de 2020 e a segunda em julho de 2021. A avaliação foi feita a partir da análise da folha número 14 das plantas localizadas na área útil das parcelas experimentais. Foram coletados os 10 cm centrais dos folíolos localizados no meio da folha.



As amostras foliares foram coletadas, armazenadas em sacos de papel identificados e levadas ao laboratório. As amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, trituradas em moinho do tipo Wiley. As análises químicas seguiram os mesmos procedimentos adotados para os resíduos de poda.

A pesagem dos frutos ocorreu nos anos de 2020 e 2021. Foram realizadas 4 pesagens anuais. Foram coletados 4 frutos/coqueiro da área útil, totalizando 12 frutos em cada parcela. Os frutos foram colhidos, descascados e pesados com o auxílio de uma balança portátil (Figura 12 A e B).

Figura 12: Coleta (A) e descasque do fruto (B) para pesagem.

(A)



(B)



#### ***3.4.4 Avaliação do custo operacional e estimativa do valor financeiro da quantidade de nutrientes aportados ao solo convertida em fertilizantes***

A análise de custo operacional foi realizada a partir da soma dos gastos com a produção das mudas (horas de trabalho, materiais e insumos) e com as atividades realizadas na área do experimento (horas de trabalho para transplante das mudas, controle do mato, irrigação de salvamento, poda das leguminosas) entre os anos de 2019 e 2021. A estimativa do valor financeiro da quantidade de nutrientes aportados à área de produção foi feita com base nos teores de macro e micronutrientes aportados ao solo por meio da biomassa ao longo dos dois ciclos de manejo. A estimativa foi feita com base nos teores dos nutrientes no valor de fertilizantes e do calcário dolomítico.

#### ***3.4.5 Análises estatísticas***

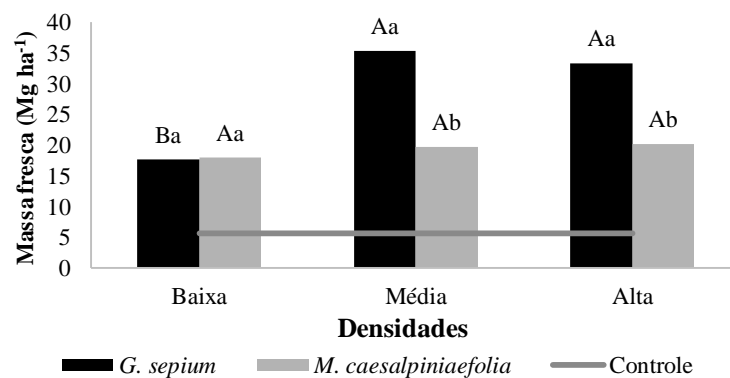
Os dados foram submetidos aos testes de normalidade. Após esse procedimento foi realizada a análise de variância (ANOVA). Foi realizado o teste de Tukey a 5% de significância para as médias dos dados de biomassa e acúmulo de nutrientes nas leguminosas, bem como atributos químicos do solo, estado nutricional do coqueiro e peso dos frutos do coqueiro considerando o uso do tratamento controle sem leguminosa. Com as médias de cada tratamento foi realizada a análise multivariada (ACP - análise dos componentes principais). Para comparação dos tratamentos das leguminosas com o tratamento adicional foi utilizado o teste de Dunnett. Todas as análises foram realizadas utilizando o software Statistical Analysis System (SAS) University version (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2012–2018).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Biomassa das leguminosas

Ocorreu interação significativa entre os fatores de tratamentos espécies de leguminosas e densidades de plantio para a massa fresca (MF) resultante da poda no ciclo 1 (Gráfico 1). As densidades média e alta resultaram em maiores médias de MF (35,4 e 33,5 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) para a *G. sepium*, enquanto para a *M. caesalpiniaefolia* não houve diferença entre as densidades de plantio. Todos os tratamentos apresentaram maior produção de MF que o controle (Gráfico 1). A MF é importante, mas é influenciada pela umidade do material vegetal, de modo que a massa seca é a que melhor representará o que ficará depositado sobre o solo quando o material secar.

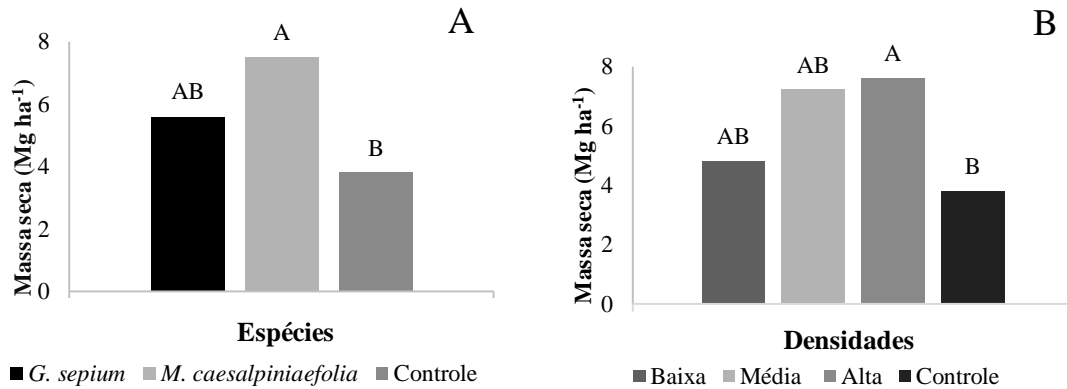
Gráfico 1 – Interação dos valores de massa fresca das leguminosas e controle no ciclo 1.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

A massa seca (MS) no ciclo 1 diferiu entre as espécies e entre as densidades, de modo que a *M. caesalpiniaefolia* e a densidade alta resultaram nas maiores médias de MS correspondentes a 7,5 e 7,6 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Gráfico 2A e 2B). O destaque para *G. sepium* apresentando maior MF e da *M. caesalpiniaefolia* apresentando maior MS está relacionado com a quantidade de água na biomassa de cada espécie. A *G. sepium* possui alta quantidade de água na sua biomassa que é perdida nos primeiros 15 dias de secagem (CORRÊA, 2005).

Gráfico 2 – Comparação da massa seca entre as leguminosas (A) e nas densidades de plantio (B) em relação ao observado no controle no ciclo 1

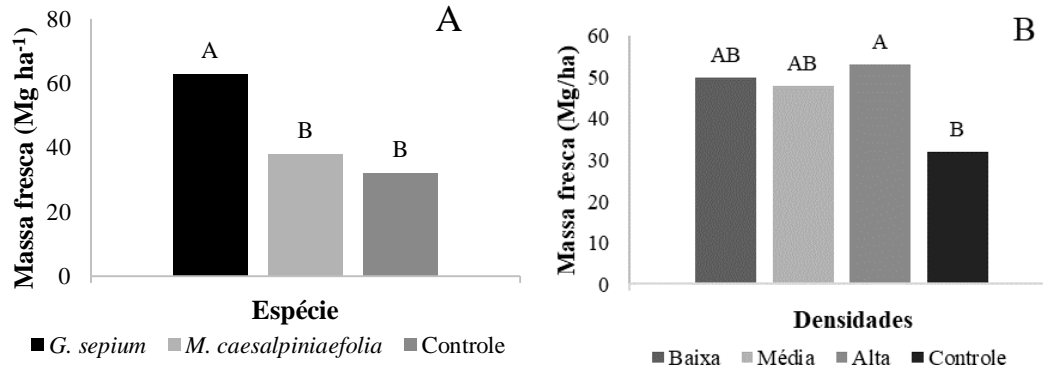


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

No ciclo 2 houve respostas isoladas aos fatores de tratamento para a MF, com maior média para a *G. sepium* ( $62,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e para a densidade alta ( $53,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) (Gráfico 3A). A *G. sepium* também resultou em maior média de MS ( $19,69 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) no ciclo 2, enfatizando sua potencialidade de boa regeneração após a realização da poda (Gráfico 4A). Para Barreto *et al.* (2004) é possível realizar três podas anuais da *G. sepium* devido sua grande capacidade de rebrota. Apesar de ser uma planta exótica, a *G. sepium* se adaptou bem às condições edafoclimáticas locais por apresentar alta capacidade de produzir biomassa mediante baixa disponibilidade hídrica, bem como rápido crescimento e alta capacidade de se regenerar após podas contínuas (PAULA *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2013).

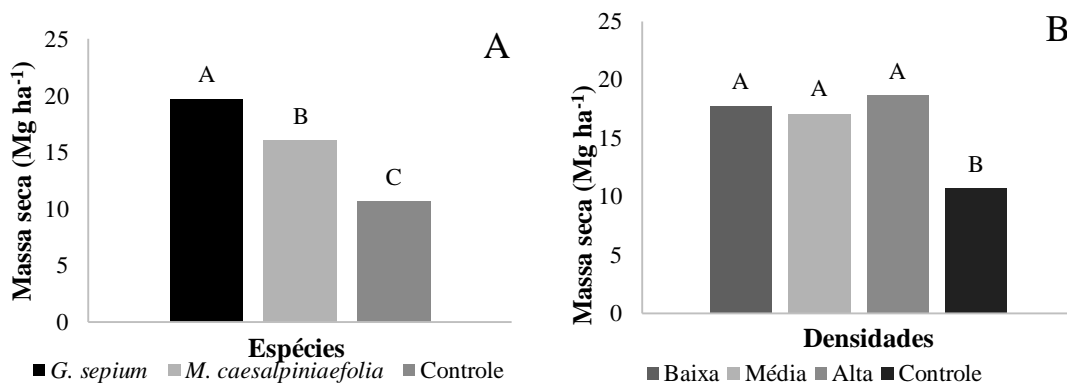
Destaca-se que a produção de biomassa para a *G. sepium* no segundo ciclo foi superior à observada no primeiro (Gráficos 1 e 3). As densidades baixa, média e alta resultaram em maiores médias de MS ( $17,76$ ;  $17,13$  e  $18,63 \text{ Mg ha}^{-1}$ , respectivamente) em relação ao controle (Gráfico 4B). Esse resultado é esperado, pois as parcelas com leguminosas apresentaram maior número de plantas do que as parcelas controle, bem como espécies que têm maior produção de biomassa em relação àquela que predominou caracterizando a vegetação de regeneração (capim açu). Ao quantificarem a produção de biomassa seca produzida por *G. sepium* em um SAF, Paula *et al.* (2015) encontraram valor de  $5,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ , inferior ao encontrado no presente estudo. Já Nóbrega *et al.*, (2019) ao trabalharem com *M. caesalpiniaefolia* com espaçamento de  $3 \times 3 \text{ m}$  observaram uma produção de massa seca de  $6,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

Gráfico 3 – Comparação da massa fresca entre as leguminosas (A) e nas densidades de plantio (B) em relação ao observado no controle no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Gráfico 4 – Comparação da massa seca entre as leguminosas (A) e nas densidades de plantio (B) em relação ao observado no controle no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

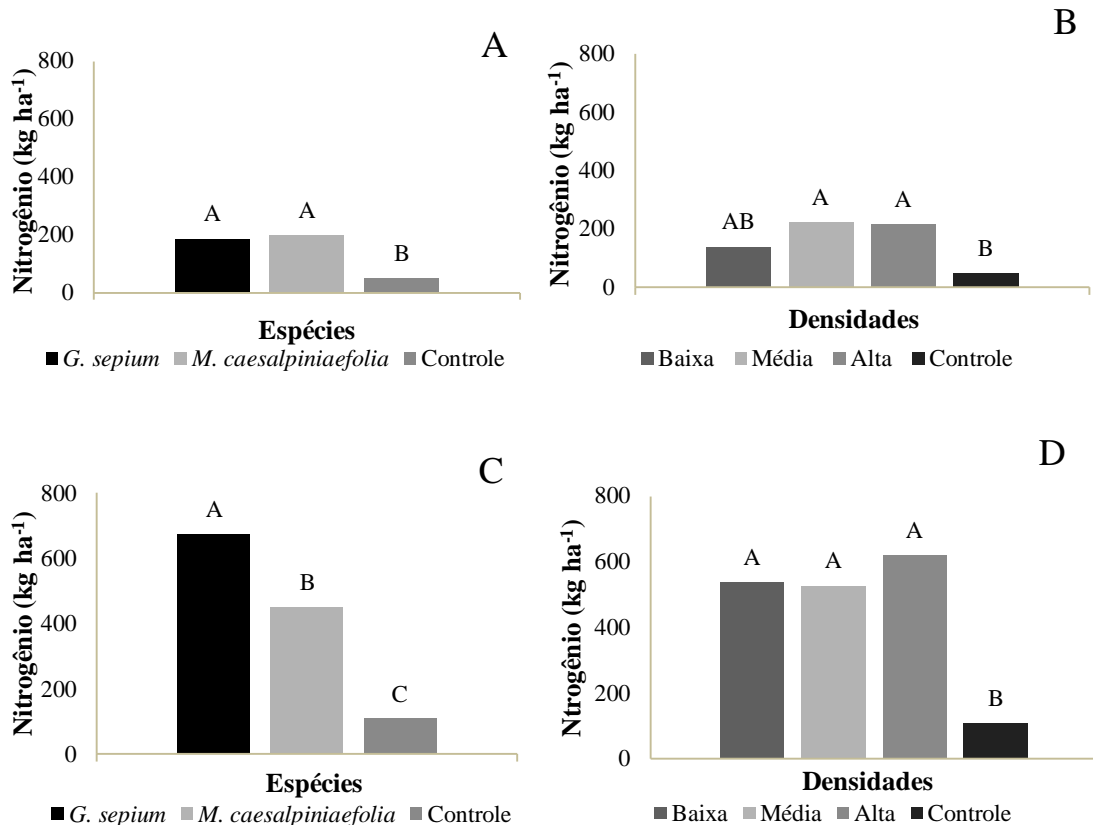
## 4.2 Acúmulo de macronutrientes, carbono, sódio e micronutrientes na biomassa das leguminosas

### 4.2.1 Macronutrientes

Ocorreu diferença entre espécies e densidades de plantio para o acúmulo de nitrogênio (N) nos ciclos 1 e 2. No ciclo 1 a *G. sepium* e a *M. caesalpiniaefolia* apresentaram as maiores médias (186,97 e 200,29 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) em relação ao controle (49,07 kg ha<sup>-1</sup>) (Gráfico 5A). O N acumulado nas densidades média e alta não diferiu (223,89 e 217,4 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) e representou os maiores valores (Gráfico 5B). No ciclo 2, a *G. sepium* apresentou o maior acúmulo de N (673,3 kg ha<sup>-1</sup>) entre as espécies (Gráfico 5C). Os

acúmulos resultantes das densidades de plantio alta ( $620 \text{ kg ha}^{-1}$ ), média ( $528,3 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e baixa ( $538,4 \text{ kg ha}^{-1}$ ) não diferiram entre si e foram superiores ao controle ( $109,0 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (Gráfico 5D).

Gráfico 5 - Acúmulo de nitrogênio na biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1 (A) e ciclo 2 (C) e nas densidades no ciclo 1 (B) e ciclo 2 (D).



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

No caso da *G. sepium*, quando cultivada com espaçamento de  $3 \times 1 \text{ m}$  em alameda em um Latossolo e em densidade de 600 plantas/ha, o aporte de N foi de  $160 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , valor inferior ao encontrado nesse estudo (BARRETO; FERNANDES, 2001). Isso provavelmente se deve a diferença entre densidade de plantas dos plantios.

Todos os tratamentos resultaram em acúmulo de N maior que o controle, o que ocorreu de acordo com a produção de biomassa, similar ao constatado por Almeida e Camara (2011). Para Favero *et al.* (2000) a quantidade de nutriente acumulado é condizente com a quantidade de biomassa produzida, podendo variar entre as espécies e a eficiência de absorção de nutrientes de cada espécie.

Na área de estudo o N foi disponibilizado aos coqueiros no ano anterior a implantação do experimento por meio de ureia. Como o solo da área experimental apresenta

textura arenosa e baixos teores de matéria orgânica (Anexos B e C), pressupõe-se baixa disponibilidade de N por ocasião do estabelecimento das leguminosas. Assim, o N acumulado na biomassa das leguminosas provém principalmente da fixação biológica. A *M. caesalpiniaefolia* e a *G. sepium* possuem a capacidade de se associar simbioticamente a bactérias fixadoras de N (MENDES *et al.*, 2013; RISBASKI *et al.*, 2003 KABA *et al.*, 2019). As sementes das duas espécies de leguminosas foram inoculadas com bactérias fixadoras de N.

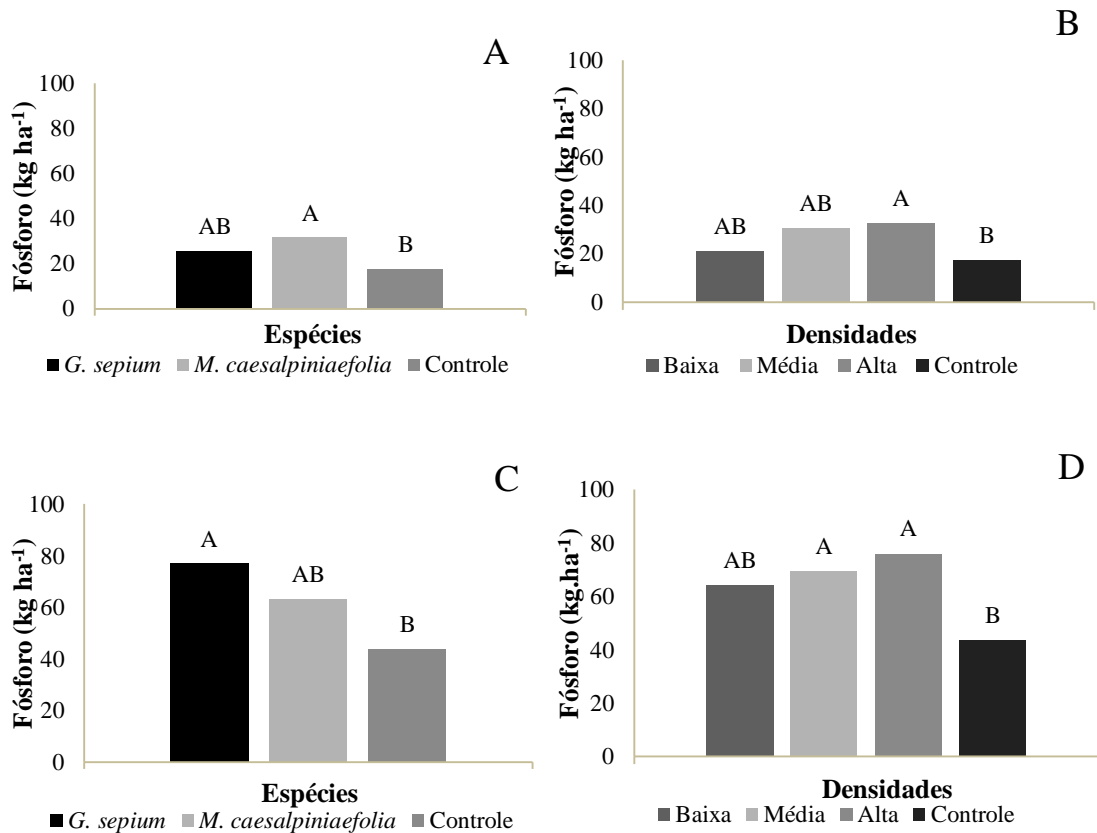
A biomassa das leguminosas, ao ser podada e depositada no entorno dos coqueiros, apresenta potencial de ofertar N para a cultura. Para os três primeiros anos de estabelecimento do coqueiral a recomendação de adubação nitrogenada é de 90, 112 e 225 g de N/planta para cada ano (LINS e VIEGAS, 2008), o que equivale a 13, 16 e 32 kg ha<sup>-1</sup> ao considerar o espaçamento entre coqueiros na área experimental. Como adubação de produção, a dose 72 kg ha<sup>-1</sup> de N foi considerada suficiente para manter o teor foliar acima do nível crítico para o coqueiro (LINS *et al.*, 2021). Assim, constata-se que a quantidade de N na biomassa das leguminosas nos ciclos 1 e 2, e até mesmo do controle no ciclo 2, é superior à demanda dos coqueiros.

Contudo, para que o N acumulado na biomassa das leguminosas e na vegetação do tratamento controle seja aproveitado pela cultura do coqueiro é preciso que haja decomposição dos resíduos, mineralização do nutriente e condições para a absorção pelos coqueiros. A taxa de mineralização do N é diferente de um resíduo orgânico para o outro, sendo diretamente influenciada pela composição química e pela interação do material orgânico com o solo (CARNEIRO *et al.*, 2013).

O acúmulo de fósforo (P) nas leguminosas diferiu entre espécies e densidades de plantio nos ciclos 1 e 2. A *M. caesalpiniaefolia* resultou na maior média (31,2 kg ha<sup>-1</sup>) quando comparada à *G. sepium* (25,2 kg ha<sup>-1</sup>) e o controle (17,4 kg ha<sup>-1</sup>) e a densidade alta resultou no maior acúmulo de P (32,79 kg ha<sup>-1</sup>) quando comparada às densidades baixa e média (21,2 e 30,7 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) no ciclo 1 (Gráfico 6A e 6B). Já no ciclo 2 o acúmulo de P foi maior para a *G. sepium* (77 kg ha<sup>-1</sup>) e nas densidades média (69,6 kg ha<sup>-1</sup>) e alta (76,1 kg ha<sup>-1</sup>) (Gráfico 6C e 6D).



Gráfico 6- Acúmulo de fósforo na biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1 (A) e ciclo 2 (C) e nas densidades no ciclo 1 (B) e ciclo 2 (D).



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

De acordo com Neto *et al.* (2014) o P é um dos nutrientes exigidos em menores quantidades pelo coqueiro, no entanto, possui importância porque participa da regeneração do ácido trifosfórico que é abundante em órgãos jovens das plantas, e também porque participa das reações ligadas ao transporte de energia. Lins *et al.* (2021) recomendam a adubação de P para o plantio do coqueiro em função da análise do solo, de modo que teores menores que 15 mg dm<sup>-3</sup>, entre 15 a 19 mg dm<sup>-3</sup> e maiores de 19 mg dm<sup>-3</sup> resultam nas recomendações de 150, 100 e 50 g/planta de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. Assim, tendo em vista a análise de caracterização da área de estudo (Anexos C e D), o teor médio de P nos dois primeiros horizontes do solo é de 17,4 mg kg<sup>-1</sup> e resulta na recomendação de 100 g/planta de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, que equivale a 14 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ao considerar a densidade de coqueiros no experimento.

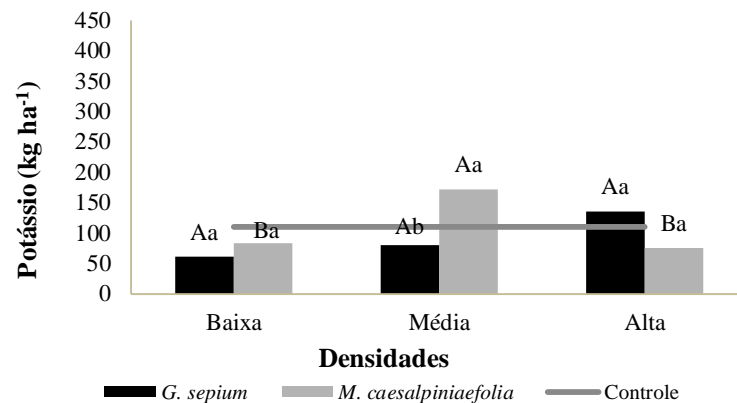
A última adubação fosfatada antes da instalação do experimento foi realizada em 2018 com aplicação de 355 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante NPK 15-07-30, que resultou em 175 g/planta de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Essa quantidade atendeu a demanda da cultura pela recomendação de Lins *et al.* (2021). No caso do fósforo acumulado na biomassa das leguminosas, a quantidade de P

aportada foi equivalente a 156 e 542 g/planta para *G. sepium* nos ciclos 1 e 2, respectivamente. Para *M. caesalpiniaefolia* as quantidades de P aportadas foram de 220 e 443 g/planta nos ciclos 1 e 2, respectivamente. Essas quantidades foram superiores à recomendação, mas é preciso ponderar que nem todo o fósforo acumulado na biomassa das leguminosas foi prontamente disponibilizado aos coqueiros. A mineralização do P da biomassa vegetal está relacionada com as relações C/P, C/N e os teores de lignina, fibras e polifenóis (MALUF, *et al.*, 2015; PERIN *et al.*, 2010; LIMA *et al.*, 2012)

Diferente do N, a maior parte do fósforo acumulado na biomassa das leguminosas foi proveniente do solo. A capacidade de absorver P de camadas mais profundas do solo e de formas menos solúveis do nutriente são aspectos que podem ser potencializados pelas leguminosas, pois são capazes de formar simbiose com fungos micorrízicos (FM). Os FM são conhecidos por serem eficazes no aumento da absorção de fósforo (MOHAMMADI *et al.*, 2011).

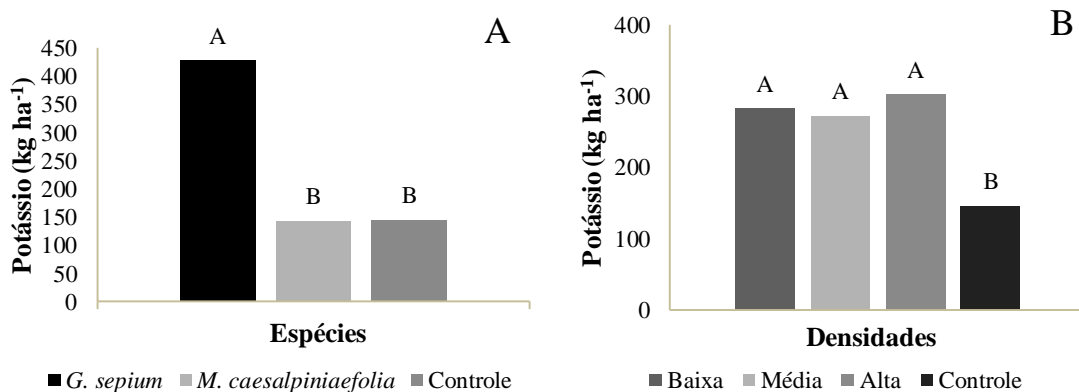
Houve interação entre tratamentos no ciclo 1 para acúmulo de potássio (K) (Gráfico 7), de modo que a *M. caesalpiniaefolia* na densidade média apresentou maior acúmulo do elemento ( $172,2 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Ao comparar as espécies dentro de cada densidade, observa-se melhor resultado na densidade média, na qual a *M. caesalpiniaefolia* apresentou maior acúmulo de K em sua biomassa de poda. No ciclo 2, houve diferença entre tratamentos (Gráfico 8A e 8B), de modo que a *G. sepium* resultou em maior média ( $428,19 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e as leguminosas em todas as densidades de plantio resultaram em maior acúmulo de K em relação ao controle. Também é importante destacar que o acúmulo de K na biomassa das leguminosas no ciclo 2 foi praticamente duas vezes maior que no ciclo 1 (Gráficos 7 e 8).

Gráfico 7 – Valores da interação do acúmulo de potássio na biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

Gráfico 8 – Acúmulo de potássio na biomassa das leguminosas e do controle (A) e nas densidades (B) no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Os resultados para o acúmulo de K refletem o que foi observado para a biomassa produzida pelas leguminosas nos dois ciclos de avaliação, com resultado favorável à *G. sepium* evidenciado no segundo ciclo.

Como o K presente na biomassa vegetal não faz parte de nenhum composto celular, tem liberação rápida (CAVALCANTE *et al.*, 2012) e requer atenção para que o nutriente seja aproveitado pela cultura do coqueiro e não seja perdido por lixiviação, principalmente em solo arenoso como o da área de estudo.

Os teores de K no perfil do solo da área (Anexo B e D) são classificados como baixos (LINS e VIÉGAS, 2008). A partir da análise de solo, Lins *et al.*, (2021) recomendam a adubação do coqueiro no plantio com 240 g/planta para teores de K no solo menores de 0,15

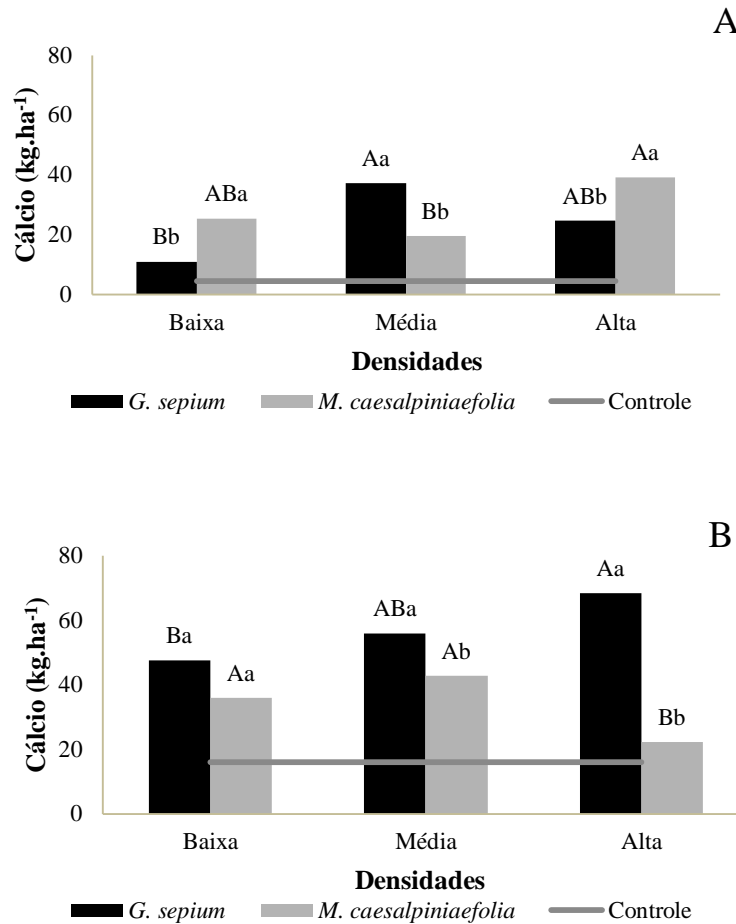
$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , 160 g/planta para teores de K entre 0,15 e 0,19  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e 100 g/planta para teores de K maiores que 20  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Assim, no presente estudo seriam necessários 160 g/planta de K, que correspondem a 23  $\text{kg ha}^{-1}$  de K, tendo em vista a densidade de plantas de coqueiro na área experimental. As leguminosas e o tratamento controle aportaram acima do necessário.

Houve interação entre fatores de tratamento para o acúmulo de cálcio (Ca) nas leguminosas nos ciclos 1 e 2. No ciclo 1 a *G. sepium* resultou em maior acúmulo (37,22  $\text{kg ha}^{-1}$ ) na densidade média de plantio, enquanto a *M. caesalpiniaefolia* resultou em maior acúmulo (39,19  $\text{kg ha}^{-1}$ ) na densidade alta (Gráfico 9A). Ao comparar as espécies dentro de cada densidade, observou-se que houve diferença com a *M. caesalpiniaefolia* resultando em maior acúmulo de Ca nas densidades baixa (25,28  $\text{kg ha}^{-1}$ ) e alta (39,19  $\text{kg ha}^{-1}$ ) (Gráfico 9A). No ciclo 2 a *G. sepium* resultou em maior acúmulo de Ca (68,36  $\text{kg ha}^{-1}$ ) na densidade alta, enquanto a *M. caesalpiniaefolia* resultou em maior acúmulo do elemento nas densidades de plantio baixa (35,06  $\text{kg ha}^{-1}$ ) e média (42,80  $\text{kg ha}^{-1}$ ) (Gráfico 9B). Ao comparar as espécies dentro de cada densidade, observou-se que houve diferença nas densidades média e baixa, com maiores valores associados à *G. sepium*. Todas as médias de acúmulo de Ca nos ciclos 1 e 2 foram superiores ao controle.

O cálcio é absorvido na forma de  $\text{Ca}^{2+}$  e a maior parte do cálcio das plantas está localizado nas paredes celulares (LIMA *et al.*, 2018). Além disso, a concentração de cálcio nas leguminosas atua nos fatores de nodulação. As mudanças na fisiologia e estrutura da raiz no início da nodulação são influenciadas pela concentração de  $\text{Ca}^+$  (BRAUER; RITCHEY; BELESKY, 2002).

A disponibilização de Ca às plantas ocorre principalmente por meio da calagem, podendo também ser por meio da aplicação do gesso e da adubação fosfatada realizada com superfosfato simples. A última calagem realizada na área de estudo foi 3 anos antes da instalação do experimento, na qual o calcário dolomítico foi distribuído a lanço em toda a área. Sobral *et al.* (2018) sugerem que quando os teores de Ca e Mg na folha nº 14 estiverem menores que 3  $\text{g kg}^{-1}$  e 2  $\text{g kg}^{-1}$ , respectivamente, deve-se verificar os resultados da análise de solo para necessidade de calagem, pois os dois nutrientes podem ser fornecidos pelo calcário dolomítico. No ciclo 1, foram aportados pelas leguminosas, em média, 26  $\text{kg ha}^{-1}$  de Ca, enquanto no ciclo 2 o aporte foi de 45,4  $\text{kg ha}^{-1}$  de Ca.

Gráfico 9 – Valores da interação do acúmulo de cálcio na biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1 (A) e ciclo 2 (B).



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

Por ser constituinte da parede celular, o cálcio é o macronutriente que apresenta a menor taxa de liberação na decomposição da biomassa de leguminosas, tornando-se um dos componentes mais recalcitrantes dos tecidos vegetais (SILVA *et al.*, 2022; PAULA *et al.*, 2015).

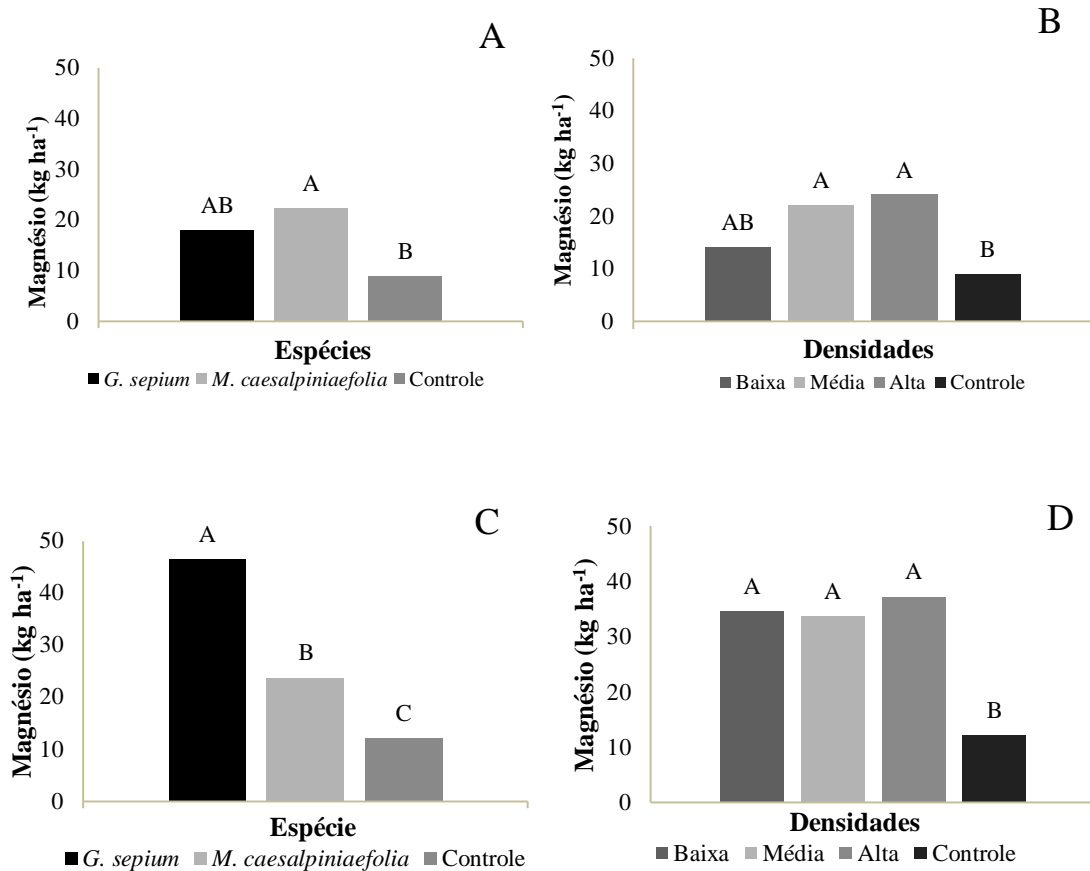
Ocorreu diferença entre as espécies e as densidades de plantio para o acúmulo de magnésio (Mg) nos ciclos 1 e 2. No ciclo 1 a *M. caesalpiniaefolia* resultou em maior média (22,2 kg ha<sup>-1</sup>), seguida pela *G. sepium* e o controle, com acúmulos de 17,8 e 8,9 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Gráfico 10A). No ciclo 1 as densidades média e alta resultaram nos maiores acúmulos, com valores de 22,0 e 24,0 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Gráfico 10B). No ciclo 2 o maior acúmulo de Mg foi observado para a *G. sepium* (46,5 kg ha<sup>-1</sup>), seguida pela *M. caesalpiniaefolia* e o controle, com valores de 23,9 e 12,2 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Gráfico

10C). As densidades no ciclo 2 não diferiram entre si e resultaram em acúmulo de Mg maior que o controle (Gráfico 10D).

Similar ao ocorrido para o K, o acúmulo de Mg reflete o que foi observado para a biomassa produzida pelas leguminosas nos dois ciclos de avaliação, com resultados mais promissores para a *G. sepium* reforçados pelos dados do segundo ciclo. A importância do Mg para o coqueiro está na contribuição no desenvolvimento fisiológico da planta, causando efeitos na morfologia, especialmente no número de folhas (NASCIMENTO, 2021). O Mg foi aportado pela calagem, conforme mencionado anteriormente para o Ca. Lins e Viégas (2008) recomendam a adubação com magnésio no plantio do coqueiro em função da análise do solo, no qual para valores menores de  $0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  recomenda-se doses de Mg de 90 g/planta, para valores entre 0,4 e  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  recomenda-se 70 g/planta e para valores maiores que  $0,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  recomenda-se 50 g/planta.

De acordo com a análise de caracterização química do solo da área experimental (Anexo B e D), a média do teor de Mg de  $0,38 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na primeira camada e  $0,15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na segunda camada resultou em demanda de adubação de Mg de 90 g/planta, o que foi aportado por meio da biomassa das leguminosas.

Gráfico 10 - Acúmulo de magnésio na biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1 (A) e ciclo 2 (C) e nas densidades no ciclo 1 (B) e ciclo 2 (D).

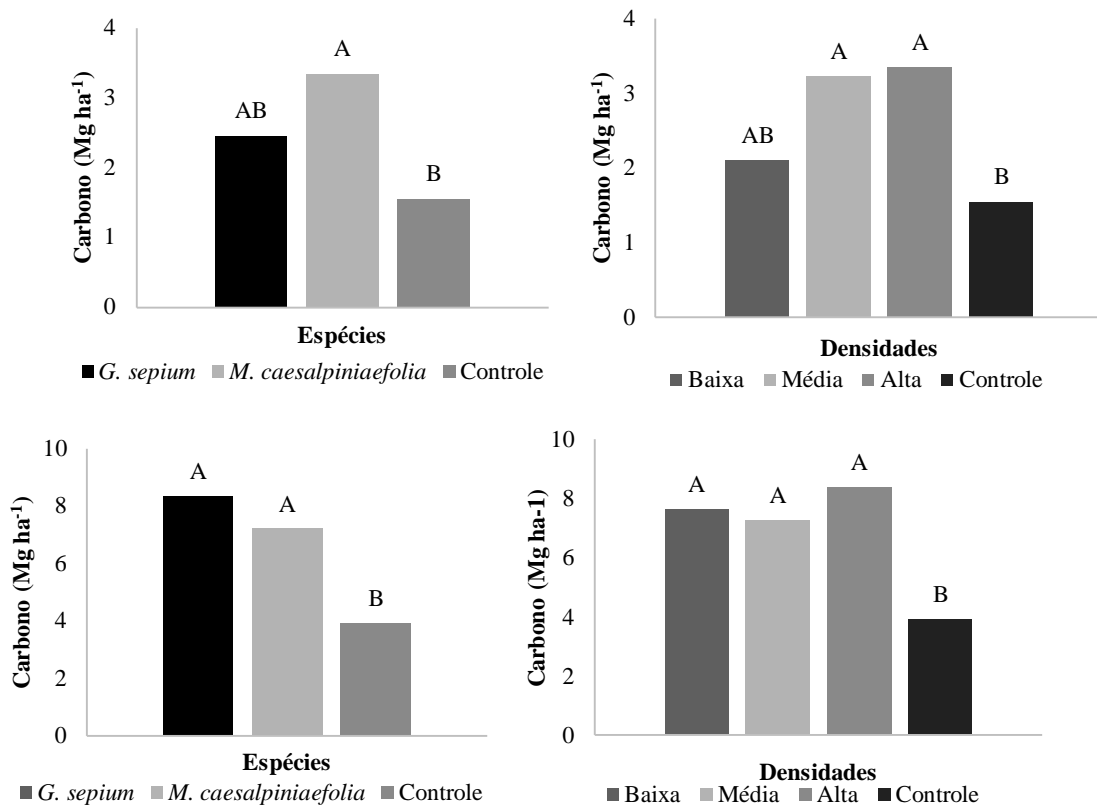


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

#### 4.2.2 Carbono

O acúmulo de carbono (C) na biomassa diferiu em função das espécies e densidades de plantio nos ciclos 1 e 2. A *M. caesalpiniaefolia* resultou no maior acúmulo de C (3,3 Mg ha<sup>-1</sup>), seguida pela *G. sepium* e controle cujos valores foram 2,4 e 1,5 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Gráfico 11A). As densidades média e alta resultaram nas maiores médias ao comparar as densidades no ciclo 1, com valores de 3,2 Mg ha<sup>-1</sup> e 3,3 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Gráfico 11B). No ciclo 2 o acúmulo de C não diferiu entre as espécies, com valores que, variaram de 7,2 a 8,0 Mg ha<sup>-1</sup>, superiores ao controle (3,9 Mg ha<sup>-1</sup>) (Gráfico 11C). Não houve diferença entre as densidades de plantio das leguminosas no ciclo 2 (Gráfico 11D).

Gráfico 11 - Acúmulo do carbono na biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1 (A) e ciclo 2 (C) e nas densidades no ciclo 1 (B) e ciclo 2 (D).



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

O acúmulo de C seguiu a mesma tendência da produção de biomassa das leguminosas, principalmente no ciclo 1. No ciclo 2 não houve diferença no carbono acumulado por *M. caesalpiniaefolia* e *G. sepium*. Em termos de benefícios agrônômicos, o carbono da biomassa ao ser aportado ao solo irá aumentar a matéria orgânica favorecendo atributos químicos, físicos e biológicos. Parte desse carbono irá se decompor, mas parte permanecerá ao solo, ou seja, a área adubada com as leguminosas tem maior aporte de C em relação ao controle, conseqüentemente irá ter maiores benefícios do que a área do controle. Uma das principais funções da matéria orgânica do solo é ser fonte de nutrientes para a nutrição das plantas (HOFFLAND *et al.*, 2020). Para Leite *et al.* (2003) o aporte de material orgânico é essencial para a qualidade do solo.

O carbono estabilizado no solo representa sequestro do elemento, minimizando a emissão de gás de efeito estufa (CO<sub>2</sub>) para a atmosfera e trazendo possibilidades de obtenção de renda com créditos de carbono. De acordo com Minasny *et al.* (2017) o sequestro de carbono orgânico do solo é considerado como uma alternativa para mitigar as mudanças

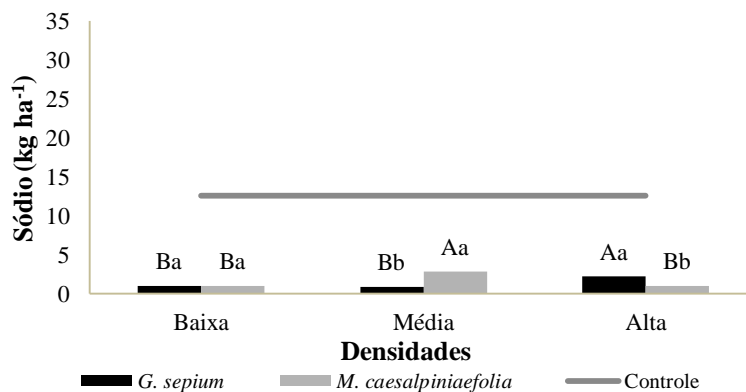


climáticas, pois o solo armazena duas a três vezes mais carbono do que a atmosfera, consequentemente um pequeno aumento no estoque de carbono no solo exerceria um papel importante na mitigação das emissões de gases do efeito estufa.

#### 4.2.3 Sódio

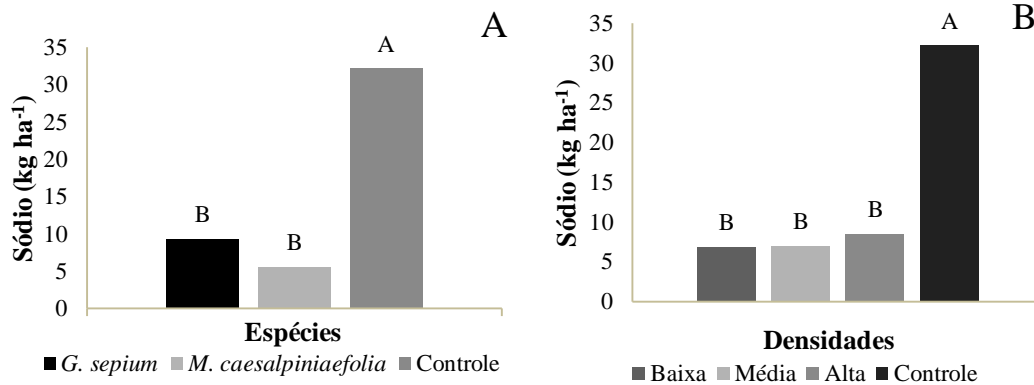
Ocorreu interação significativa entre os tratamentos para o sódio (Na) no ciclo 1 (Gráfico 12). A biomassa do controle apresentou maior acúmulo do elemento ( $12,55 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em comparação com as leguminosas. A *G. sepium* apresentou maior acúmulo de Na ( $2,18 \text{ kg ha}^{-1}$ ) na densidade alta, enquanto a *M. caesalpiniaefolia* resultou em maior acúmulo ( $2,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ) na densidade média. A mesma tendência foi observada no ciclo 2 (Gráfico 13A e 13B). Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que as plantas das parcelas controle provavelmente possuem capacidade de absorver maiores teores de Na do que as leguminosas, pois são plantas C4. De acordo com Korndorfer e Souza (2018) o Na é absorvido na forma de  $\text{Na}^+$  e requerido apenas por algumas plantas, no qual é considerado um elemento essencial para um subgrupo de plantas C4. A porcentagem de sódio na CTC do solo (PST) pode ser interpretada como baixa (SOBRAL *et al.*, 2015) (Anexo B e D), não sendo esperado que o Na presente no solo traga algum prejuízo às plantas que estão se desenvolvendo na área.

Gráfico 12 – Valores da interação do acúmulo de Na na biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

Gráfico 13 – Acúmulo de sódio na biomassa das leguminosas e do controle (A) e nas densidades (B) no ciclo 2.

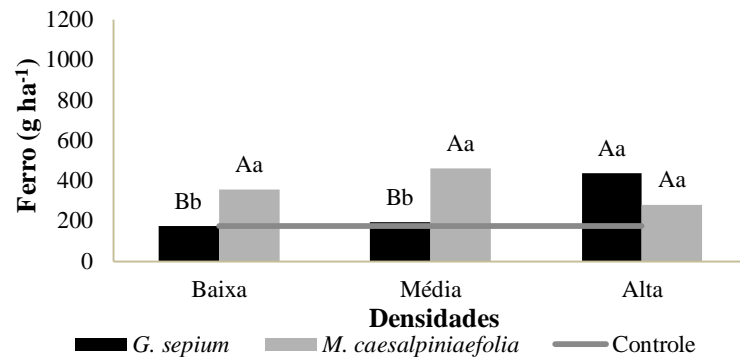


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

#### 4.2.4 Micronutrientes

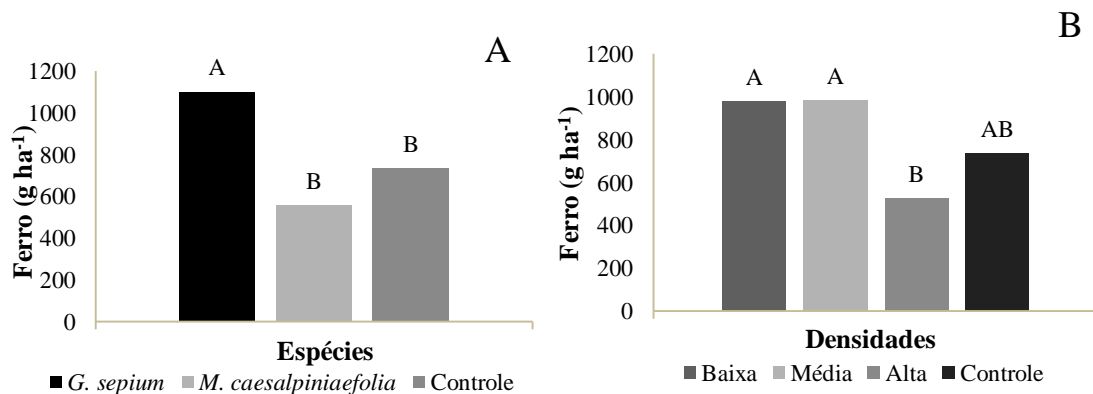
Quanto aos micronutrientes, não houve diferença entre tratamentos para o acúmulo de Zn e Cu nos dois ciclos estudados. Houve interação significativa para o acúmulo de Fe nas leguminosas no ciclo 1 (Gráfico 14). A *G. sepium* resultou em maior média na densidade alta (438,8 g ha<sup>-1</sup>), enquanto para a *M. caesalpiniaefolia* não houve diferença entre densidades. Ao comparar as espécies em cada densidade, somente nas densidades baixa e média a *M. caesalpiniaefolia* diferiu da *G. sepium*, acumulando duas vezes mais Fe (Gráfico 14). Todas as médias foram similares ou maiores que o controle (Gráfico 14). No ciclo 2 houve diferença entre as espécies e as densidades. A *G. sepium* resultou no maior acúmulo de Fe (1.100,1 g ha<sup>-1</sup>) quando comparada à *M. caesalpiniaefolia* e o controle que apresentaram acúmulos de 557,3 e 734,0 g ha<sup>-1</sup> de Fe, respectivamente (Gráfico 15A). As densidades baixa e média resultaram em maior acúmulo de Fe (976,2 e 983,2 g ha<sup>-1</sup>, respectivamente), quando comparadas à densidade alta (526,6 g ha<sup>-1</sup>) (Gráfico 15B).

Gráfico 14 – Valores da interação do acúmulo de ferro na biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

Gráfico 15 - Acúmulo de ferro na biomassa das leguminosas e do controle (A) e nas densidades (B) no ciclo 2.

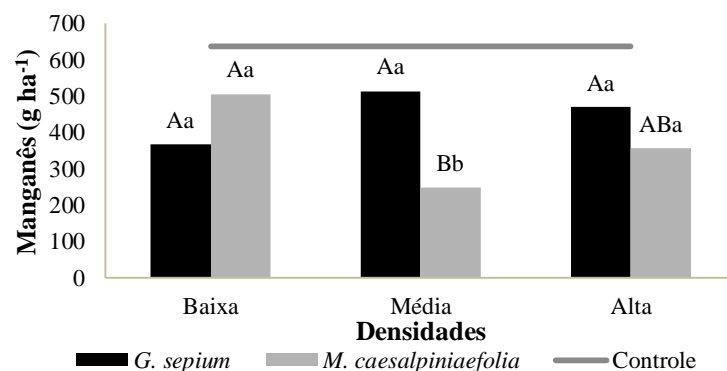


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

O acúmulo de Fe seguiu a tendência observada para a biomassa, com maiores valores associados à *M. caesalpiniaefolia* no primeiro ciclo e à *G. sepium* no segundo ciclo, com exceção para a densidade alta. Segundo Dechen *et al.* (2018) entre os micronutrientes, o ferro é o mais requerido pelas plantas sendo essencial para a estrutura e função da cadeia transportadora de elétrons das mitocôndrias e dos cloroplastos. Na área em que foi instalado o experimento não foi realizada a adubação prévia com fontes de micronutrientes contendo ferro. Com a poda da *G. sepium* estabelecida nas densidades de plantio média e baixa, houve aporte de aproximadamente 1 kg ha<sup>-1</sup> do micronutriente no segundo ciclo de manejo da leguminosa.

Ocorreu interação entre tratamentos para o acúmulo de manganês (Gráfico 16). Contudo, os valores acumulados pelas leguminosas foram menores que o observado para o tratamento controle (636,3 g ha<sup>-1</sup>). Apenas a *M. caesalpiniaefolia* apresentou diferença entre densidades de plantio, com o maior acúmulo de Mn na densidade baixa (505,8 g ha<sup>-1</sup>). Ao comparar as espécies em cada densidade, a *G. sepium* resultou em maior acúmulo de Mn na densidade média. Similar ao observado para o acúmulo de Na, as plantas presentes na parcela controle, com destaque para o capim açu, conseguem absorver mais Mn do que as duas leguminosas estudadas. Ao analisarem Mn em leguminosas e gramíneas Pirhofer-Walzl *et al.* (2011), Lindstrom *et al.* (2012) e Darch *et al.* (2020) obtiveram resultados semelhantes ao o encontrado nesse estudo.

Gráfico 16 – Valores da interação do acúmulo de manganês na biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

Para Dechen *et al.* (2018) o manganês é absorvido pelas plantas como Mn<sup>2+</sup>, é um micronutriente fundamental para a síntese de clorofila, e sua principal função está envolvida com a ativação enzimática. Quando a análise de solo apresenta 0 a 9 mg dm<sup>-3</sup> de Mn, Sobral e Barros (2018) recomendam adicionar no coqueiral 100 g/planta de sulfato de manganês. As leguminosas e a vegetação controle resultaram em aporte de Mn equivalente a 3,11 g/planta, não atendendo às necessidades da cultura.

O diferencial das leguminosas está na fixação de N e a oferta de micronutrientes é importante para que a fixação ocorra. Os micronutrientes podem afetar a fixação de N direta e indiretamente, pois são importantes para a simbiose da leguminosa com o *Rhizobium* e também aumentam a resistência das plantas a estresses (KASPER *et al.*, 2019).

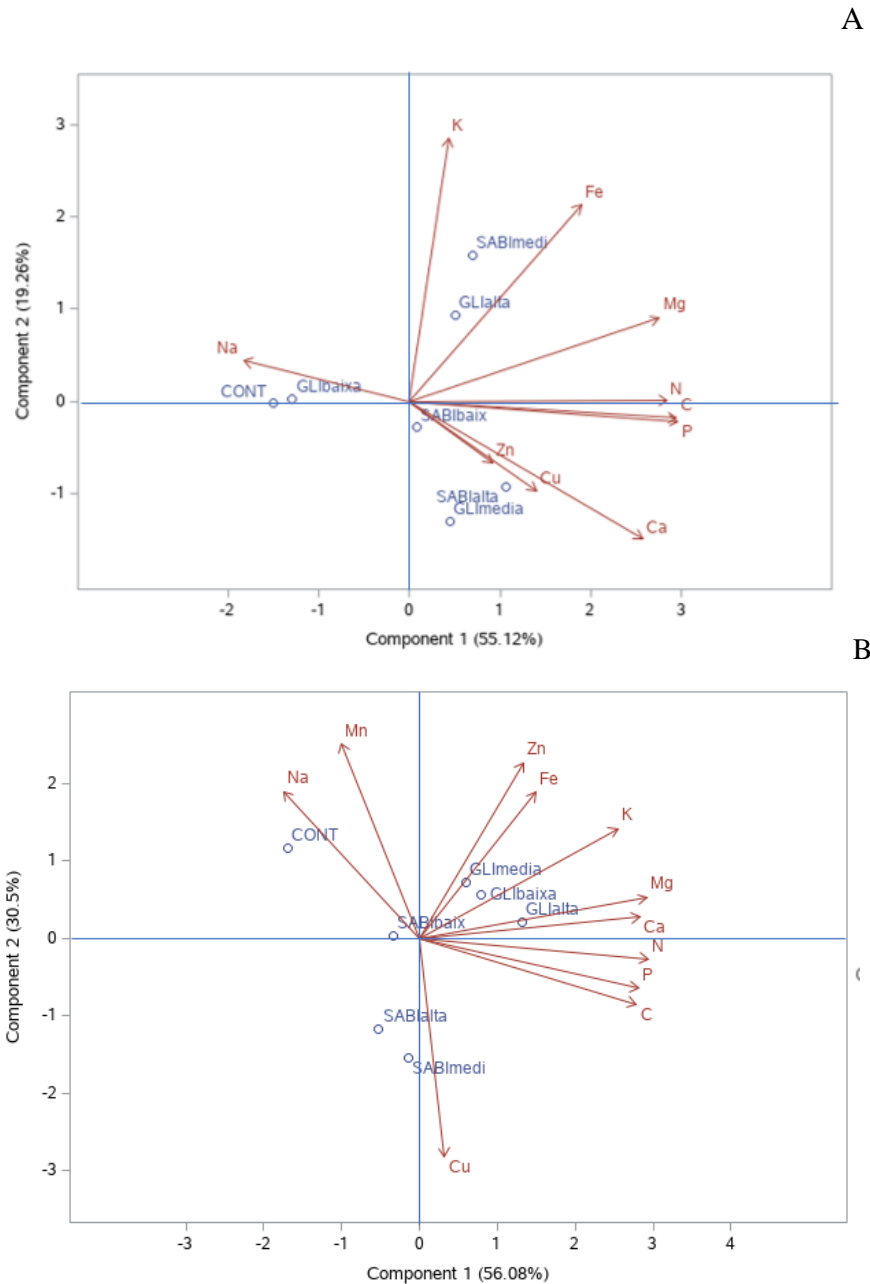
#### 4.2.5 Análise de componentes principais para acúmulo de nutrientes na biomassa das leguminosas

No ciclo 1, os elementos químicos acumulados no tecido vegetal das duas espécies tiveram a seguinte ordem decrescente: C > N > K > P > Ca > Mg > Na > Fe > Zn > Cu. No ciclo 2, a ordem foi: C > N > K > P > Ca > Mg > Na > Fe > Mn > Zn > Cu. Já para o controle a ordem no ciclo 1 foi: C > K > N > P > Na > Mg > Ca > Fe > Zn > Cu. No ciclo 2, a ordem foi: C > K > N > P > Na > Ca > Mg > Fe > Mn > Zn > Cu. Os maiores valores de acúmulo das leguminosas em relação ao controle podem ser explicados pelo fato das leguminosas possuírem características morfológicas diferentes, além da própria capacidade de fixação do N atmosférico, fazendo com que o elemento se destaque logo após o C. De acordo com Santos (2019) as leguminosas possuem o sistema radicular profundo e ramificado, garantindo a extração e absorção de nutrientes em camadas mais profundas do solo. O maior acúmulo de N nas leguminosas demonstra a importância dessas plantas para o aporte e ciclagem de nutrientes, principalmente em solos com baixo teor desse nutriente (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Na análise de componentes principais para o ciclo1, nota-se que os dois componentes explicaram 74,38% da variação total dos dados (Figura 13A). No primeiro quadrante a *M. caesalpiniaefolia* na densidade média e a *G. sepium* na densidade alta se destacaram pelos maiores valores de K, Fe e Mg. No segundo quadrante o controle e a *G. sepium* na densidade baixa se destacaram pelo maior valor do Na e pelos menores valores de Zn, Cu, Ca, C, N e P. No quarto quadrante a *M. caesalpiniaefolia* nas densidades baixa e alta e a *G. sepium* na densidade média se destacaram por estarem associadas ao acúmulo de Zn, Cu, Ca, C, N e P. As variáveis C, N e P e Zn, Cu e Ca ficaram próximas, caracterizando alta correlação.

No ciclo 2 os dois componentes principais explicaram 86,58% da variação total dos dados (Figura 13B). No primeiro quadrante, todos os tratamentos com *G. sepium* se destacaram em virtude do acúmulo de Ca, Mg, K, Zn e Fe. No quadrante 2, o tratamento controle se destacou pelo alto valor de Na e Mn em relação aos demais e, além disso, por apresentar correlação inversa às variáveis N, P, C e Cu. As variáveis Mg, Ca, N, P e C ficaram próximas, indicando alta correlação, mas divididas entre os quadrantes 1 e 2.

Figura 13: ACP- Biplot com dois componentes principais do ciclo 1 (A) e ciclo 2 (B).



Fonte: O próprio autor.

Ao analisar o acúmulo de elementos químicos na biomassa das plantas nos tratamentos com leguminosas comparados ao controle, se observa que no segundo ciclo houve mais diferenças em relação ao primeiro. Esse resultado é explicado pelo desenvolvimento mais efetivo das leguminosas a partir do segundo ano, promovendo mais diferenças em relação à vegetação de regeneração.

No ciclo 1 as leguminosas resultaram em biomassa com maior acúmulo de C, Ca, Mg, N, P e Fe em relação à vegetação de regeneração, com destaque à *M. caesalpiniaefolia* em densidades de plantio alta e média e à *G. sepium* em densidade média. No ciclo 2, além do

maior acúmulo dos elementos já informados, também houve maior acúmulo de K na biomassa das leguminosas, com destaque para a *G. sepium* em densidade de plantio média e alta (Gráfico 8).

A vegetação de regeneração resultou em biomassa com maior acúmulo de Na quando comparada à todos os demais tratamentos e maior acúmulo de Mn, com exceção aos tratamentos com *G. sepium* nas densidades média e alta (Gráficos 12, 13 e 16)).

#### **4.2.6 Teste de Dunnet para acúmulo de nutrientes na biomassa das leguminosas**

No ciclo 1 todos os tratamentos com leguminosas resultaram em menor aporte Na ao serem comparados com tratamento controle. A *G. sepium* densidade média resultou em maiores aportes de Ca e N em relação ao controle. Já a *G. sepium* na densidade alta promoveu maior aporte de Ca, N e Fe. O tratamento *M. Caesalpiniaefolia* na densidade baixa proporcionou maior aporte de Ca do que o tratamento controle, enquanto *M. Caesalpiniaefolia* densidade média resultou em maior aporte do que o tratamento controle para Mg, N e Fe. O tratamento *M. Caesalpiniaefolia* densidade alta proporcionou maior aporte de C, Ca, Mg, N e P do que o tratamento controle.

No ciclo 2 o aporte de sódio foi maior no tratamento controle (plantas espontâneas) comparados aos tratamentos com as leguminosas (Tabela 1). Enquanto o tratamento com *G. sepium* densidade baixa apresentou promoveu maiores aporte de C, K, Ca, Mg, N, P e Fe comparado ao tratamento controle. Este tratamento promoveu menor aporte somente para Na e Mn. Quando a *G. sepium* foi plantada em média densidade (tratamento 2) proporcionou aumentos nos aportes de C, K, Mg, N e Fe, sendo inferior ao tratamento controle somente quanto ao Na. A *G. sepium* em alta densidade apresentou efeito semelhante ao tratamento de média densidade, com exceção para o Fe, que teve menor aporte neste tratamento. Os tratamentos com a espécie *M. Caesalpiniaefolia* em baixa e média densidade tiveram o mesmo comportamento, ou seja, menores aportes para o Na e Mn. O tratamento com a *M. caesalpiniaefolia* em alta densidade resultou em menores aporte para o Na, Fe e o Mn.

Com o decorrer do tempo de adoção do manejo com as leguminosas, a *G. sepium* em densidade baixa de plantio aporta mais nutrientes em seus resíduos de poda, apresentando melhor potencial de contribuição com a disponibilidade de nutrientes que possam ser absorvidos pelas raízes superficiais do coqueiro. A vegetação de regeneração aporta mais Na e Mn na camada superficial do solo.

Tabela 1: Diferenças entre as médias de acúmulo de elementos químicos na biomassa de cada tratamento comparado com o controle pelo teste de Dunnet. O sinal negativo significa que o tratamento resultou em valores abaixo do controle.

Tratamentos	Ciclo 1 - 2020						
	C	Na	K	Ca	Mg	N	P
1-controle	-14,6 <sup>Ns</sup>	-11,5*	-30,0 <sup>Ns</sup>	6,5 <sup>Ns</sup>	3,7 <sup>Ns</sup>	61,8 <sup>Ns</sup>	-1,4 <sup>Ns</sup>
2-controle	152,3 <sup>Ns</sup>	-11,6*	-49,2 <sup>Ns</sup>	32,8*	9,0 <sup>Ns</sup>	181,7*	12,8 <sup>Ns</sup>
3-controle	131,5 <sup>Ns</sup>	-10,3*	25,1 <sup>Ns</sup>	20,1*	14,0 <sup>Ns</sup>	170,1*	12,1 <sup>Ns</sup>
4-controle	123,9 <sup>Ns</sup>	-11,5*	-27,0 <sup>Ns</sup>	20,9*	6,5 <sup>Ns</sup>	119,1 <sup>Ns</sup>	9,1 <sup>Ns</sup>
5-controle	183,5 <sup>Ns</sup>	-9,7*	61,9 <sup>Ns</sup>	15,1 <sup>Ns</sup>	17,2*	167,9*	13,9 <sup>Ns</sup>
6-controle	227,9*	-11,4*	34,8 <sup>Ns</sup>	34,8*	16,2*	166,5*	18,5*

Tratamentos	Ciclo 1 - 2020		
	Zn	Cu	Fe
1-controle	-57,8 <sup>Ns</sup>	-25,2 <sup>Ns</sup>	1,2 <sup>Ns</sup>
2-controle	0,98 <sup>Ns</sup>	-3,7 <sup>Ns</sup>	17,7 <sup>Ns</sup>
3-controle	-49,3 <sup>Ns</sup>	0,7 <sup>Ns</sup>	265,1*
4-controle	-13,1 <sup>Ns</sup>	-2,3 <sup>Ns</sup>	182,3 <sup>Ns</sup>
5-controle	4,0 <sup>Ns</sup>	-12,3 <sup>Ns</sup>	287,5*
6-controle	-4,4 <sup>Ns</sup>	6,9 <sup>Ns</sup>	106,6 <sup>Ns</sup>

Tratamentos	Ciclo 2 - 2021						
	C	Na	K	Ca	Mg	N	P
1-controle	1010,9*	-47,5*	616,1*	72,5*	73,7*	1168*	72,9*
2-controle	793,8*	-45,8*	615,2*	90,5*	63,3*	1139*	65,7 <sup>Ns</sup>
3-controle	1315,4*	-38,7*	701,4*	117,7*	95,6*	1463*	104,9*
4-controle	185,4 <sup>Ns</sup>	-55,9*	-87,9 <sup>Ns</sup>	17,0 <sup>Ns</sup>	9,0 <sup>Ns</sup>	388,1 <sup>Ns</sup>	-11,7 <sup>Ns</sup>
5-controle	212,7 <sup>Ns</sup>	-57,0*	-116,3 <sup>Ns</sup>	26,3 <sup>Ns</sup>	13,0 <sup>Ns</sup>	378,7 <sup>Ns</sup>	7,0 <sup>Ns</sup>
6-controle	196,7 <sup>Ns</sup>	-57,2*	-89,9 <sup>Ns</sup>	-1,8 <sup>Ns</sup>	2,6 <sup>Ns</sup>	427,1 <sup>Ns</sup>	0,5 <sup>Ns</sup>

Tratamentos	Ciclo 2 - 2021			
	Zn	Cu	Fe	Mn
1-controle	146,2 <sup>Ns</sup>	18,57 <sup>Ns</sup>	1233*	-467,5*
2-controle	107,4 <sup>Ns</sup>	32,67 <sup>Ns</sup>	1363*	-147,3 <sup>Ns</sup>
3-controle	138,3 <sup>Ns</sup>	51,07 <sup>Ns</sup>	231,6 <sup>Ns</sup>	-244,2 <sup>Ns</sup>
4-controle	-178,5 <sup>Ns</sup>	-5,12 <sup>Ns</sup>	-484,9 <sup>Ns</sup>	-581,7*
5-controle	-297,6 <sup>Ns</sup>	22,11 <sup>Ns</sup>	-547 <sup>Ns</sup>	-932,2*
6-controle	-275,7 <sup>Ns</sup>	2,34 <sup>Ns</sup>	-1088*	-786,1*

Ns e \*: não significativo e significativo a 5% pelo teste de Dunnet, 1- densidade baixa (*G. sepium*); 2- densidade média (*G. sepium*); 3- densidade alta (*G. sepium*); 4- densidade baixa (*M. caesalpiniaefolia*); 5- densidade média (*M. caesalpiniaefolia*); 6- densidade alta (*M. caesalpiniaefolia*)



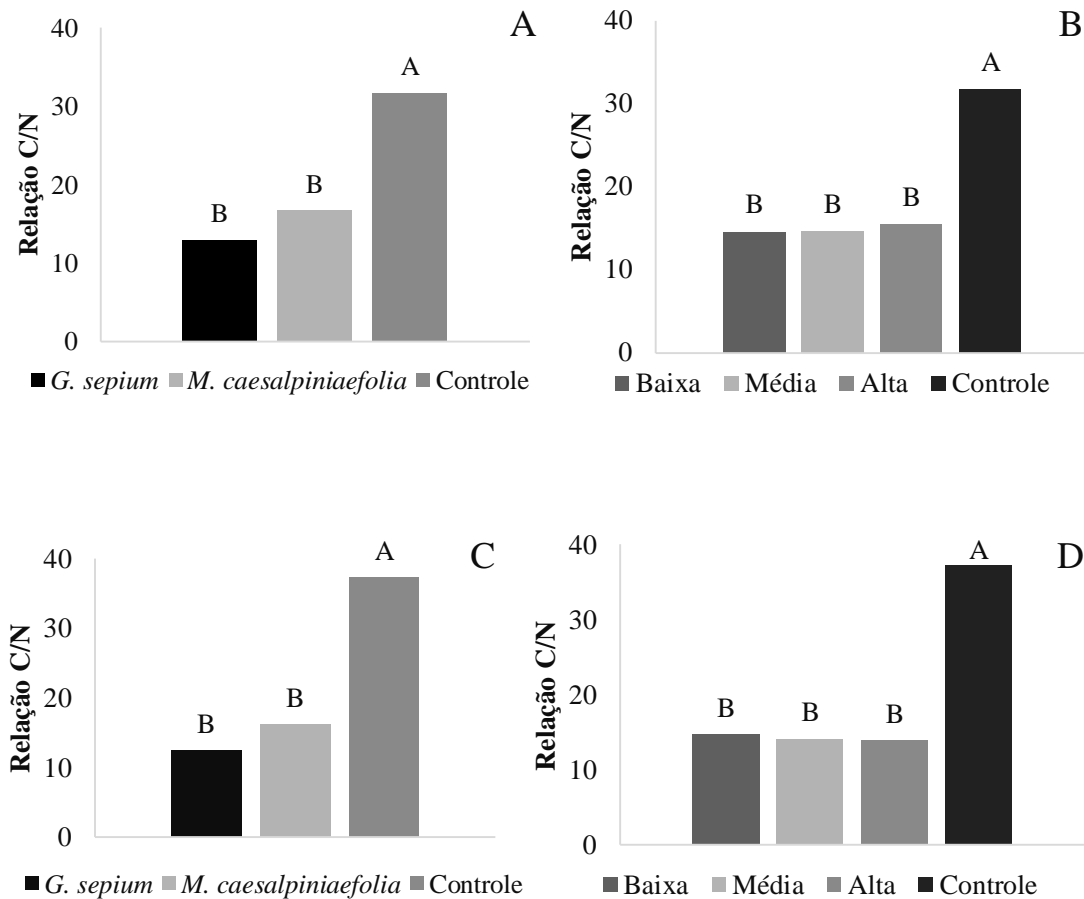
### 4.3 Relação C/N e C/P da biomassa das leguminosas

A relação C/N na biomassa das leguminosas diferiu entre espécies e densidades de plantio nos ciclos 1 e 2, com maiores valores para o controle (Gráfico 17). No ciclo 1, o controle resultou em C/N de 31,7, enquanto a *G. sepium* e a *M. caesalpiniaefolia* resultaram em 16,7 e 13,01, respectivamente (Gráfico 17A). Foi obtido resultado semelhante no ciclo 2, com C/N de 37,1 no controle e de 12,4 e 16,0 para a *G. sepium* e *M. caesalpiniaefolia*, respectivamente (Gráfico 17C). Já nas densidades de plantio, as médias da relação C/N variaram entre 15,4 e 13,8 (Gráfico 17B e 17D).

Esses resultados indicam que o material vegetal presente na área do tratamento controle demora mais tempo para se decompor e disponibilizar nutrientes. Além disso, maiores valores da relação C/N podem causar imobilização de nutrientes, com destaque para o N. A adição de material orgânico no solo influencia o equilíbrio entre a mineralização e imobilização do nitrogênio presente no solo (CANTARELA 2007). A relação C/N do material vegetal adicionado ao solo tem papel importante na decomposição e na relação entre imobilização e mineralização do nitrogênio pela biomassa microbiana (ACOSTA *et al.*, 2014). Ao trabalhar com leguminosas e gramíneas em um sistema de plantio direto, Teixeira *et al.* (2014) observaram que as gramíneas apresentaram maior relação C/N e precisaram de mais tempo para se decompor, causando imobilização do N.

A relação C/N encontrada para as duas espécies de leguminosas está favorável para a mineralização dos nutrientes contidos na biomassa. Ao trabalhar com taxa de decomposição das espécies *G. sepium* e *M. caesalpiniaefolia*, Lira (2021) observou que a biomassa da *G. sepium* apresentou maior taxa de decomposição e maior constante de decomposição que a *M. caesalpiniaefolia*, ou seja, a biomassa da *G. sepium* liberou nutrientes mais rápido. Para Chaves *et al.* (2004) a composição bioquímica do material vegetal é um fator de grande importância na mineralização de N dos resíduos das culturas.

Gráfico 17 – Relação C/N da biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1 (A) e ciclo 2 (C) e nas densidades de plantio das leguminosas nos ciclos 1 (B) e ciclo 2 (D).



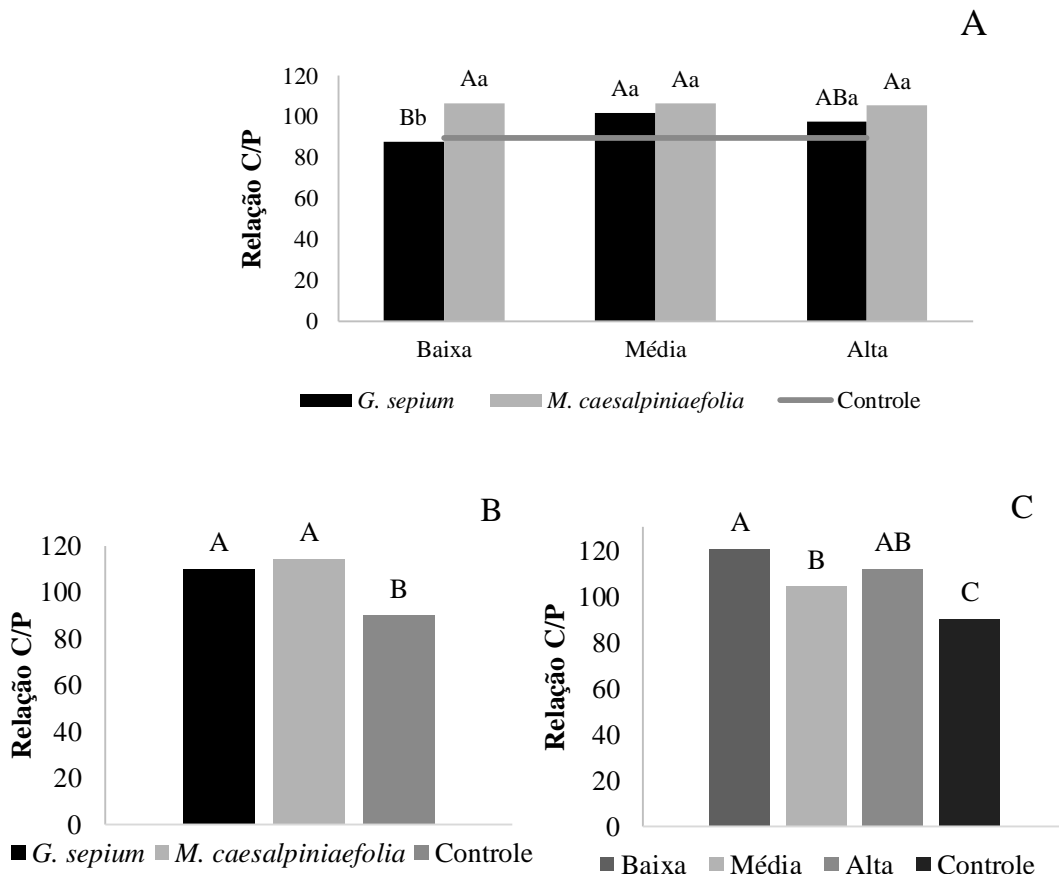
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

No ciclo 1, houve interação entre os fatores de tratamentos para a relação C/P, de modo que a *G. sepium* resultou em maior valor (101,8) na densidade média, enquanto para a *M. caesalpiniaefolia* não houve diferença entre as densidades (Gráfico 18A). Na densidade baixa, a *M. caesalpiniaefolia* resultou em maior média (106,4) do que a *G. sepium*. O controle resultou em maior valor somente em comparação com a *G. sepium* na densidade baixa. A relação C/P diferiu entre as espécies e as densidades de plantio no ciclo 2 (Gráfico 18B e 18C). A *G. sepium* e a *M. caesalpiniaefolia* resultaram as maiores médias (109,9 e 114, 5, respectivamente) em relação ao controle (90,0). Já nas densidades de plantio a densidade baixa resultou em maior média (120,5) em relação ao controle.

Os valores obtidos foram menores que 200, indicando que ocorreu mineralização do P da biomassa vegetal. Esses valores indicam mineralização a curto prazo (STEVESON e COLE, 1999). Valores elevados para essas relações acarretam baixa decomposição e liberação

de N e P (GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES; BRITO, 2007). Além da relação C/N e C/P, outros fatores como o teor de lignina, celulose e hemicelulose também influenciam diretamente a velocidade de mineralização do material vegetal.

Gráfico 18 - Valores da interação da relação C/P na biomassa das leguminosas no ciclo 1 (A) e na biomassa das leguminosas e do controle (B) e nas densidades de plantio (C) das leguminosas nos ciclos 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

#### 4.4 Atributos químicos do solo

Houve atributos do solo que diferiram em resposta à interação entre os fatores de tratamento (ciclo 1, na camada de 0-20 cm: Mg, SB, P, N, C, Mn, Cu e Fe; ciclo 1, na camada de 20-40 cm: Ca, Mg, SB, CTC, P, C, Zn e Fe; ciclo 2, na camada de 0-20 cm: Na, Ca, SB, P, Mn e Cu; ciclo 2, na camada de 20-40 cm: K, H+Al, Zn e Fe) (Anexo F). Os atributos que responderam às espécies isoladamente, no ciclo 1 na camada de 0-20 cm foram: K e Zn, enquanto na camada de 20-40 cm foram: Na, K, N e Cu. Já no ciclo 2 na camada de 0-20 cm foram: K, Zn e Fe; na camada de 20-40 cm foram: Na, SB, CTC e N (Anexo F). Os atributos

que diferiram em função das densidades de plantio no ciclo 1 na camada de 0-20 cm foram: Na, K Ca, CTC e Zn; na camada de 20-40 cm foram: K, N e Cu (Anexo F). Enquanto no ciclo 2 na camada de 0-20 cm foram: K, Mg, H+Al, CTC, N e Zn e na camada de 20-40 cm foram: Na, Ca, SB, CTC, N e Cu (Anexo F).

No ciclo 1, na camada de 0-20 cm, a densidade média de plantio de leguminosas resultou em maior teor de Na no solo ( $0,11 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), seguida pela densidade baixa e pelo controle cujos teores foram  $0,08$  e  $0,07 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , respectivamente (Gráfico 19). Ao comparar as leguminosas e o controle na camada 20-40 cm, a *G. sepium* resultou em maior teor de Na ( $0,09 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) em relação à *M. caesalpiniaefolia* e ao controle que resultaram em  $0,06 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (Gráfico 20).

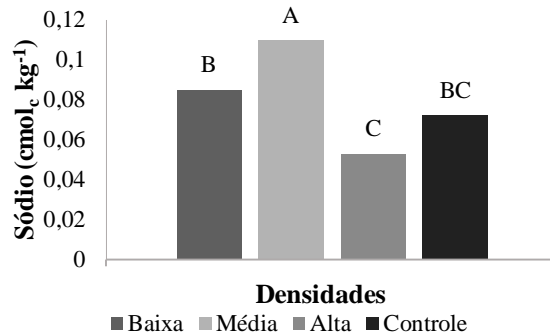
No ciclo 2 houve interação significativa entre os fatores de tratamento na camada de 0-20 cm para o teor de Na no solo (Gráfico 21). A *G. sepium* na densidade baixa resultou em maior teor de Na ( $0,23 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) em relação à *M. caesalpiniaefolia* e o controle, com valores de  $0,13$  e  $0,12 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , respectivamente. Na camada de 20-40 cm não houve diferença nos teores de Na no solo resultantes do manejo com as duas espécies de leguminosas ( $0,16 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  para *G. sepium* e  $0,18 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  para *M. caesalpiniaefolia*) que resultaram em teores de Na no solo maiores que o controle ( $0,12 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), conforme apresentado no Gráfico 22A. Em relação às densidades de plantio das leguminosas, os teores de Na no solo foram  $0,16 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  para a densidade baixa;  $0,18 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  para a densidade média e  $0,17 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  para a densidade alta, sendo todos eles maiores em relação ao controle ( $0,12 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), conforme apresentado no Gráfico 22B.

Apesar da vegetação do controle ter apresentado maior acúmulo de Na em sua biomassa, os teores de Na encontrados no solo após a poda dessa vegetação não foram superiores ao verificado nas parcelas com as leguminosas. Para explicar esse resultado é preciso considerar que no manejo da poda da vegetação do tratamento controle, o corte foi feito por meio de roçadeira e os resíduos de poda foram espalhados em toda parcela. No caso dos tratamentos com as leguminosas, o resíduo de poda foi concentrado no entorno dos coqueiros onde foram coletadas as amostras de solo. Assim, no tratamento controle houve maior distribuição e diluição dos teores de Na que passaram da biomassa decomposta para o solo.

Adicionalmente, o maior teor de Na no solo que recebeu a biomassa da *G. sepium* pode ser explicado pela maior velocidade de decomposição da biomassa em relação à da *M. caesalpiniaefolia*. A liberação de nutrientes de um resíduo vegetal depende tanto das características químicas como as bioquímicas, pois material vegetal com alta concentração de

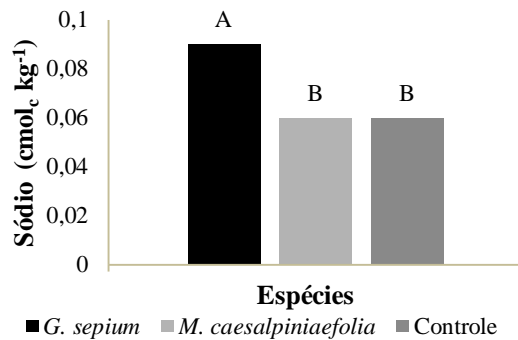
compostos solúveis em água são decompostos mais rápido do que materiais vegetais com maiores teores de compostos mais resistentes como ceras, celulose, fenóis e lignina (RANJBAR e JALALI, 2012).

Gráfico 19 – Médias dos teores de sódio na camada de 0-20 cm do solo adubado com a biomassa das leguminosas em diferentes densidades de plantio e do controle no ciclo 1.



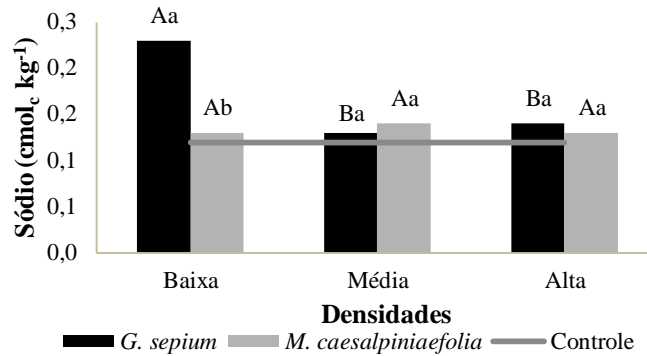
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Gráfico 20 – Médias dos teores de sódio no solo na camada de 20-40 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas espécies no ciclo 1.



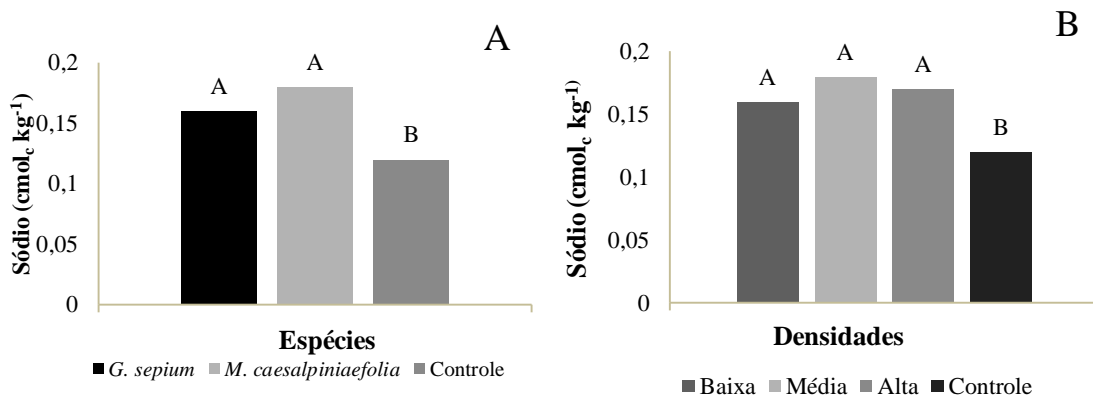
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Gráfico 21 – Valores médios da interação do teor de sódio no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

Gráfico 22 – Médias dos teores de sódio no solo na camada 20-40 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas espécies e na densidade no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Após manejo no ciclo 1 a *G. sepium* levou ao maior teor de K ( $0,21 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) na camada de 0-20 cm do solo, tendo ocorrido resposta também às densidades de plantio, de modo que a densidade média resultou no maior teor do elemento ( $0,24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), conforme apresentado no Gráfico 23. Na subsuperfície (20-40 cm) a *G. sepium* também resultou no maior teor de K ( $0,17 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) e as densidades de plantio resultaram em teores de K que variaram de  $0,11$  a  $0,15 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , diferindo em relação ao observado no controle ( $0,11 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), conforme apresentado no Gráfico 24.

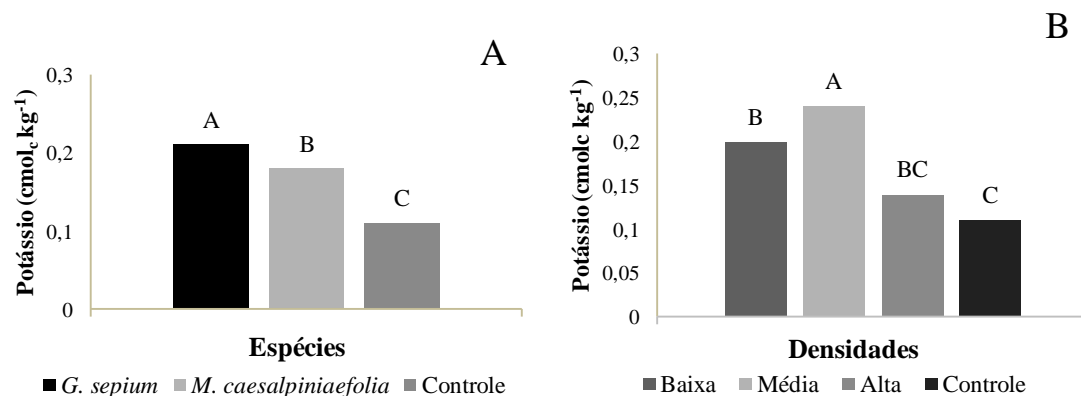
No ciclo 2 o teor de K no solo seguiu a mesma tendência observada no ciclo 1, com maior contribuição da *G. sepium* que resultou em maior teor ( $0,34 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) que, por

sua vez, foi superior ao observado no ciclo 1 na camada de 0-20 cm (Gráfico 25A). Adicionalmente, a densidade média de plantio das leguminosas resultou em maior teor de K no solo (Gráfico 25B). Na subsuperfície (20-40 cm) houve interação entre os fatores de tratamento (Gráfico 26). A *M. caesalpiniaefolia* resultou maior teor de K na densidade média de plantio ( $0,34 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) e a *G. sepium* não diferiu nas densidades avaliadas. A *G. sepium* resultou em maiores teores de K que a *M. caesalpiniaefolia* nas densidades de plantio baixa e média, com valores de  $0,30$  e  $0,34 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , respectivamente.

Os efeitos no solo do manejo com a *G. sepium* foram percebidos desde o ciclo 1, em que os teores de K na camada superficial no tratamento com a espécie foram considerados adequados para o cultivo do coqueiro, enquanto para o tratamento com a *M. caesalpiniaefolia* os teores de K no solo foram interpretados como médios (LINS E VIEGAS, 2008).

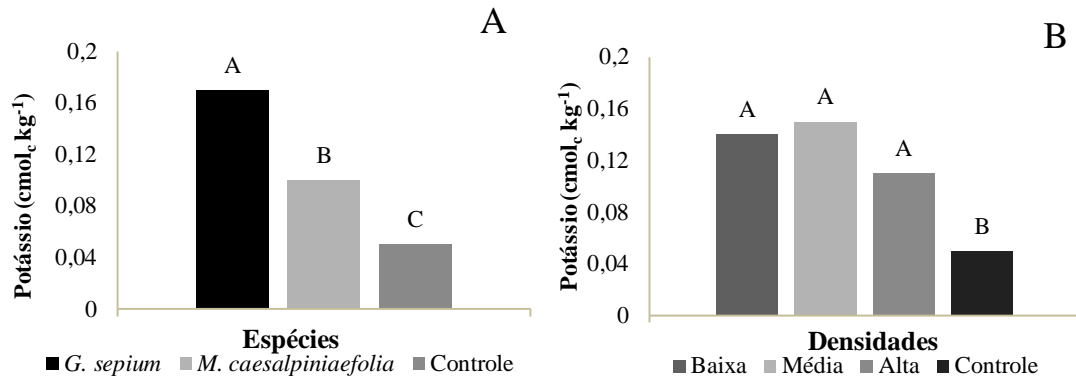
Mesmo com maiores teores de K no solo ocorrendo associados à *G. sepium*, ambos os tratamentos com leguminosas no ciclo 2 resultaram em teores do nutriente interpretados como adequados pelo critério de Lins e Viegas (2008). O consórcio entre *G. sepium* e coqueiros tem efeitos positivos para o teor de potássio no solo e isso tem potencial de favorecer o crescimento e a produção da cultura (RAVEENDRA *et al.*, 2021; PEREIRA *et al.*, 2017).

Gráfico 23 – Médias de potássio na camada de 0-20 cm do solo adubado com a biomassa das leguminosas em diferentes espaçamentos de plantio e do controle no ciclo 1.



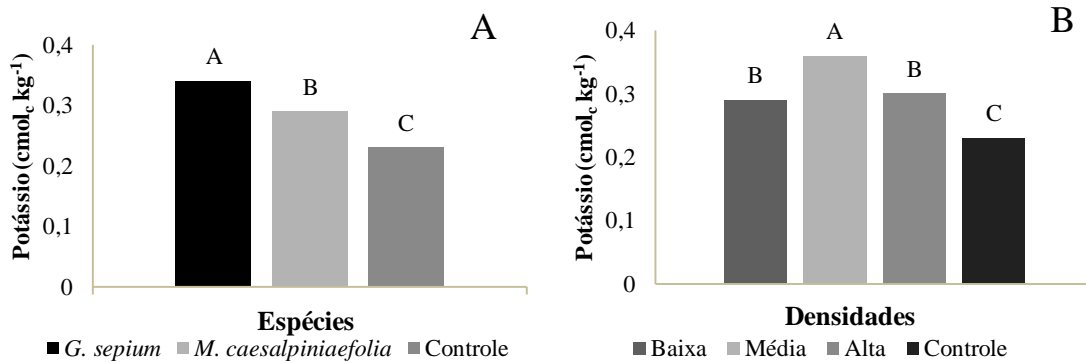
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Gráfico 24 – Médias de potássio no solo na camada 20-40 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas espécies e na densidade no ciclo 1.



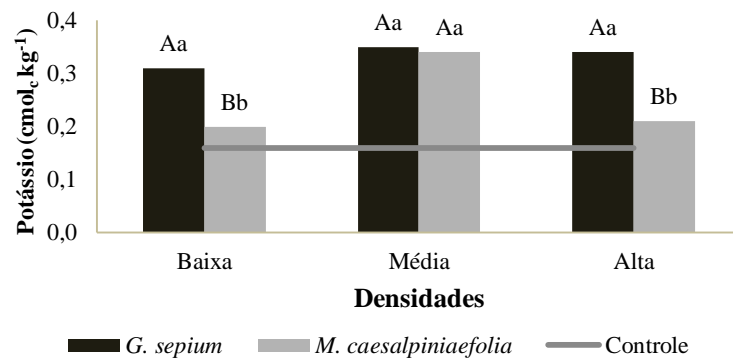
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Gráfico 25 – Médias de potássio no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas espécies e na densidade no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Gráfico 26 – Valores médios da interação do teor de potássio no solo na camada 20-40 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.



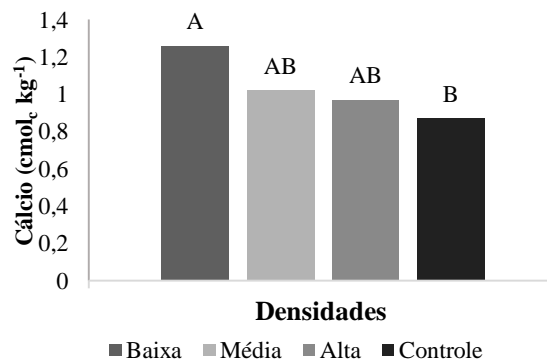
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.



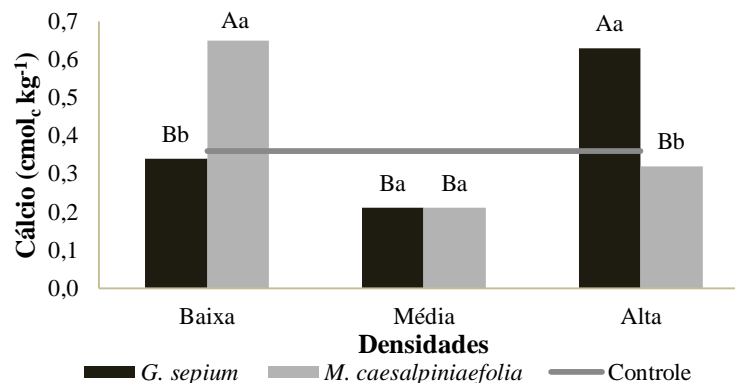
Na análise do teor de Ca no solo para o ciclo 1 a densidade baixa de plantio das leguminosas resultou em maior média ( $1,26 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) na camada de 0-20 cm (Gráfico 27A). Na subsuperfície (20-40 cm) houve interação entre os fatores de tratamento, de modo que a *G. sepium* resultou em maior teor de Ca no solo ( $0,63 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) na densidade alta de plantio, enquanto a *M. caesalpiniaefolia* resultou em maior teor do elemento ( $0,65 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) na densidade baixa de plantio (Gráfico 27B). A resposta à densidade de plantio na camada de 0-20 cm, com maior teor de Ca no solo mediante baixa densidade de plantio, está associada ao menor acúmulo de Ca na biomassa das leguminosas, com ênfase à *G. sepium*, que apresentou o menor acúmulo de Ca em baixa densidade de plantio nos ciclos 1 e 2 (Gráfico 9).

Gráfico 27 – Valores médios dos teores de Ca no solo no ciclo 1 de manejo das leguminosas, com respostas às densidades de plantio na camada de 0-20 cm do solo (A) e respostas à interação entre os fatores de tratamento na camada de 20-40 cm (B).

A



B

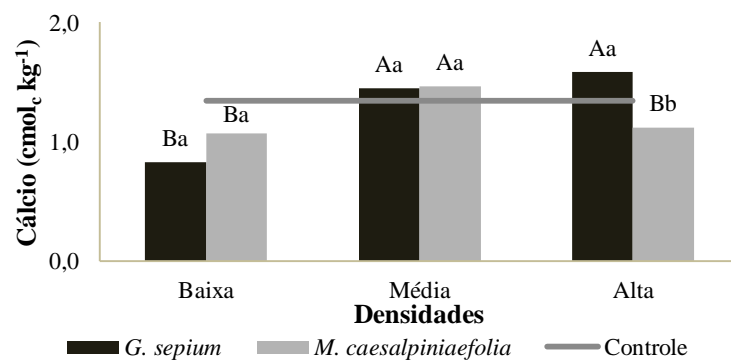


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

No ciclo 2, na camada de 0-20 cm, houve interação entre os fatores de tratamento para teores de Ca no solo (Gráfico 28). A *G. sepium* resultou em maior teor nas densidades de plantio média (1,45  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ) e alta (1,58  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ), enquanto a *M. caesalpiniaefolia* resultou em maior teor (1,46  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ) na densidade média de plantio. Apenas esses três tratamentos apresentaram médias maiores que o controle (1,3  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ). Na camada de 20-40 cm só houve resposta às densidades de plantio, sendo que a densidade média resultou em maior teor de Ca (0,71  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ) (Gráfico 29). Os resultados do ciclo 2 indicam maior influência de liberação de Ca da biomassa de poda.

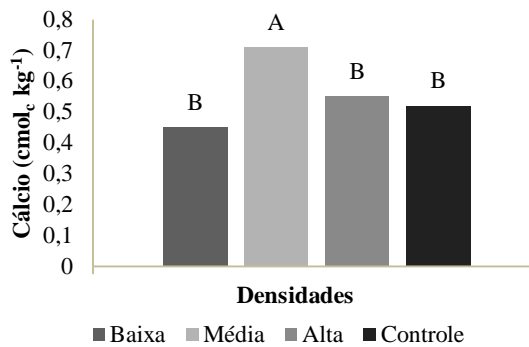
Nos dois ciclos estudados, a camada superficial do solo apresentou teores de Ca interpretados como médios para o cultivo do coqueiro, exceto no tratamento com a *G. sepium* na densidade alta que levou a teor de Ca no solo interpretado como adequado para o cultivo do coqueiro (LINS e VIEGAS, 2008). Em parte, esse resultado é efeito da calagem efetuada na área no ano de 2018 (antes da instalação do experimento) e é efeito do aporte dos resíduos de poda. Baixos teores de cálcio no solo podem provocar danos à composição estrutural das plantas. Delfino *et al.* (2018) analisaram um solo de um banco de proteína de *G. sepium* com o espaçamento de 1m x 1m, similar ao espaçamento utilizado neste estudo que resultou na baixa densidade de plantio, e encontraram teor de Ca de 2,3  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ , valor superior ao encontrado neste estudo. Nesse contexto, convém destacar que a presença dos coqueiros no presente estudo também contribuiu com a absorção do elemento durante o período experimental, influenciando os teores dos elementos no solo.

Gráfico 28– Valores médios da interação do teor de cálcio no solo na camada de 0-20 cm adubada com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

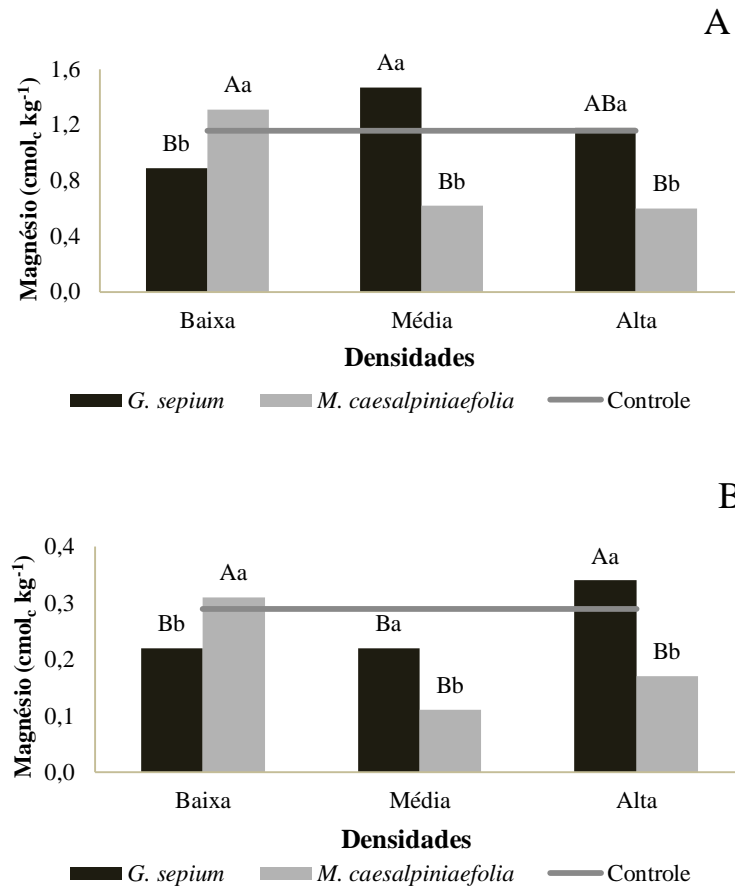
Gráfico 29 – Médias de cálcio no solo na camada 20-40 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas densidades no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Quanto aos teores de Mg, houve interação significativa entre os fatores de tratamento no ciclo 1 para as camadas de 0-20 cm e 20-40 cm (Gráfico 30A e 30B). A *G. sepium* resultou em maior teor (1,47 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) na densidade média de plantio, enquanto a *M. caesalpiniaefolia* resultou em maior teor (1,31 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) na densidade baixa na camada de 0-20 cm (Gráfico 30A). Somente esses dois tratamentos resultaram em teores de Mg maiores que o controle (1,16 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) (Gráfico 30A). Na subsuperfície (20-40 cm) a *G. sepium* resultou em maior teor (0,34 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) na densidade alta, enquanto a *M. caesalpiniaefolia* resultou em maior teor (0,31 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) na densidade baixa e o controle resultou em (0,29 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) (Gráfico 30B).

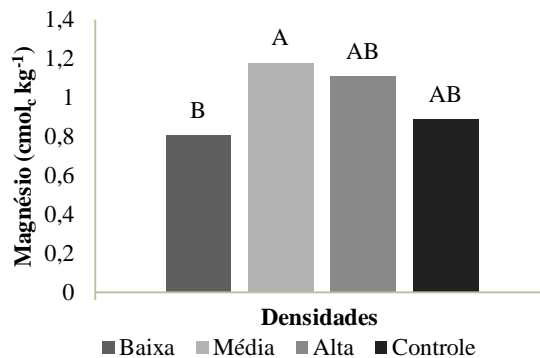
Gráfico 30– Valores médios da interação do teor de magnésio no solo na camada de 0-20 cm (A) e na camada de 20-40 cm (B) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

No ciclo 2 houve resposta dos teores de Mg no solo às densidades de plantio na camada de 0-20 cm (Gráfico 31). A densidade média de plantio de leguminosas resultou em maior teor de Mg no solo ( $1,18 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) em relação ao controle ( $0,89 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ).

Gráfico 31 – Médias de cálcio no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas densidades no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Ao avaliarem o efeito da adição de leguminosas ao solo plantado com milho, Oliveira *et al.* (2018) verificaram que os tratamentos com a adição folhas e ramos e somente folhas da *G. sepium* e da *M. caesalpiniaefolia* resultaram em maiores teores de Mg no solo em comparação ao tratamento que não recebeu leguminosas. Esse resultado reforça a importância da *G. sepium* e da *M. caesalpiniaefolia* como fonte de Mg para o solo.

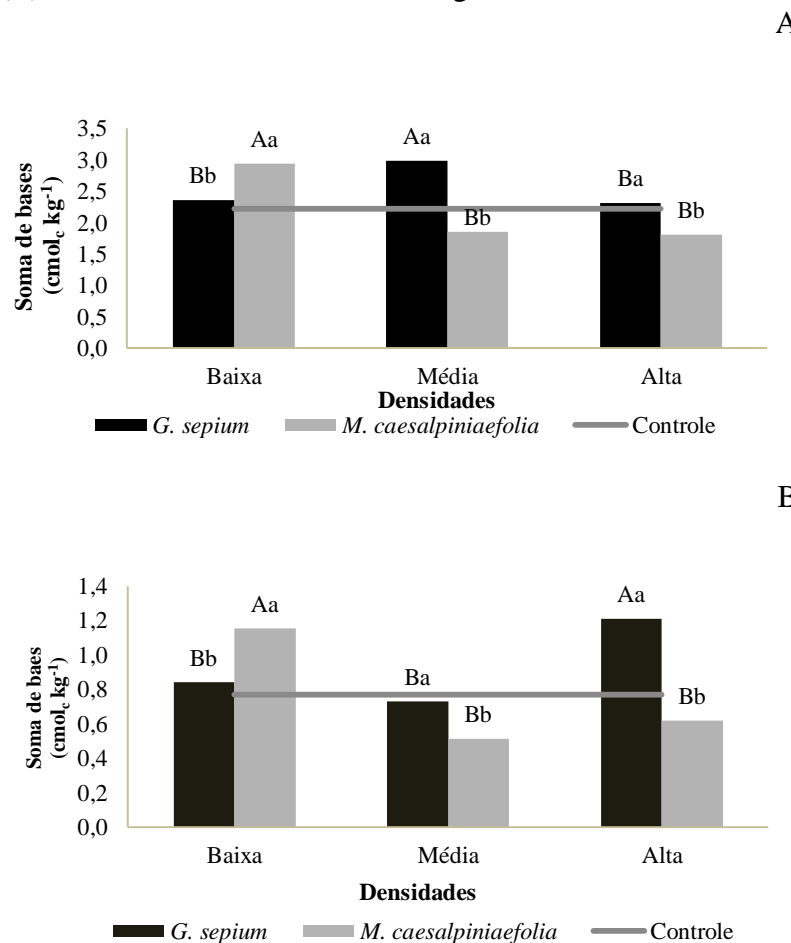
Os teores de Mg na camada superficial do solo deste estudo estão acima do considerado adequado para a cultura do coqueiro para os tratamentos com a *G. sepium* nas densidades média e alta e com a *M. caesalpiniaefolia* na densidade baixa no ciclo 1 (LINS e VIEGAS, 2008). Um fator importante a ser considerado é a competição entre os íons, pois os cátions monovalentes são absorvidos mais rapidamente do que os cátions divalentes. Assim é necessário uma relação equilibrada (Ca:Mg:K) no solo para que as plantas consigam absorver as quantidades necessárias dessas bases trocáveis. A relação (Ca+Mg)/K na primeira camada do ciclo 1 está variando entre 7 a 18 e no ciclo 2 está variando entre 5 e 9,7. Esses valores estão variando entre baixo e médio para o ciclo 1 e baixo para o ciclo 2 (SOUSA e LOBATO, 2004). De acordo com Bear e Toth (1948) a proporção ideal de cátions no complexo de troca é 65% de Ca, 10% de Mg e 5% de K, porém esses valores são variáveis com a cultura e o tipo de solo (OLIVEIRA; CARMELLO; MASCARENHAS., 2001). No caso do presente estudo, no ciclo 1 a primeira camada há cerca de 28-38% de Ca, 19 a 41% de Mg e 3,8 a 6,8% de K e na primeira camada do ciclo 2 há cerca de 20-30% de Ca, 18 a 23% de Mg e 4,6 a 7,7% de K. Para Lima *et al.* (2018) o aumento na concentração de um elemento no meio implica na diminuição da absorção de outro.

Ao analisar a soma de bases (SB), observa-se que houve interação entre os fatores de tratamento nas camadas de 0-20 e 20-40 cm no ciclo 1 e na camada de 0-20 cm no ciclo 2.

No ciclo 1, na camada de 0-20 cm, a *G. sepium* resultou em maior SB (2,99  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ) na densidade média de plantio, enquanto a *M. caesalpiniaefolia* resultou maior valor (2,94  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ) na densidade baixa (Gráfico 32A). Já na camada de 20-40 cm, a *G. sepium* resultou em maior SB (1,21  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ) na densidade alta de plantio, enquanto a *M. caesalpiniaefolia* resultou em maior valor (1,15  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ) na densidade baixa (Gráfico 32B). Os maiores valores obtidos nas duas profundidades foram superiores ao do controle (2,22  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  na camada de 0-20 cm e 0,77  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  na camada de 20-40 cm).

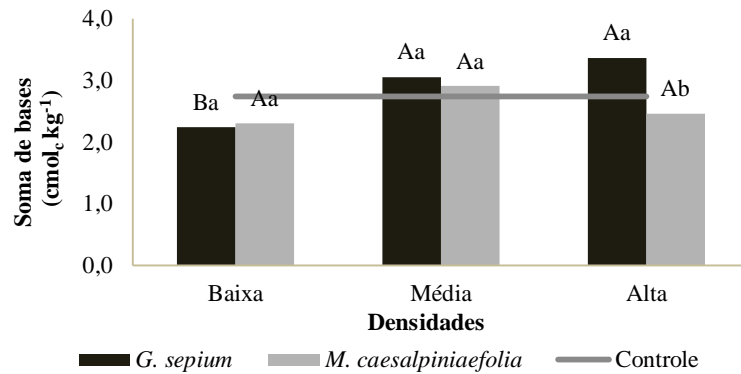
No ciclo 2, na camada de 0-20 cm, a *G. sepium* resultou em maior SB nas densidades média e alta, com valores de 3,06 e 3,37  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ , respectivamente (Gráfico 33) enquanto o controle foi 2,74  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ . Para a *M. caesalpiniaefolia* não houve diferença entre densidades de plantio (Gráfico 33). Na camada de 20-40 cm, a *G. sepium* e a densidade média de plantio resultaram em maiores valores de SB (1,65 e 1,79  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ , respectivamente), enquanto o valor do controle foi 1,28  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ , conforme apresentado no Gráfico 34.

Gráfico 32– Valores médios da interação da soma de bases no solo nas camadas de 0-20 cm (A) e 20-40 cm (B) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.



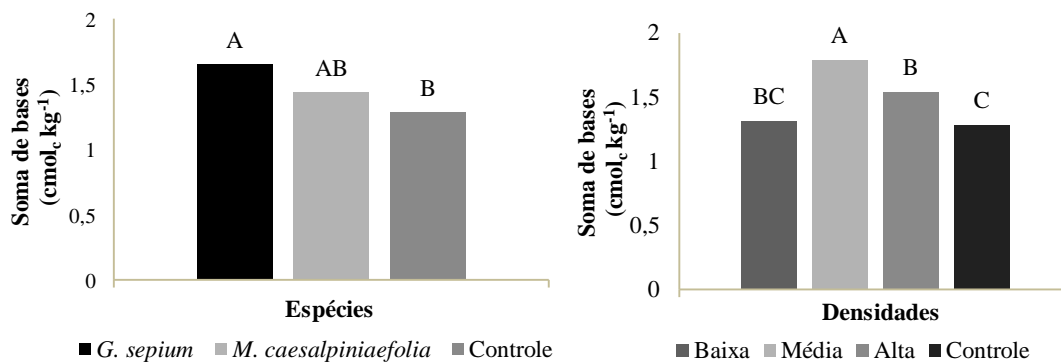
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

Gráfico 33– Valores médios da interação da soma de bases no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

Gráfico 34 – Médias da soma de bases no solo na camada 20-40 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas espécies e nas densidades no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

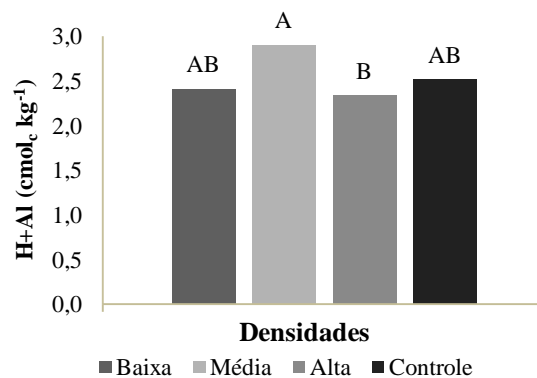
A SB no solo reflete o que ocorre em termos de absorção de bases trocáveis pelas plantas, bem como a liberação a partir da deposição dos resíduos orgânicos sobre o solo. Oliveira *et al.* (2018) encontraram valores de SB de 3,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> em solo influenciado pela decomposição de resíduos da *G. sepium* e 2,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> para solo influenciado pela decomposição de resíduos da *M. caesalpiniaefolia*. Os resultados dos dois ciclos deste estudo, bem como os resultados do estudo de Oliveira *et al.* (2018), indicam maior rapidez na liberação de bases trocáveis pela *G. sepium*.

Ao analisar a acidez potencial (H+Al) verificou-se que houve resposta às densidades de plantio na camada de 0-20 no ciclo 2 (Anexo F). A densidade média de plantio resultou em maior acidez potencial (2,91 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>), enquanto o controle resultou em 2,52

$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (Gráfico 35). Houve interação significativa entre os fatores de tratamento na camada 20-40 cm, no ciclo 2 (Gráfico 36), de modo que a *G. sepium* resultou em maior acidez potencial ( $2,31 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) na densidade média de plantio, enquanto a *M. caesalpiniaefolia* resultou em maior acidez potencial nas densidades de plantio média e alta, com valores de 2,39 e  $2,35 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , respectivamente (Gráfico 36). O controle resultou em valor menor ( $1,86 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) que os anteriormente mencionados. Apesar de ocorrer variação nos valores na acidez potencial, o pH do solo não foi influenciado pelos tratamentos.

A maior média da acidez potencial na densidade média de plantio pode ser associada à maior quantidade de material orgânico, ou seja, de carbono orgânico. De acordo com Sousa *et al.* compostos de reação ácida presentes na matéria orgânica são fonte de acidez potencial. Os solos analisados por Mafra *et al.* (2008), Delfino *et al.* (2018) e Negreiros *et al.* (2008) responderam de modo similar em relação ao teor de carbono orgânico e a acidez, ou seja, os tratamentos com maiores teores de carbono orgânico apresentaram maiores valores de acidez.

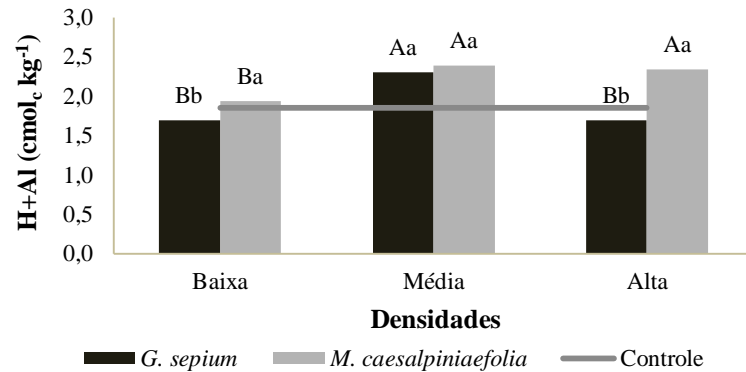
Gráfico 35 – Médias da acidez potencial no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas densidades no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).



Gráfico 36 – Valores médios da interação da acidez potencial no solo (camada 20-40cm) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

A CTC do solo no ciclo 1 diferiu em resposta às densidades de plantio das leguminosas e ao controle na camada de 0-20 cm, de modo que a densidade baixa resultou em maior CTC ( $3,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) (Gráfico 37A). Na camada de 20-40 cm houve interação entre os fatores de tratamentos, com a *G. sepium* resultando em maior CTC ( $2,05 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) na densidade alta de plantio, enquanto a *M. caesalpiniaefolia* resultou em maior média ( $1,83 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) na densidade baixa (Gráfico 37B).

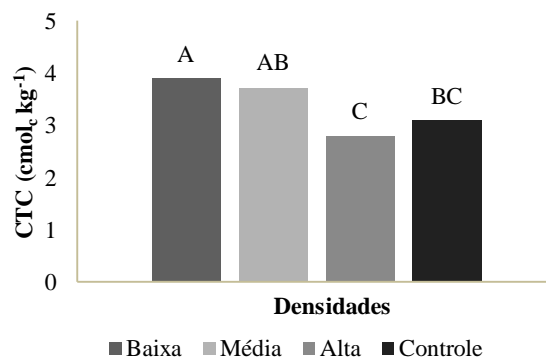
No ciclo 2 houve diferenças em resposta às densidades de plantio e o tratamento controle na camada de 0-20 cm. Nesse caso, a densidade média de plantio resultou em maior CTC ( $6,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), conforme apresentado no Gráfico 38. Na camada de 20-40 cm, as espécies *G. sepium* e *M. caesalpiniaefolia* resultaram em valores de CTC de  $3,62$  e  $3,72 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , respectivamente (Gráfico 39), contra  $3,14 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  resultante do controle. A densidade média de plantio foi a que resultou em maior CTC ( $3,99 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), quando comparada às densidades baixa e alta e o tratamento controle, cujos valores de CTC foram  $3,4$ ,  $3,61$  e  $3,14 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , respectivamente (Gráfico 39). No geral, nos solos das parcelas com as leguminosas apresentaram maiores valores de CTC do que o solo do tratamento controle.

Segundo Lins e Viegas (2008) os valores da CTC no solo para o ciclo 1 podem ser classificados como médios e do ciclo 2 como adequados para a cultura do coqueiro. Ao observar a CTC dos dois perfis da caracterização do solo (Anexo B e D), nota-se que apenas no ciclo 2 os valores de CTC foram maiores em relação ao observados nos perfis de solo analisados para fins de caracterização. O aumento dos valores de CTC do ciclo 1 para o ciclo 2 está associado a maior quantidade de biomassa aportada ao solo e também ao tempo decorrido para que houvesse decomposição dos resíduos orgânicos aportados. A CTC em

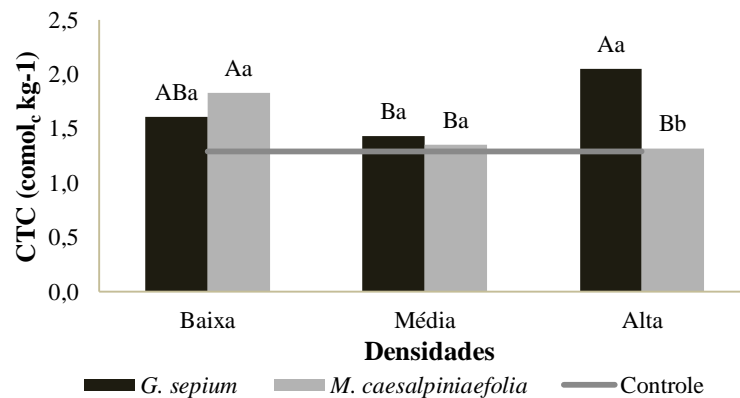
solos que não tem mineralogia do tipo 2:1, como o solo da área experimental, a maior parte da CTC provém da matéria orgânica mais estabilizada. No manejo adotado houve deposição de resíduos orgânicos ao solo em diferentes quantidades e, conseqüentemente, houve variação da CTC nas diferentes densidades de plantio das leguminosas.

Gráfico 37 – Médias da CTC no solo na camada de 0-20 cm (A) e valores médios da interação da CTC no solo na camada de 20-40 cm (B) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas densidades no ciclo 1.

A

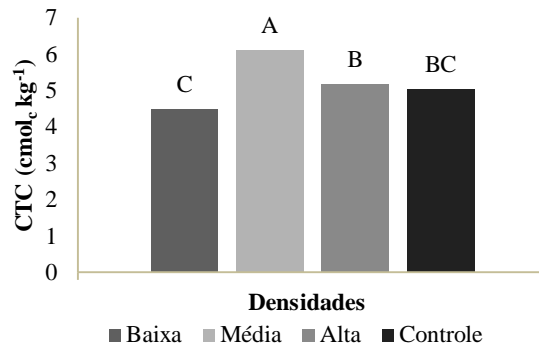


B



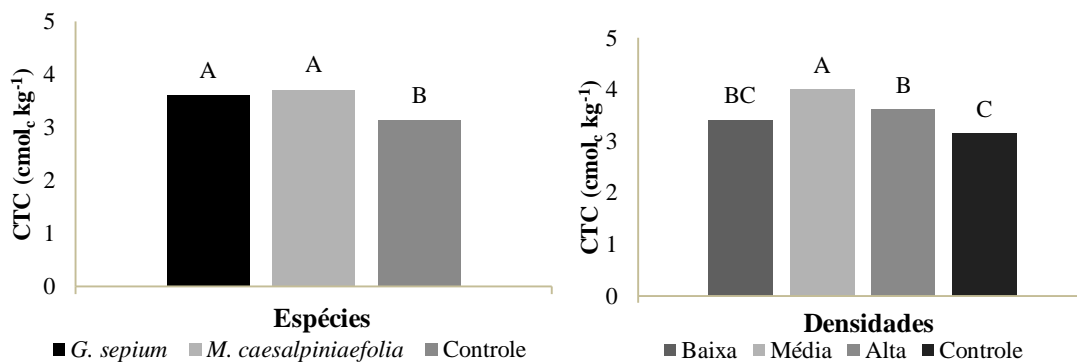
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

Gráfico 38 – Médias da CTC no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas densidades no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Gráfico 39 – Médias da CTC no solo (camada 20-40cm) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas espécies e nas densidades no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

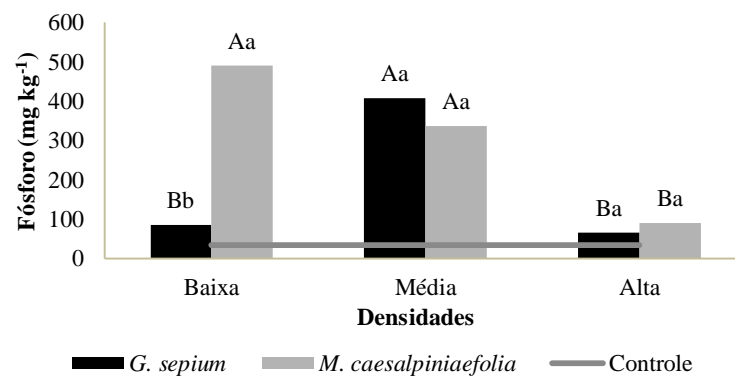
Ocorreu interação entre os fatores de tratamento para o teor de P no solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm no ciclo 1 e na camada de 0-20 cm no ciclo 2 (Anexo F). No ciclo 1, na camada de 0-20 cm, a *G. sepium* resultou em maior teor de P ( $408 \text{ mg kg}^{-1}$ ) na densidade média de plantio, enquanto a *M. caesalpiniaefolia* resultou nos maiores teores do elemento nas densidades baixa e média, com valores de  $490$  e  $337 \text{ mg kg}^{-1}$ , respectivamente (Gráfico 40). Na camada de 20-40 cm não houve diferença nos teores de P mediante estabelecimento da *G. sepium* em diferentes densidades de plantio, enquanto a *M. caesalpiniaefolia* resultou em maior média ( $157 \text{ mg kg}^{-1}$ ) na densidade baixa (Gráfico 41).

No ciclo 2, na profundidade de 0-20 cm, a espécie *G. sepium* resultou em maior teor de P no solo ( $242,57 \text{ mg kg}^{-1}$ ) na densidade alta, enquanto a *M. caesalpiniaefolia* resultou em maiores médias nas densidades baixa e média ( $160,64$  e  $203,63 \text{ mg kg}^{-1}$ , respectivamente) (Gráfico 42). O maior teor de P no solo observado no tratamento da *G. sepium* na densidade

alta está associado ao maior acúmulo do nutriente na biomassa que foi depositada ao solo e, por meio da decomposição, aumentou os teores do elemento no solo.

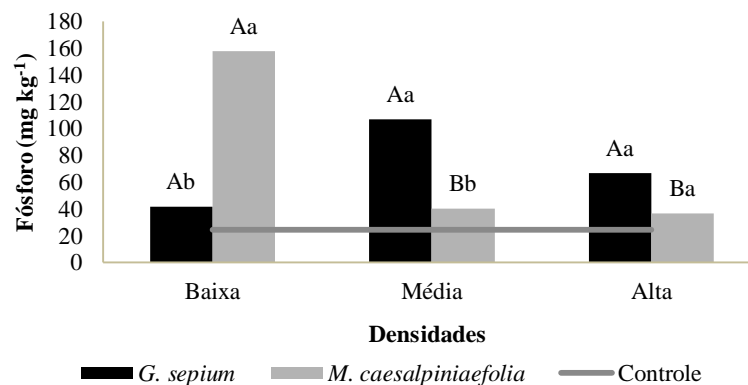
De acordo com Sobral *et al.* (2009), a remoção de fósforo do solo pelo coqueiro é pequena. Teixeira *et al.* (2005), ao trabalharem com adubação em coqueiros, observaram que a menor dose de P ofertada às plantas ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) foi o suficiente para suprir toda demanda da planta, indicando a baixa exigência de P pelos coqueiros.

Gráfico 40 – Valores médios da interação do fósforo no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.



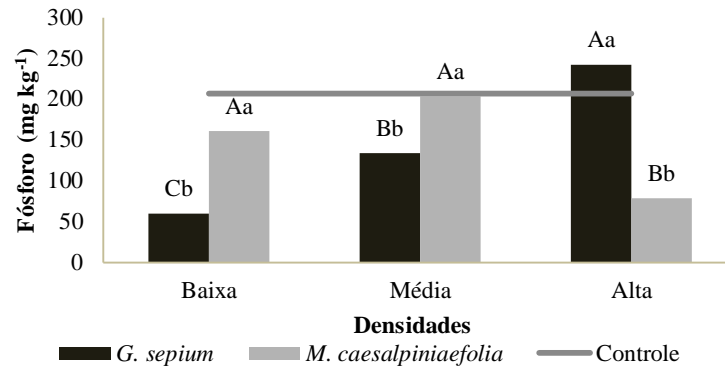
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

Gráfico 41 – Valores médios da interação do fósforo no solo (camada 20-40cm) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

Gráfico 42 – Valores médios da interação do fósforo no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.

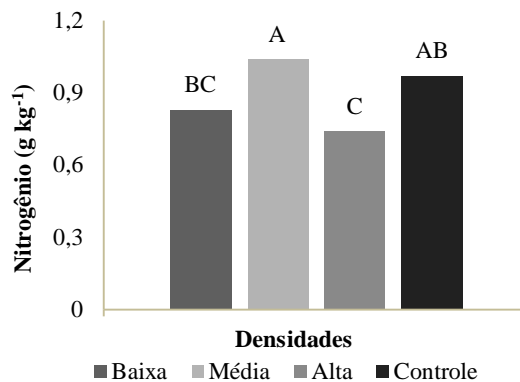


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

Quanto aos teores de N no solo, houve interação entre fatores de tratamento na camada de 0-20 cm, no ciclo 1 (Anexo F). A *G. sepium* resultou em maior teor de N (1,78 g kg<sup>-1</sup>) na densidade média de plantio, enquanto a *M. caesalpiniaefolia* resultou em maior teor (1,35 g kg<sup>-1</sup>) na densidade baixa de plantio (Gráfico 43A). Na camada de 20-40 cm, a *G. sepium* resultou em maior teor de N no solo (0,44 g kg<sup>-1</sup>), bem como as densidades baixa e alta cujos teores foram 0,42 e 0,46 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Gráfico 43B).

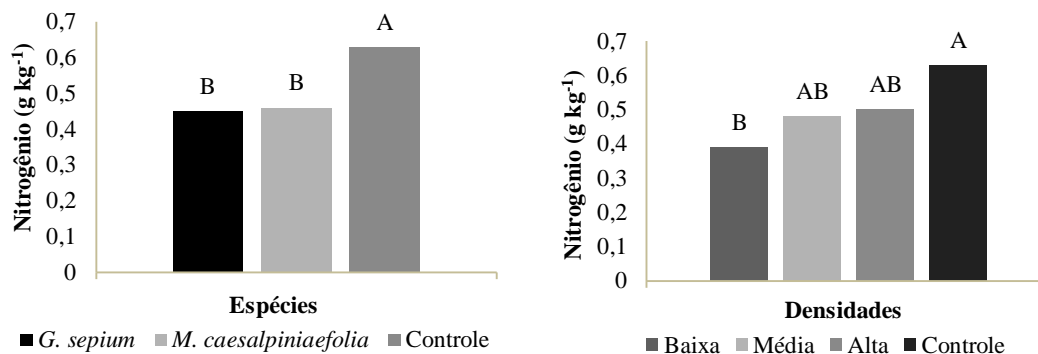


Gráfico 44 – Médias do nitrogênio no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas densidades no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Gráfico 45 – Médias do nitrogênio no solo (camada 20-40cm) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas espécies e nas densidades no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Ao considerar o ciclo 1, há relação entre o maior teor de N na biomassa da *G. sepium* na densidade média e o maior teor de N no solo, indicando efeito da primeira poda aumentando a disponibilidade de N no solo. Contudo, o mesmo era esperado para a *M. caesalpiniaefolia* e a densidade alta de plantio, mas esses tratamentos que acumularam maior quantidade de N na biomassa não resultaram em maior teor de N no solo. No ciclo 2 ocorreu a mesma situação em que houve deposição da biomassa com maior acúmulo de N, mas sem resultar em maiores teores do elemento no solo. Esses resultados estão associados à relação C/N (Gráfico 17) e aos outros fatores que influenciam a mineralização e imobilização do N no solo.

Os resultados ilustram o potencial que as leguminosas têm de aportar N ao solo por meio da poda de sua parte aérea, bem como o potencial da imobilização reduzir a disponibilidade do nutriente. Quanto ao aporte, as leguminosas fixam o N atmosférico em sua

biomassa a partir de associações simbióticas com bactérias localizadas nas raízes. Assim, quando a biomassa das leguminosas é podada e depositada sobre o solo, esta se decompõe e libera o N de modo que seus teores aumentam no solo. Contudo, isso depende da relação C/N e das condições para que haja mineralização dos resíduos orgânicos.

O nitrogênio é um elemento cujo diagnóstico da disponibilidade por meio de análises químicas é difícil, pois apresenta elevada complexidade de reações no solo (CANTARELA, 2007). A umidade, a temperatura, lixiviação, a profundidade do solo, a matéria orgânica e a atividade microbiana são considerados fatores que afetam a disponibilidade do nutriente (SERRA, 2006).

A disponibilidade de N no solo depende das interações que ocorrem entre o resíduo orgânico aportado e os microrganismos. A depender da composição dos resíduos orgânicos (relação C/N, lignina, celulose, hemicelulose) pode haver imobilização do N reduzindo sua disponibilidade. Essa dinâmica intensa do nutriente faz com que a análise do solo não seja indicada para interpretar o potencial de oferta do N às plantas. Outro aspecto que influencia na redução no teor de N disponível no solo está relacionado às perdas que ocorrem por lixiviação e por formas gasosas. Em ambientes agrícolas, o N mineral pode ser perdido principalmente pela volatilização de amônia, lixiviação e desnitrificação (transformação em formas gasosas) (CAMERON *et al.*, 2013). No presente estudo, as análises das amostras coletadas na subsuperfície não indicam a ocorrência de lixiviação levando a maiores teores do elemento na camada mais profunda, mas esta pode ter resultado em acúmulo de N em maiores profundidades do que os 20-40 cm considerados no estudo.

Os teores de N na camada superficial do solo foram superiores ao encontrados por Delfino *et al.* (2018) ao trabalharem com *G. sepium* no espaçamento de 1x1 m que corresponde à densidade baixa de plantio avaliada no presente estudo. Fontes *et al.* (2016) observaram em estudo sobre adubação verde com *G. sepium* em coqueiral que os valores de N aportados pela biomassa se igualou no primeiro ano e superou no segundo ano a necessidade de N requerido pelos coqueiros.

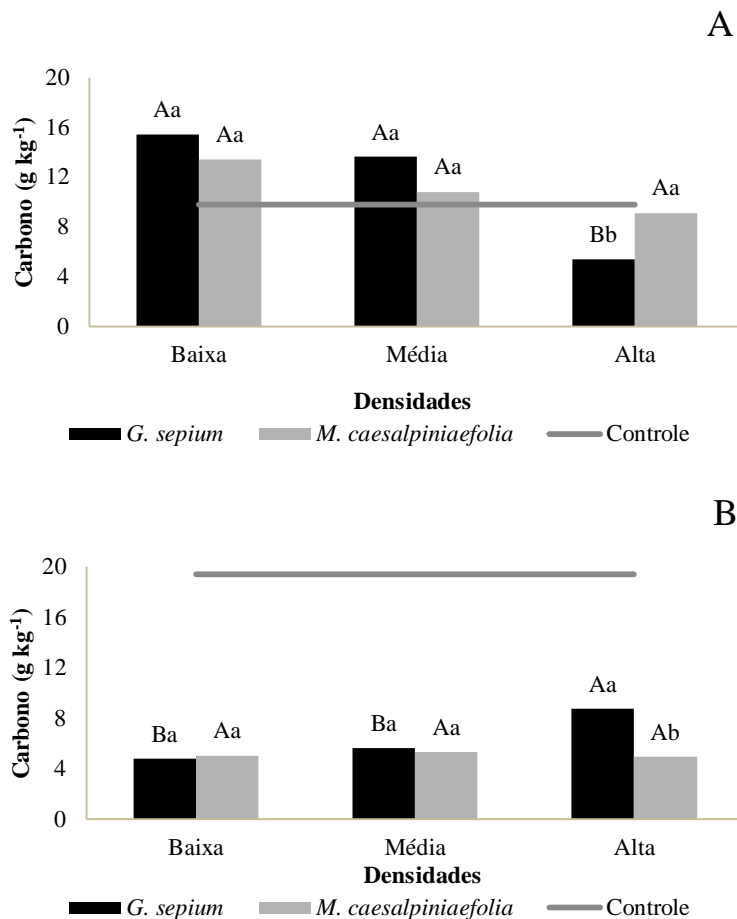
É importante ressaltar que com a realização de novas podas o teor de N no solo irá aumentar, pois leguminosas como a *G. sepium* tem potencial de aumentar o teor de N no solo com o decorrer do tempo, a partir da fixação biológica de nitrogênio (RAVEENDRA *et al.* 2021). O N fixado pelas leguminosas constitui alternativa para diminuir o uso de fertilizantes nitrogenados inorgânicos, o que, conseqüentemente, reduzirá os custos econômicos (FERNÁNDEZ *et al.*, 2020; GIUNTOLI *et al.*, 2017). Para Solangi *et al.* (2010),



pode-se evitar o uso de adubos inorgânicos em plantios de coco ao adicionar folhas de *G. sepium* ao solo

Para os teores de C houve interação entre os fatores de tratamento nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm no ciclo 1. Na camada superficial (0-20 cm), a *G. sepium* resultou em maiores teores do elemento nas densidades de plantio baixa e média (15,3 e 13,6 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente), enquanto para a *M. caesalpiniaefolia* não houve diferença entre as densidades (Gráfico 46A). Na camada de 20-40 cm, o controle se destacou com 19,3 g kg<sup>-1</sup> de carbono (Gráfico 46B).

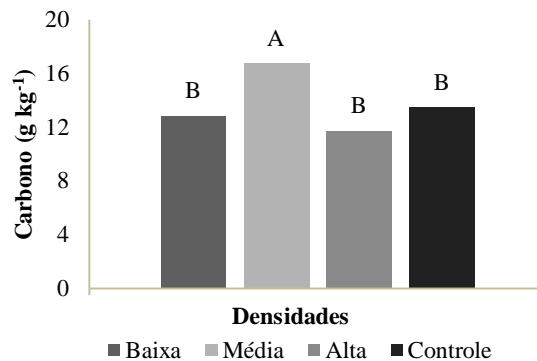
Gráfico 46 – Valores médios da interação do carbono no solo nas camadas 0-20 cm (A) e 20-40 cm (B) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

No ciclo 2, apenas houve diferenças em resposta às densidades de plantio, de modo que a densidade média resultou em maior teor de C no solo (16,7 g kg<sup>-1</sup>), conforme apresentado no Gráfico 47.

Gráfico 47 – Médias do carbono no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas densidades no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

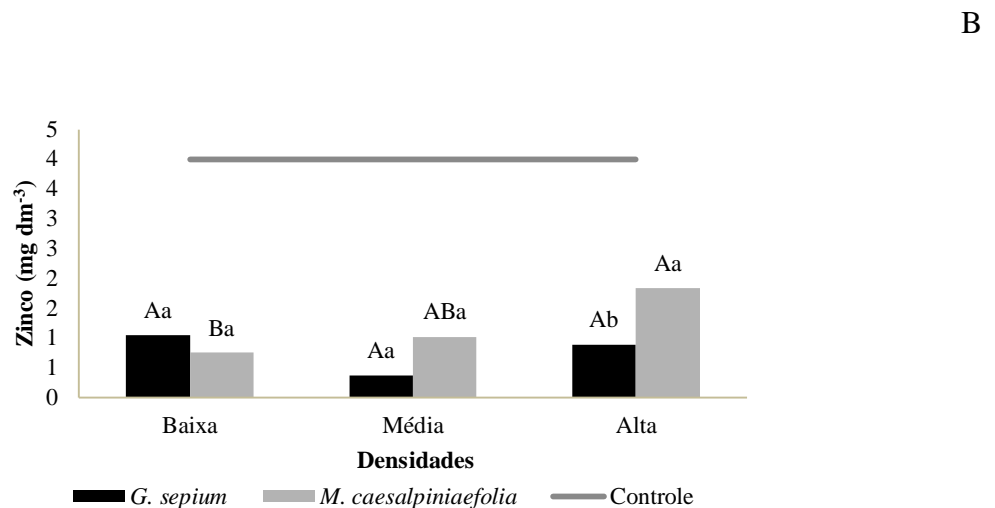
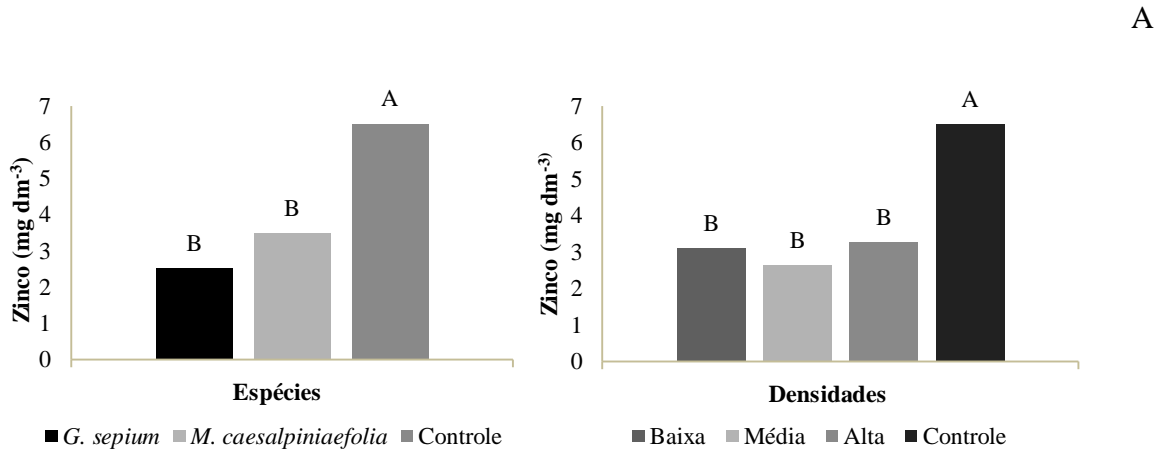
Os valores de C foram semelhantes entre os dois ciclos. Esperava-se uma diferença maior para o valor de C entre os ciclos, pois foi aportada maior quantidade de biomassa vegetal ao solo com a poda das leguminosas. Supõe-se que não tenha ocorrido decomposição completa do resíduo de poda aportado, resultando em quantidade menos expressiva da matéria orgânica humificada.

No ciclo 1 o solo influenciado pela vegetação do tratamento controle na camada subsuperficial apresentou maior teor de C do que os tratamentos com as leguminosas. Esse resultado é decorrente das gramíneas presentes no tratamento controle. De acordo com Silva *et al.* (2019), devido a grande quantidade de biomassa produzida, as gramíneas têm potencial para serem usadas na fixação e manutenção do C do solo. Além disso, as gramíneas são plantas C4 e apresentam C/N maior em relação às leguminosas, sendo menos favorável à mineralização dos resíduos orgânicos aportados ao solo. Desse modo, a decomposição das gramíneas é menos acelerada, liberando menos CO<sub>2</sub> para a atmosfera e aportando mais carbono ao solo.

Para os micronutrientes, apesar de ter ocorrido significância somente para o acúmulo de Fe e Mn na biomassa das leguminosas e do controle, no solo houve significância para todos os micronutrientes (Zn, Mn, Cu e Fe) analisados.

Ao analisar o Zn na camada de 0-20 cm no ciclo 1 se constata que o maior teor no solo ocorreu associado ao tratamento controle (6,52 mg dm<sup>-3</sup>) tanto ao comparar com as espécies como com as densidades de plantio (Gráfico 48A). Na camada de 20-40 cm houve interação entre os tratamentos de modo que o controle resultou em maior teor (4,0 mg dm<sup>-3</sup>) do que todos os outros tratamentos (Gráfico 48B).

Gráfico 48 – Médias de zinco (A) na camada 0-20 cm e valores médios da interação do zinco (B) na camada de 20-40 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas espécies e nas densidades no ciclo 1.



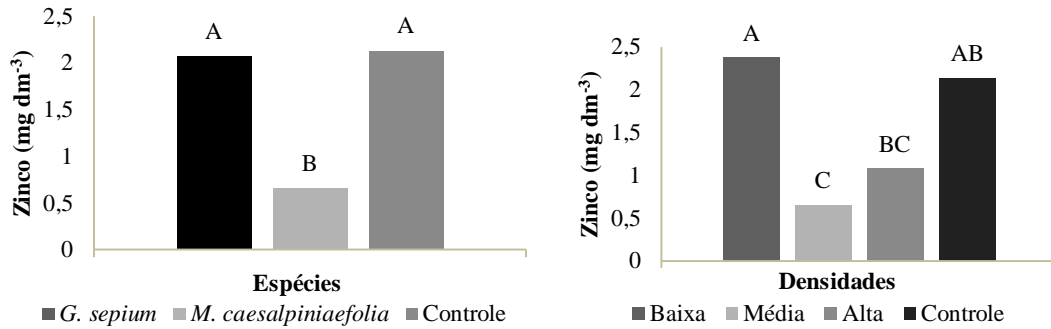
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

No ciclo 2, na camada de 0-20 cm, a *G. sepium* e o controle resultaram em maiores teores de Zn ( $2,07 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $2,13 \text{ mg dm}^{-3}$ , respectivamente) ao comparar as espécies e controle, enquanto a densidade baixa de plantio resultou em maior teor de Zn ( $2,37 \text{ mg dm}^{-3}$ ) ao comparar as densidades e o controle (Gráfico 49A). Ocorreu interação entre tratamentos na camada de 20-40 cm, de modo que o controle apresentou maior média ( $1,51 \text{ mg dm}^{-3}$ ) em relação aos outros tratamentos (Gráfico 49B).

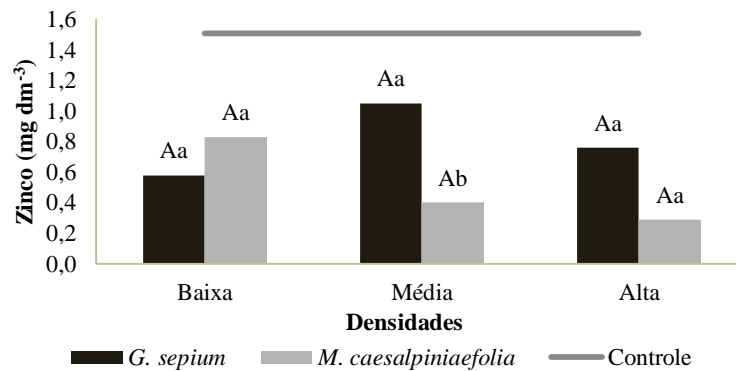
Os teores de Zn na camada superficial do solo estão acima do considerado adequado para a cultura do coqueiro, com exceção do tratamento *M. caesalpiniaefolia* no ciclo 2 (LINS e VIEGAS, 2008). De acordo com Dechen et al. (2018) o zinco no solo é absorvido pelas plantas na forma de  $\text{Zn}^{2+}$  e na planta além de atuar como fator enzimático, também é essencial para atividade, regulação e estabilização da estrutura proteica.

Gráfico 49 – Médias do zinco (A) no solo na camada 0-20 cm e valores médios da interação do zinco (B) no solo na camada 20-40 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas espécies e nas densidades no ciclo 2.

A



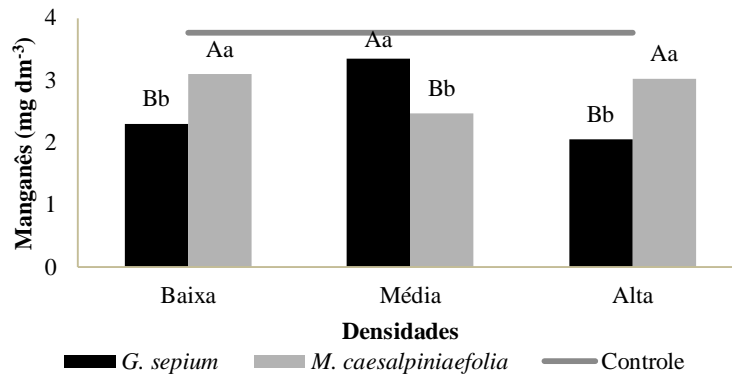
B



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

Para o teor de Mn houve interação entre os fatores de tratamento na camada de 0-20 cm nos ciclos 1 e 2. No ciclo 1, o controle apresentou a maior média (3,77 mg dm<sup>-3</sup>) em relação aos demais tratamentos (Gráfico 50).

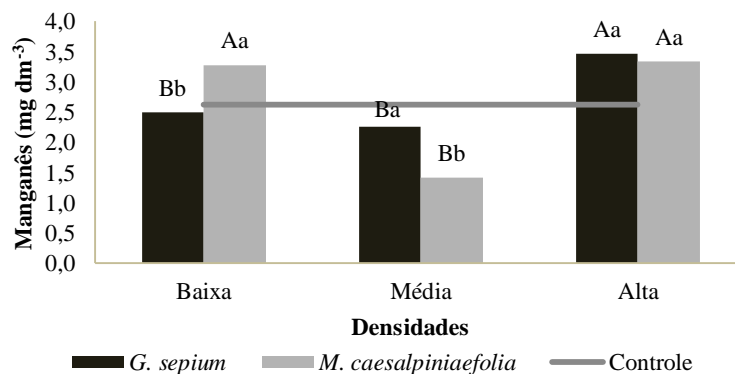
Gráfico 50 – Valores médios da interação do manganês no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

No ciclo 2, na camada 20-40 cm, a *G. sepium* resultou em maior teor de Mn no solo ( $3,46 \text{ mg dm}^{-3}$ ) na densidade alta de plantio, enquanto a *M. caesalpiniaefolia* resultou em maiores teores nas densidades de plantio alta ( $3,33 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e baixa ( $3,38 \text{ mg dm}^{-3}$ ) (Gráfico 51). Os teores de Mn no solo estudado estão classificados entre baixo e médio para a cultura do coqueiro (LINS e VIEGAS, 2008). No ciclo 1 o Mn no solo foi inferior nos demais tratamentos comparados com o controle. No ciclo 2, os tratamentos com as leguminosas na densidade alta e com a *M. caesalpiniaefolia* na densidade baixa resultaram em maiores teores que o do controle, indicando que deve ter ocorrido maior mineralização da biomassa das leguminosas que tem relação C/N menor que da vegetação do controle.

Gráfico 51 – Valores médios da interação do manganês no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.

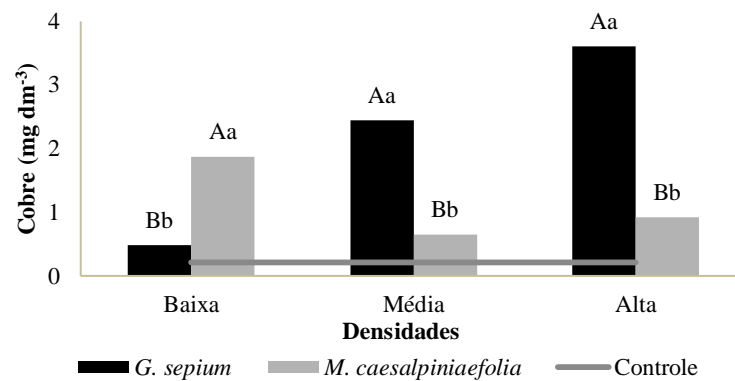


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

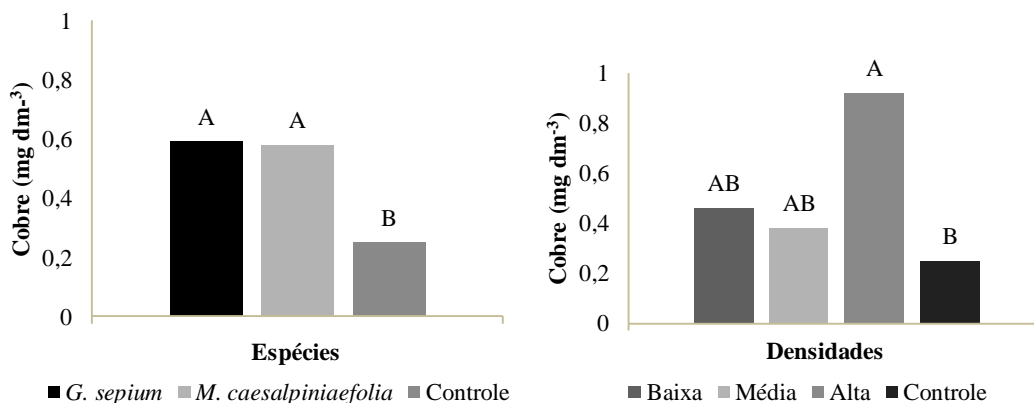
No ciclo 1 houve interação entre os tratamentos para o teor Cu na camada de 0-20 cm do solo. A *G. sepium* resultou em maior teor de Cu no solo nas densidades média (2,45 mg dm<sup>-3</sup>) e alta (3,60 mg dm<sup>-3</sup>) de plantio, enquanto a *M. caesalpiniaefolia* resultou em maior teor do micronutriente no solo (1,88 mg dm<sup>-3</sup>) na densidade baixa de plantio (Gráfico 52A). Na camada 20-40 cm, as duas espécies *G. sepium* e *M. caesalpiniaefolia* resultaram em maiores teores de Cu no solo (0,59 e 0,58 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente) em comparação ao controle (0,22 mg dm<sup>-3</sup>). Além disso, a densidade alta de plantio resultou em maior teor de Cu (0,92 mg dm<sup>-3</sup>), conforme apresentado no Gráfico 52B. Todos os tratamentos resultaram em teores do micronutriente maiores que o controle (0,22 mg dm<sup>-3</sup>).

Gráfico 52 – Valores médios da interação do cobre (A) no solo na camada 0-20 cm e médias do cobre (B) no solo na camada de 20-40 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas espécies e nas densidades no ciclo 1.

A



B

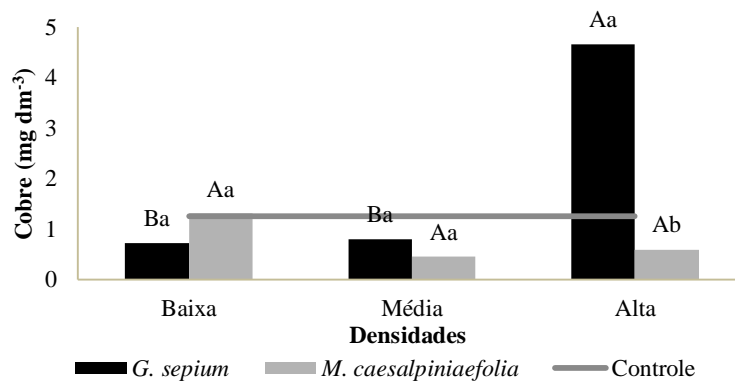


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

No ciclo 2 houve interação entre os tratamentos para o teor de Cu na camada de 0-20 cm do solo. A *G. sepium* resultou em maior teor ( $4,66 \text{ mg dm}^{-3}$ ) na densidade alta de plantio, enquanto não houve diferença entre as densidades de plantio para a *M. caesalpiniaefolia*. Apenas a *G. sepium* na densidade alta e a *M. caesalpiniaefolia* na densidade baixa ( $1,31 \text{ mg dm}^{-3}$ ) resultaram em maiores teores de Cu no solo do que o controle ( $1,26 \text{ mg dm}^{-3}$ ) (Gráfico 53). Na camada de 20-40 houve resposta apenas às densidades de plantio, de modo que a densidade alta resultou em maior média ( $0,88 \text{ mg dm}^{-3}$ ) (Gráfico 54). O maior teor de Cu na densidade alta é consequência da grande quantidade de biomassa aportada no solo. Vale salientar que a MO tem o potencial de complexação do elemento, chegando a reduzir a disponibilidade. Esse efeito de complexação não ocorreu nos tratamentos analisados provavelmente porque as quantidades de MO aportadas não foram elevadas. Por possuir altos números de sítios de ligações reativos, a MOS tem a capacidade de complexar metais, controlando assim o destino, o transporte e a biodisponibilidade desse metal no solo (LIANG *et al.*, 2019).

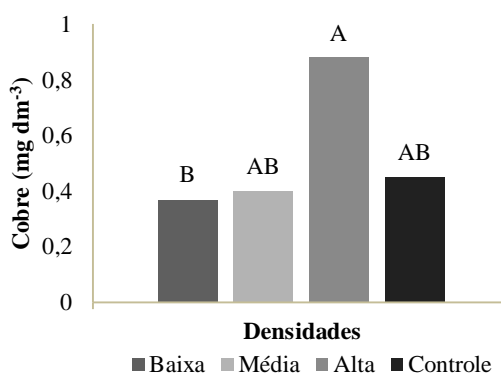
No ciclo 1 os teores de Cu na camada superficial do solo podem ser interpretados como acima do adequado para a *G. sepium* na densidade média e alta e para *M. caesalpiniaefolia* na densidade baixa, enquanto no ciclo 2 apenas a *G. sepium* na densidade alta e a *M. caesalpiniaefolia* estão com os teores acima do adequado para a cultura do coqueiro (LINS e VIEGAS, 2008). O Cu possui importância para a nutrição das leguminosas, pois sua deficiência ocasiona a diminuição da nodulação e, conseqüentemente, da fixação de nitrogênio (MALAVOLTA, 1997)

Gráfico 53 – Valores médios da interação do cobre no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

Gráfico 54 – Médias do cobre no solo (camada 20-40cm) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas densidades no ciclo 2.

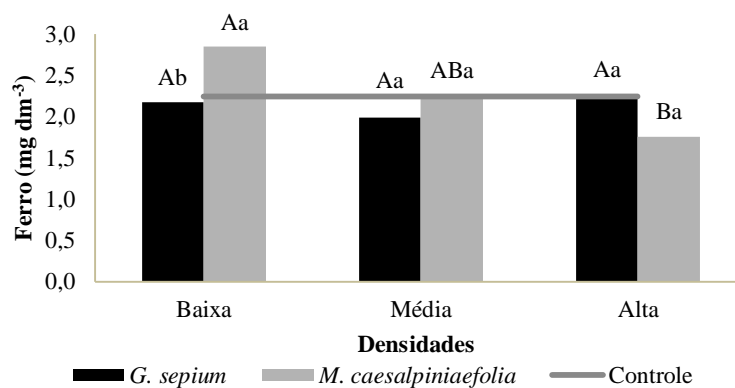


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

No ciclo 1 ocorreu interação entre tratamentos para o teor de Fe na camada de 20-40 cm (Gráfico 55). Para a *G. sepium* não houve diferença entre densidades, enquanto para a *M. caesalpiniaefolia* houve maior teor de Fe no solo ( $2,85 \text{ mg dm}^{-3}$ ) na densidade baixa de plantio. Apenas esse tratamento resultou em teor maior que o observado para o controle ( $2,25 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Os resultados indicam que nos tratamentos com maior crescimento de leguminosas o Fe tenha sido absorvido e não tenha retornado ao solo com as podas, por questões de mineralização e imobilização.



Gráfico 55 – Valores médios da interação do ferro no solo (camada 20-40 cm) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.



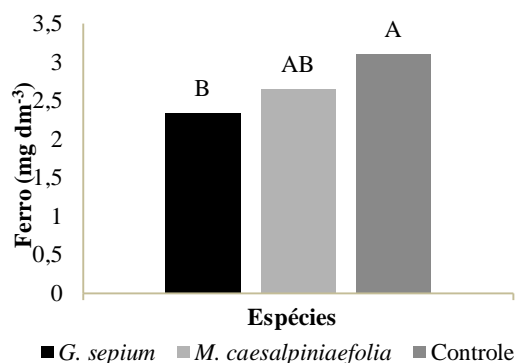
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

No ciclo 2 o controle resultou em maior teor de Fe ( $3,1 \text{ mg dm}^{-3}$ ) na camada de 0-20 cm quando comparado aos outros tratamentos (Gráfico 56). Na camada de 20-40 cm ocorreu interação entre os fatores de tratamentos, de modo que a *M. caesalpiniaefolia* resultou em maior teor de Fe ( $2,99 \text{ mg dm}^{-3}$ ) que a *G. sepium* ( $2,00 \text{ mg dm}^{-3}$ ) na densidade alta de plantio (Gráfico 57).

O Fe é um elemento fundamental para as leguminosas, pois participa diretamente da fixação biológica de nitrogênio. De acordo com Dechen *et al.* (2018) o elemento Fe participa do complexo enzimático chamado nitrogenase. Esse complexo enzimático é responsável pela redução do  $\text{N}_2$  até  $\text{NH}_3$ . Além do Fe, outros micronutrientes (cobalto, molibdênio e cobre) e o Ca também são importantes para o processo de fixação biológica de nitrogênio.

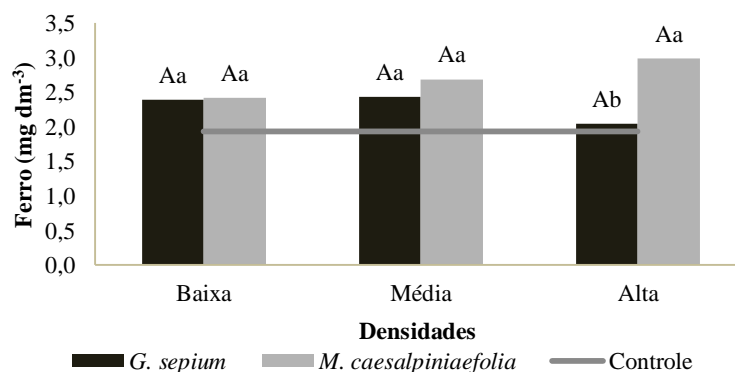
Os teores de Fe nas duas profundidades estudadas podem ser interpretados como baixos para o cultivo do coqueiro (LINS e VIEGAS, 2008). De acordo com Dechen *et al.* (2018) o ferro é o micronutriente que é requerido em maiores quantidades pelas plantas.

Gráfico 56 – Médias do ferro no solo na camada 0-20 cm adubado com a biomassa das leguminosas e do controle, nas espécies no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Gráfico 57 – Valores médios da interação do ferro no solo (camada 20-40 cm) adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

A *G. sepium* apresentou maiores médias na produção de biomassa fresca nos dois ciclos analisados, na biomassa seca do ciclo 2 e em determinados nutrientes do solo, mostrando ser ótima fonte de nutrientes. Considerando o espaçamento e a radiação solar entre os o espaçamentos dos coqueiros, o sistema de consórcio *G.sepium* e coqueiros pode trazer grandes benefícios para os coqueiros, especialmente como adubo orgânico (RAVEENDRA *et al.*, 2021).

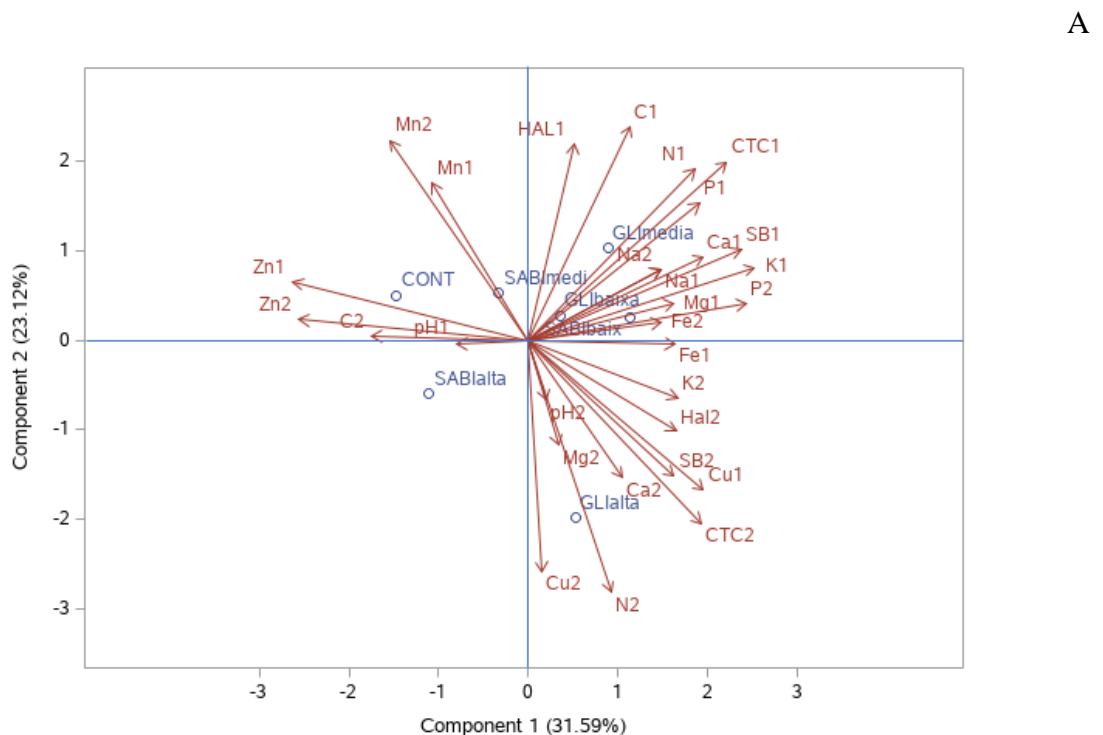
Em relação as densidades, se esperava melhor desempenho na menor densidade, pois a alta densidade poderia proporcionar estiolamento de plantas e menor produção de biomassa. Contudo, isso não ocorreu. Existem trabalhos na literatura que divergem quanto a produção de biomassa em diferentes densidades. Nascimento *et al.* (2012) concluíram que espaçamentos mais amplos proporcionam maior crescimento das plantas. Já Ramos-Trejo *et*

al. (2020) observaram em seu estudo que a densidade de plantio não influenciou a produtividade de forragem e nem a altura das plantas de *G.sepium*.

#### 4.4.1 Análise de componentes principais para os atributos do solo

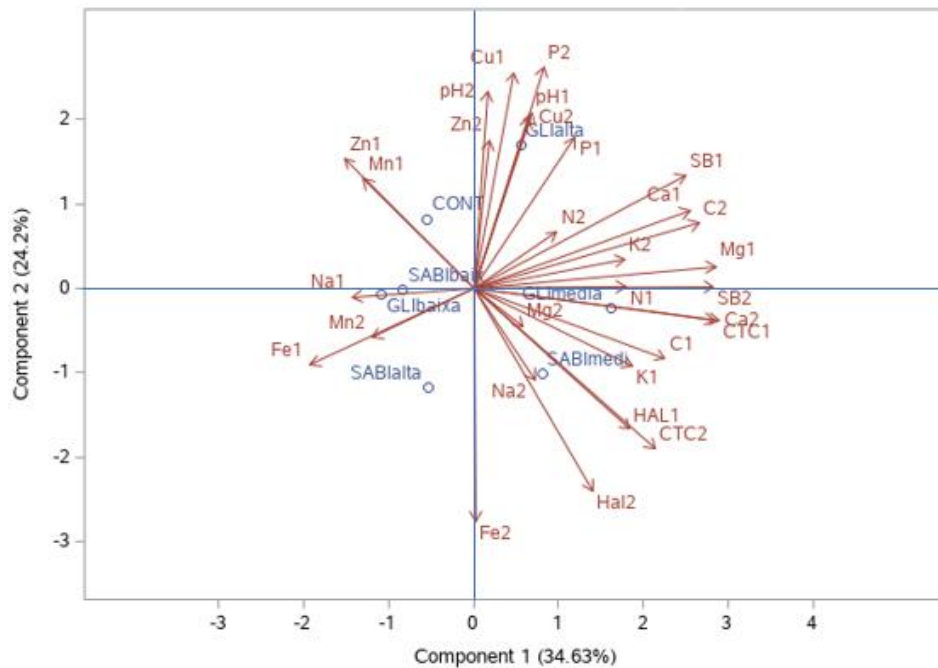
Na análise de componentes principais para os atributos químicos do solo, observa-se que as duas componentes explicam 54,71% da variação dos dados (Figura 15A). No quadrante I, a *G. sepium* nas densidades de plantio média e baixa e a *M. caesalpiniaefolia* na densidade alta são caracterizadas pelos maiores valores de H+Al1, C1, N1, CTC1, P1, Ca1, K1, P2, Na2, Na1, Mg1 e Fe2, em que os números 1 e 2 ao lado dos símbolos dos atributos químicos do solo representam as profundidades de 0-20 e 20-40 cm de solo, respectivamente. No quadrante II, os tratamentos controle e *M. caesalpiniaefolia* com densidade média de plantio são caracterizados por maiores valores de Mn1, Mn2, Zn1, Zn2, C2 e pH1 e baixos valores de Fe1, K2, H+Al2, SB2, Cu1, CTC2, Ca2, N2, Cu2, pH2 e Mg2. No quadrante IV, o tratamento *G. sepium* na densidade alta de plantio é caracterizado pelos maiores valores de Fe1, K2, H+Al2, SB2, Cu1, CTC2, Ca2, N2, Cu2, pH2 e Mg2 e baixos valores de Mn1, Mn2, Zn1, Zn2, C2 e pH1.

Figura 14: ACP- Biplot com dois componentes principais do ciclo 1 (A) e ciclo 2 (B) dos atributos químicos do solo.



1-camada 0-20 cm; 2- camada de 20-40 cm.

A análise de componentes principais para o ciclo 2 mostra que as duas componentes explicam 58,83% da variação dos dados (Figura 15B). No quadrante I, a *G. sepium* na densidade alta de plantio é caracterizada pelos valores de Zn<sub>2</sub>, pH<sub>2</sub>, Cu<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, pH<sub>1</sub>, Cu<sub>2</sub>, P<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, SB<sub>1</sub>, Ca<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, K<sub>2</sub> e Mg<sub>1</sub> e baixos valores de Na, Mn<sub>2</sub> e Fe<sub>1</sub>. No quadrante II, o tratamento controle é caracterizado pelos valores Zn<sub>1</sub> e Mn<sub>1</sub> e por baixos valores N<sub>1</sub>, SB<sub>2</sub>, Ca<sub>2</sub>, CTC<sub>1</sub>, Mg<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>, K<sub>1</sub>, H+Al 1, CTC<sub>2</sub>, H+Al 2, Na<sub>2</sub> e Fe<sub>2</sub>. No quadrante III, os tratamentos com *M. caesalpiniaefolia* nas densidades alta e baixa de plantio e com a *G. sepium* na densidade baixa de plantio são caracterizados pelos valores de Na<sub>1</sub>, Mn<sub>2</sub> e Fe<sub>1</sub> e pelo os baixos valores de Zn<sub>2</sub>, pH<sub>2</sub>, Cu<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, pH<sub>1</sub>, Cu<sub>2</sub>, P<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, SB<sub>1</sub>, Ca<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, K<sub>2</sub> e Mg<sub>1</sub>. No quadrante IV, os tratamentos *G. sepium* e *M. caesalpiniaefolia*, ambos na densidade média de plantio, são caracterizados pelos valores de N<sub>1</sub>, SB<sub>2</sub>, Ca<sub>2</sub>, CTC<sub>1</sub>, Mg<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>, K<sub>1</sub>, H+Al 1, CTC<sub>2</sub>, H+Al 2, Na<sub>2</sub> e Fe<sub>2</sub> e pelos baixos valores de Zn<sub>1</sub> e Mn<sub>1</sub>. Os micronutrientes Zn e Mn destacam-se por maiores teores no tratamento controle. Esse resultado pode indicar que as leguminosas estão absorvendo mais esses micronutrientes, mas não estão aportando novamente ao solo. Esse resultado é importante para o manejo da área, pois caso os teores fiquem baixos para a cultura do coqueiro será necessário adicionar micronutrientes por meio de outras fontes. No caso, o Mn está com o teor no solo entre baixo e médio e o Zn está com o teor baixo no tratamento com a *M. caesalpiniaefolia*, de modo que, nesse caso, seria necessário a utilização de outras fontes de Mn e Zn. Observa-se também que a *G. sepium* na densidade média de plantio é o tratamento em que as variáveis de maior importância para fertilidade do solo estão próximas, apesar de estarem em quadrantes diferentes.



1-profundidade 0-20 cm; 2- camada 20-40cm.

#### 4.4.2 Teste de Dunnet para atributos químicos do solo

Os valores das diferenças entre médias dos tratamentos comparados com o controle no ciclo 1 estão na Tabela 2. O tratamento *G. sepium* densidade baixa resultou em maior aporte do que o tratamento controle para o K, nas duas profundidades analisadas e para o N e C na profundidade de 0-20 cm. Para o Zn nas duas profundidades analisadas, para o Mn na profundidade de 0-20 e para o C na profundidade de 20-40 cm o tratamento Gliricida densidade alta aportou menos que o controle. Já a *G. sepium* densidade média proporcionou maior aporte do que o controle nas duas profundidades analisadas para o Na, K e P e na profundidade de 0-20 cm para a SB, CTC, Cu e N. Para teores de Ca e C na profundidade de 20 a 40 cm houve menor aporte do que o controle, enquanto para o Zn o menor aporte em relação ao controle foi para as duas profundidades analisadas. O tratamento *G. sepium* densidade alta proporcionou maior aporte ao serem comparados com o controle na profundidade de 0-20 cm somente para o teor de Cu no solo, enquanto para profundidade de 20-40 a significância foi para teores de K, Ca, SB, CTC e N. Para o Zn houve menor aporte em relação ao controle nas duas profundidades, para o Mn na profundidade de 0-20 cm e para o C na profundidade de 20-40 cm. O tratamento *M. caesalpiniaefolia* densidade baixa proporcionou maior aporte em relação ao controle para o Ca, SB, CTC e P na profundidade

de 0-20 cm, enquanto para a profundidade de 20-40 cm foi o Cu e N. O tratamento 4 apresentou o mesmo comportamento que o tratamento 3 para as médias negativas significativas. No tratamento *M. caesalpiniaefolia* densidade média, apenas o K e o P apresentaram valores de aporte maior do que do tratamento controle na profundidade de 0-20 cm, enquanto o Mg e Zn apresentaram diferenças em relação ao controle nas duas profundidades analisadas. Para o Mn na profundidade de 0-20 cm e o C na profundidade de 20-40 cm houve menor aporte em relação ao controle. O tratamento *M. caesalpiniaefolia* densidade alta apresentou menor aporte do que o tratamento controle para o Mg e Zn nas duas profundidades analisadas, para o Mn na profundidade de 0-20 cm e para o Zn e C na profundidade de 20-40 cm.

Tabela 2 - Diferença entre as médias para o teste de Dunnet para os atributos químicos do solo no ciclo 1. O sinal negativo significa que o tratamento teve comportamento abaixo do controle.

Ciclo 1								
Tratamentos	Na		K		Ca		Mg	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
1-controle	0,01 <sup>Ns</sup>	0,03 <sup>Ns</sup>	0,11 <sup>*</sup>	0,12 <sup>*</sup>	0,28 <sup>Ns</sup>	-0,02 <sup>Ns</sup>	-0,27 <sup>Ns</sup>	-0,06 <sup>Ns</sup>
2-controle	0,05 <sup>*</sup>	0,04 <sup>*</sup>	0,16 <sup>*</sup>	0,13 <sup>*</sup>	0,24 <sup>Ns</sup>	-0,15 <sup>*</sup>	0,31 <sup>Ns</sup>	-0,06 <sup>Ns</sup>
3-controle	-0,12 <sup>Ns</sup>	0,01 <sup>Ns</sup>	0,04 <sup>Ns</sup>	0,10 <sup>*</sup>	0,03 <sup>Ns</sup>	0,26 <sup>*</sup>	0,02 <sup>Ns</sup>	0,05 <sup>Ns</sup>
4-controle	0,01 <sup>Ns</sup>	0,00 <sup>Ns</sup>	0,06 <sup>Ns</sup>	0,06 <sup>Ns</sup>	0,49 <sup>*</sup>	0,29 <sup>*</sup>	0,15 <sup>Ns</sup>	0,02 <sup>Ns</sup>
5-controle	0,02 <sup>Ns</sup>	-0,00 <sup>Ns</sup>	0,11 <sup>*</sup>	0,08 <sup>Ns</sup>	0,04 <sup>Ns</sup>	-0,15 <sup>Ns</sup>	-0,53 <sup>*</sup>	-0,17 <sup>*</sup>
6-controle	-0,02 <sup>Ns</sup>	-0,02 <sup>Ns</sup>	0,02 <sup>Ns</sup>	0,02 <sup>Ns</sup>	0,15 <sup>Ns</sup>	-0,04 <sup>Ns</sup>	-0,55 <sup>*</sup>	-0,12 <sup>*</sup>
Tratamentos	SB		H+Al		CTC		pH	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
1-controle	0,14 <sup>Ns</sup>	0,06 <sup>Ns</sup>	0,46 <sup>Ns</sup>	0,26 <sup>Ns</sup>	0,60 <sup>Ns</sup>	0,32 <sup>Ns</sup>	-0,13 <sup>Ns</sup>	0,04 <sup>Ns</sup>
2-controle	0,77 <sup>*</sup>	-0,04 <sup>Ns</sup>	0,24 <sup>Ns</sup>	0,18 <sup>Ns</sup>	1,01 <sup>*</sup>	0,13 <sup>Ns</sup>	-0,21 <sup>Ns</sup>	-0,11 <sup>Ns</sup>
3-controle	0,08 <sup>Ns</sup>	0,44 <sup>*</sup>	-0,27 <sup>Ns</sup>	0,32 <sup>Ns</sup>	-0,19 <sup>Ns</sup>	0,76 <sup>*</sup>	-0,09 <sup>Ns</sup>	0,06 <sup>Ns</sup>
4-controle	0,71 <sup>*</sup>	0,38 <sup>*</sup>	0,30 <sup>Ns</sup>	0,15 <sup>Ns</sup>	1,02 <sup>*</sup>	0,54 <sup>*</sup>	0,04 <sup>Ns</sup>	0,12 <sup>Ns</sup>
5-controle	-0,36 <sup>Ns</sup>	-0,25 <sup>*</sup>	0,63 <sup>Ns</sup>	0,32 <sup>Ns</sup>	0,26 <sup>Ns</sup>	0,06 <sup>Ns</sup>	0,02 <sup>Ns</sup>	0,04 <sup>Ns</sup>
6-controle	-0,41 <sup>Ns</sup>	-0,15 <sup>Ns</sup>	0,04 <sup>Ns</sup>	0,18 <sup>Ns</sup>	-0,37 <sup>Ns</sup>	0,03 <sup>Ns</sup>	0,01 <sup>Ns</sup>	0,00 <sup>Ns</sup>
Tratamentos	Zn		Mn		Cu		Fe	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
1-controle	-3,14 <sup>*</sup>	-2,95 <sup>*</sup>	-1,46 <sup>*</sup>	-0,47 <sup>Ns</sup>	0,26 <sup>Ns</sup>	0,17 <sup>Ns</sup>	0,73 <sup>Ns</sup>	-0,07 <sup>Ns</sup>
2-controle	-4,35 <sup>*</sup>	-3,63 <sup>*</sup>	-0,42 <sup>Ns</sup>	-0,37 <sup>Ns</sup>	2,22 <sup>*</sup>	0,17 <sup>Ns</sup>	0,44 <sup>Ns</sup>	-0,25 <sup>Ns</sup>
3-controle	-4,46 <sup>*</sup>	-3,11 <sup>*</sup>	-1,71 <sup>*</sup>	-0,80 <sup>Ns</sup>	3,37 <sup>*</sup>	0,68 <sup>Ns</sup>	0,35 <sup>Ns</sup>	0,02 <sup>Ns</sup>
4-controle	-3,65 <sup>*</sup>	-3,24 <sup>*</sup>	-0,67 <sup>*</sup>	-0,40 <sup>Ns</sup>	1,65 <sup>*</sup>	0,25 <sup>Ns</sup>	0,63 <sup>Ns</sup>	0,60 <sup>Ns</sup>
5-controle	-3,39 <sup>*</sup>	-2,97 <sup>*</sup>	-1,30 <sup>*</sup>	-0,41 <sup>Ns</sup>	0,42 <sup>Ns</sup>	0,08 <sup>Ns</sup>	0,39 <sup>Ns</sup>	0,01 <sup>Ns</sup>
6-controle	-2,01 <sup>Ns</sup>	-2,16 <sup>*</sup>	-0,74 <sup>*</sup>	-0,47 <sup>Ns</sup>	0,69 <sup>Ns</sup>	0,66 <sup>Ns</sup>	0,58 <sup>Ns</sup>	-0,48 <sup>Ns</sup>
Tratamentos	N		C		P			
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40		
1-controle	0,39 <sup>*</sup>	0,13 <sup>Ns</sup>	5,60 <sup>*</sup>	-14,61 <sup>*</sup>	51,02 <sup>Ns</sup>	17,32 <sup>Ns</sup>		
2-controle	0,93 <sup>*</sup>	0,02 <sup>Ns</sup>	3,85 <sup>Ns</sup>	-13,76 <sup>*</sup>	372,98 <sup>*</sup>	82,33 <sup>*</sup>		
3-controle	-0,17 <sup>Ns</sup>	0,24 <sup>*</sup>	-4,41 <sup>Ns</sup>	-10,63 <sup>*</sup>	30,18 <sup>Ns</sup>	42,27 <sup>Ns</sup>		
4-controle	0,50 <sup>*</sup>	0,09 <sup>Ns</sup>	3,63 <sup>Ns</sup>	-14,31 <sup>*</sup>	455,90 <sup>*</sup>	133,29 <sup>*</sup>		
5-controle	0,00 <sup>Ns</sup>	-0,03 <sup>Ns</sup>	1,02 <sup>Ns</sup>	-14,08 <sup>*</sup>	302,71 <sup>*</sup>	15,88 <sup>Ns</sup>		
6-controle	0,01 <sup>Ns</sup>	0,06 <sup>Ns</sup>	-0,66 <sup>Ns</sup>	-14,45 <sup>*</sup>	55,41 <sup>Ns</sup>	12,15 <sup>Ns</sup>		

Ns e \*: não significativo e significativo a 5% pelo teste de Dunnet, 1- densidade baixa (*G. sepium sepium*); 2- densidade média (*G. sepium sepium*); 3- densidade alta (*G. sepium sepium*); 4- densidade baixa (*M. caesalpiniaefolia*); 5- densidade média (*M. caesalpiniaefolia*); 5- densidade alta (*M. caesalpiniaefolia*)

A comparação entre os tratamentos e o controle no ciclo 2 estão na Tabela 3. A *G. sepium* densidade baixa proporcionou maior aporte do que o tratamento controle para os teores de Na e K nas duas profundidades de solo analisadas. Os teores de Ca e P na profundidade de 0-20 cm e os teores de Zn e N na profundidade de 20-40 cm do solo resultaram em menor aporte do que controle. Já o tratamento *G. sepium* densidade média resultou em maior aporte do que o controle para os teores de K e CTC nas duas profundidades, para o Mg e C para profundidade de 0-20 cm e para o Na, Ca, SB e H+Al na profundidade de 20-40 cm. No tratamento *G. sepium* densidade alta, o K e o Cu nas duas profundidades, o Mn na profundidade de 0-20 e o Na na profundida de 20-40 cm apresentaram maior aporte do que o controle. Apenas o Zn na profundidade de 20-40 cm apresentou aporte menor que o controle. O tratamento *M. caesalpiniaefolia* densidade baixa proporcionou maior aporte que o tratamento controle para o Na na profundidade de 20-40 cm e diferença entre médias negativas significativas para o Zn e o N na profundidade de 20-40 cm. Já a *M. Caesalpiniaefolia* densidade média resultou em maior aporte em relação ao controle para o K e CTC nas duas profundidades analisadas e para o Na, SB, H+Al e Fe na profundidade de 20-40 cm. Para o Zn nas duas profundidades analisadas e o Mn na profundidade de 0-20 cm as diferenças entre médias foram negativas significativas. A *M. caesalpiniaefolia* densidade alta proporcionou maior aporte do que o tratamento controle para o teor K na profundidade de 0-20 cm e para o Na, H+Al, CTC e Fe na profundidade de 20-40 cm, enquanto para o Zn nas duas profundidades analisadas e o N e P na profundidade de 0-20 cm o aporte foi menor em relação ao tratamento controle.

Nessa comparação dos tratamentos com o controle, tanto para ciclo 1 quanto para ciclo 2 observa-se que a *G. sepium* na densidade média de plantio resultou em atributos químicos do solo mais favoráveis que a *M. caesalpiniaefolia* nas diferentes densidades de plantio, com destaque para K, P, SB, CTC, Cu, N e Fe. Valores de Na e H+Al foram maiores com as leguminosas do que com o controle, mas esses atributos não são favoráveis no solo.



Tabela 3 - Diferença entre as médias para o teste de Dunnet para os atributos químicos do solo no ciclo 2. O sinal negativo significa que o tratamento teve comportamento abaixo do controle.

Ciclo 2								
Tratamentos	Na		K		Ca		Mg	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
1-controle	0,10*	0,03*	0,09*	0,14*	-0,50*	-0,04 <sup>Ns</sup>	0,12 <sup>Ns</sup>	0,16 <sup>Ns</sup>
2-controle	0,005 <sup>Ns</sup>	0,05*	0,18*	0,18*	0,11 <sup>Ns</sup>	0,24*	0,40*	0,14 <sup>Ns</sup>
3-controle	0,01 <sup>Ns</sup>	0,04*	0,07*	0,18*	0,24 <sup>Ns</sup>	0,07 <sup>Ns</sup>	0,30 <sup>Ns</sup>	0,10 <sup>Ns</sup>
4-controle	0,007 <sup>Ns</sup>	0,05*	0,03 <sup>Ns</sup>	0,04 <sup>Ns</sup>	-0,27 <sup>Ns</sup>	-0,09 <sup>Ns</sup>	-0,05 <sup>Ns</sup>	-0,08 <sup>Ns</sup>
5-controle	0,02 <sup>Ns</sup>	0,07*	0,09*	0,18*	0,12 <sup>Ns</sup>	0,14 <sup>Ns</sup>	0,17 <sup>Ns</sup>	0,14 <sup>Ns</sup>
6-controle	0,01 <sup>Ns</sup>	0,05*	0,07*	0,05 <sup>Ns</sup>	-0,21 <sup>Ns</sup>	-0,02 <sup>Ns</sup>	0,12 <sup>Ns</sup>	0,07 <sup>Ns</sup>
Tratamentos	SB		H+Al		CTC		pH	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
1-controle	-0,05 <sup>Ns</sup>	0,14 <sup>Ns</sup>	-0,24 <sup>Ns</sup>	-0,16 <sup>Ns</sup>	-0,60 <sup>Ns</sup>	0,29 <sup>Ns</sup>	-0,01 <sup>Ns</sup>	0,02 <sup>Ns</sup>
2-controle	0,31 <sup>Ns</sup>	0,56*	0,49 <sup>Ns</sup>	0,45*	1,17*	0,83*	0,04 <sup>Ns</sup>	-0,08 <sup>Ns</sup>
3-controle	0,63 <sup>Ns</sup>	0,38*	-0,36 <sup>Ns</sup>	-0,16 <sup>Ns</sup>	0,32 <sup>Ns</sup>	0,31 <sup>Ns</sup>	0,07 <sup>Ns</sup>	-0,02 <sup>Ns</sup>
4-controle	-0,43 <sup>Ns</sup>	-0,09 <sup>Ns</sup>	0,02 <sup>Ns</sup>	0,08 <sup>Ns</sup>	-0,53 <sup>Ns</sup>	0,23 <sup>Ns</sup>	0,02 <sup>Ns</sup>	-0,31 <sup>Ns</sup>
5-controle	0,17 <sup>Ns</sup>	0,45*	0,29 <sup>Ns</sup>	0,52*	0,92*	0,87*	-0,19 <sup>Ns</sup>	-0,27 <sup>Ns</sup>
6-controle	-0,02 <sup>Ns</sup>	0,12 <sup>Ns</sup>	0,002 <sup>Ns</sup>	0,49*	-0,06 <sup>Ns</sup>	0,62*	-0,23 <sup>Ns</sup>	-0,33 <sup>Ns</sup>
Tratamentos	Zn		Mn		Cu		Fe	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
1-controle	1,25 <sup>Ns</sup>	-0,93*	-0,13 <sup>Ns</sup>	0,02 <sup>Ns</sup>	-0,54 <sup>Ns</sup>	-0,14 <sup>Ns</sup>	-0,34 <sup>Ns</sup>	0,45 <sup>Ns</sup>
2-controle	-0,98 <sup>Ns</sup>	-0,46 <sup>Ns</sup>	-0,37 <sup>Ns</sup>	-0,41 <sup>Ns</sup>	-0,46 <sup>Ns</sup>	-0,09 <sup>Ns</sup>	-0,91 <sup>Ns</sup>	0,49 <sup>Ns</sup>
3-controle	-0,44 <sup>Ns</sup>	-0,75*	0,84*	0,06 <sup>Ns</sup>	3,39*	0,78*	-1,03 <sup>Ns</sup>	0,09 <sup>Ns</sup>
4-controle	-0,76 <sup>Ns</sup>	-0,68*	0,66 <sup>Ns</sup>	-0,20 <sup>Ns</sup>	0,04 <sup>Ns</sup>	-0,01 <sup>Ns</sup>	-0,55 <sup>Ns</sup>	0,47 <sup>Ns</sup>
5-controle	-1,96*	-1,11*	-1,20*	0,11 <sup>Ns</sup>	-0,80 <sup>Ns</sup>	0,00 <sup>Ns</sup>	-0,41 <sup>Ns</sup>	0,75*
6-controle	-1,66*	-1,22*	0,71 <sup>Ns</sup>	0,30 <sup>Ns</sup>	-0,66 <sup>Ns</sup>	0,07 <sup>Ns</sup>	-0,37 <sup>Ns</sup>	1,05*
Tratamentos	N		C		P			
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40		
1-controle	-0,16 <sup>Ns</sup>	-0,23*	-0,81 <sup>Ns</sup>	-1,68 <sup>Ns</sup>	-146*	3,04 <sup>Ns</sup>		
2-controle	0,12 <sup>Ns</sup>	-0,14 <sup>Ns</sup>	4,43*	2,67 <sup>Ns</sup>	-72 <sup>Ns</sup>	8,49 <sup>Ns</sup>		
3-controle	-0,17 <sup>Ns</sup>	-0,13 <sup>Ns</sup>	-1,59 <sup>Ns</sup>	1,62 <sup>Ns</sup>	36,2 <sup>Ns</sup>	35,88 <sup>Ns</sup>		
4-controle	-0,12 <sup>Ns</sup>	-0,23*	-0,43 <sup>Ns</sup>	-1,94 <sup>Ns</sup>	-45,6 <sup>Ns</sup>	0,56 <sup>Ns</sup>		
5-controle	0,00 <sup>Ns</sup>	-0,14 <sup>Ns</sup>	2,17 <sup>Ns</sup>	0,03 <sup>Ns</sup>	-2,68 <sup>Ns</sup>	-12,0 <sup>Ns</sup>		
6-controle	-0,29*	-0,12 <sup>Ns</sup>	-1,88 <sup>Ns</sup>	-0,25 <sup>Ns</sup>	-128*	-12,5 <sup>Ns</sup>		

Ns e \*: não significativo e significativo a 5% pelo teste de Dunnet, 1- densidade baixa (*G. sepium*); 2- densidade média (*G. sepium*); 3- densidade alta (*G. sepium*); 4- densidade baixa (*M. caesalpiniaefolia*); 5- densidade média (*M. caesalpiniaefolia*); 6- densidade alta (*M. caesalpiniaefolia*)

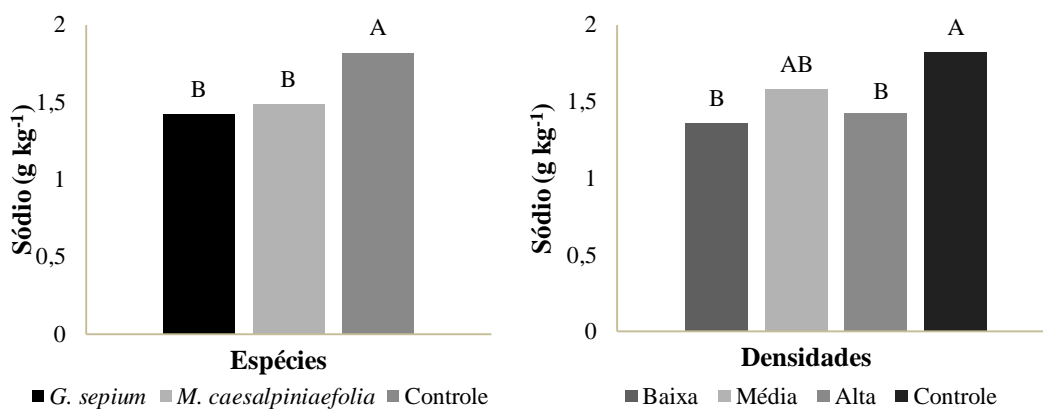
#### 4.5 Estado nutricional dos coqueiros

Para avaliação do estado nutricional do coqueiro houve elementos químicos cujos teores atributos diferiram em resposta à interação entre os fatores de tratamentos (ciclo 1: Ca, Cu e Fe; ciclo 2: Na, Mg e Cu). Os teores foliares de Na, K, Zn e Mn responderam às espécies isoladamente no ciclo 1, enquanto os teores foliares de K e N responderam no ciclo 2. Os teores foliares no ciclo 1 que diferiram em função das densidades de plantio das leguminosas foram: Na, K, Mg, Zn e Mn. Já no ciclo 2 foram os teores foliares de K e N diferiram em função das densidades de plantio (Anexo G).

O tratamento controle resultou em maiores teores foliares de Na nas folhas de coqueiro ( $1,82 \text{ g kg}^{-1}$ ), tanto na comparação com as espécies de leguminosas, quanto na comparação com as densidades de plantio no ciclo 1 (Gráfico 58). Ocorreu interação significativa entre os tratamentos na análise de Na no segundo ciclo (Gráfico 59). A *G. sepium* resultou em maiores teores foliares de Na no coqueiro quando estabelecida nas densidades baixa ( $1,9 \text{ g kg}^{-1}$ ) e média ( $2,05 \text{ g kg}^{-1}$ ). Já a *M. caesalpiniaefolia* resultou em maior teor foliar de Na no coqueiro quando estabelecida com densidade baixa de plantio ( $2,02 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Gráfico 59).

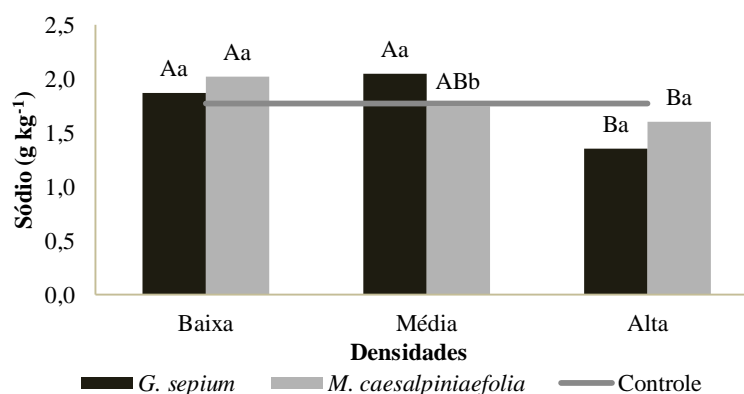
O resultado no ciclo 1 é explicado pelo acúmulo de Na na biomassa da vegetação do controle que foi maior em relação aos demais tratamentos, conforme apresentado no Gráfico 12 e que deve ter sido liberado ao solo mediante poda da biomassa. Contudo, no ciclo 2 o teor de Na nos coqueiros está relacionado ao teor do elemento no solo que foi maior para a *G. sepium*. O Na é um elemento que pode causar fitotoxidez no coqueiro mesmo que as plantas tenham capacidade de armazenar íons de  $\text{Na}^+$  nas folhas (MARINHO *et al.*, 2005). De acordo Inocêncio *et al.* (2014) o Na tem alta mobilidade nos tecidos vegetais e sua concentração varia entre  $0,013$  e  $35,1 \text{ g kg}^{-1}$  na matéria seca da parte aérea das plantas. Segundo Rosa (2002) a função específica do sódio não é conhecida, mas ele pode apresentar função osmótica e, em parte, substituir o potássio quando esse for deficiente.

Gráfico 58 – Valores médios de sódio nos coqueiros adubados com a biomassa das leguminosas e do controle e nas densidades no ciclo 1.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Gráfico 59 – Valores médios da interação do sódio no coqueiro adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.



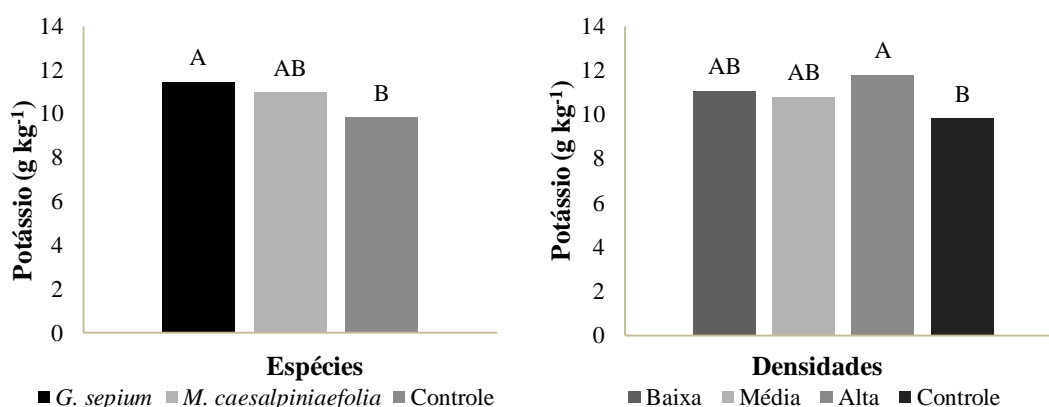
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

Ao analisar o teor foliar de K nos coqueiros, observou-se que ocorreu diferença estatística nos ciclos 1 e 2. No ciclo 1, o teor foliar de K foi maior no tratamento com a *G. sepium* (11,43 g kg<sup>-1</sup>) e na densidade alta (11,77 g kg<sup>-1</sup>) (Gráfico 60). No ciclo 2, o tratamento controle resultou em maior teor foliar de K nos coqueiros (11,6 g kg<sup>-1</sup>) tanto na comparação entre as espécies como na comparação entre as densidades (Gráfico 61). Considerando o acúmulo de K na biomassa de poda dos tratamentos, esperava-se no ciclo 1 maiores teores foliares de K associados à *M. caesalpiniaefolia* e no ciclo 2 à *G. sepium*. As diferenças encontradas devem estar associadas ao fato de que mais tempo seja necessário para que os efeitos do manejo sejam refletidos nos teores de nutrientes na cultura de interesse.

Os teores foliares de K estão acima do nível crítico ( $9 \text{ g kg}^{-1}$ ) especificado por Sobral e Barros (2018). O K atua como ativador enzimático, tem relevância em mais de 60 enzimas (NASCIMENTO, 2021) e é considerado o elemento de maior importância para o coqueiro (OUVRIER, 1990). Para Nascimento (2021) elevadas concentrações de K no tecido vegetal do coqueiro contribuem com a produção de compostos fenólicos que são atuantes na inibição de insetos e fungos. De acordo com Sobral *et al.* (2009) o fruto é responsável por grande parte da exportação do K.

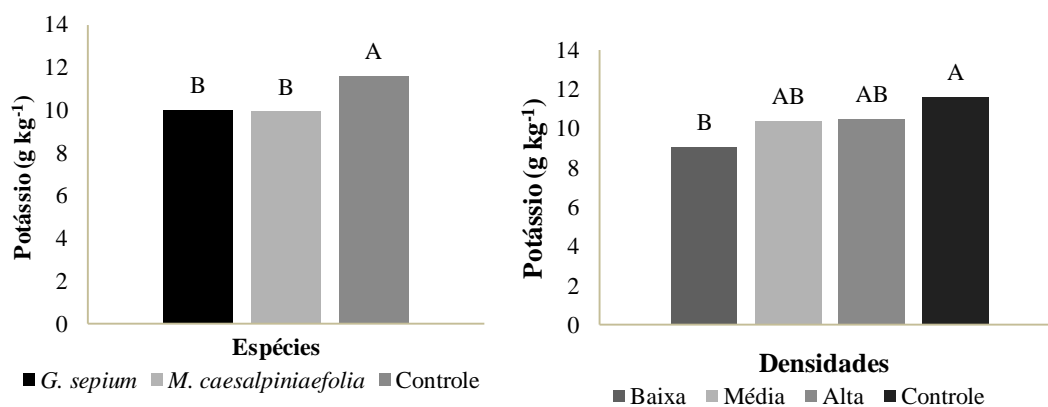
Lins *et al.*, (2021), Ribeiro *et al.*, (2016), Neto *et al.* (2014) observaram aumento nos teores de potássio nas folhas dos coqueiros com a fertilização de K no solo. Para Ribeiro *et al.* (2016) a absorção do K é influenciada pela sua concentração na solução do solo. O K possui absorção preferencial em relação aos cátions bivalentes (Ca e Mg), pois é monovalente e tem menor grau de hidratação (FERREIRA NETO *et al.*, 2014).

Gráfico 60 – Teores foliares médios de potássio nos coqueiros adubados com a biomassa das leguminosas e do controle e nas densidades de plantio das leguminosas no ciclo 1.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Gráfico 61 – Valores médios de potássio nos coqueiros adubados com a biomassa das leguminosas e do controle e nas densidades no ciclo 2.

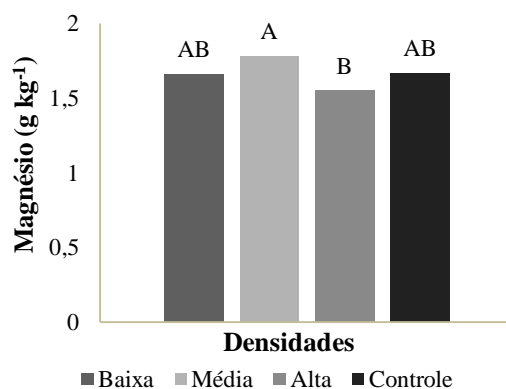


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Para teores foliares de Mg, somente as densidades de plantio das leguminosas influenciaram significativamente no ciclo 1. A densidade média resultou em maior teor foliar de Mg nos coqueiros ( $1,78 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Gráfico 62). Ocorreu interação significativa entre os tratamentos no segundo ciclo, de modo que para a *G. sepium* não houve diferença entre densidades, enquanto a *M. caesalpiniaefolia* resultou em maiores teores de Mg nas densidades de plantio baixa ( $0,77 \text{ g kg}^{-1}$ ) e média ( $0,80 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Gráfico 63). Na densidade alta, a *G. sepium* resultou em maior teor foliar de Mg ( $0,67 \text{ g kg}^{-1}$ ) do que a *M. caesalpiniaefolia* (Gráfico 63). Não houve relação entre teores de Mg na biomassa das leguminosas, no solo e no coqueiro. Essa falta de relação entre as partes analisadas pode ser ocasionada por diversos fatores, tais como: a taxa de decomposição e liberação no nutriente e a inibição competitiva de cátions.

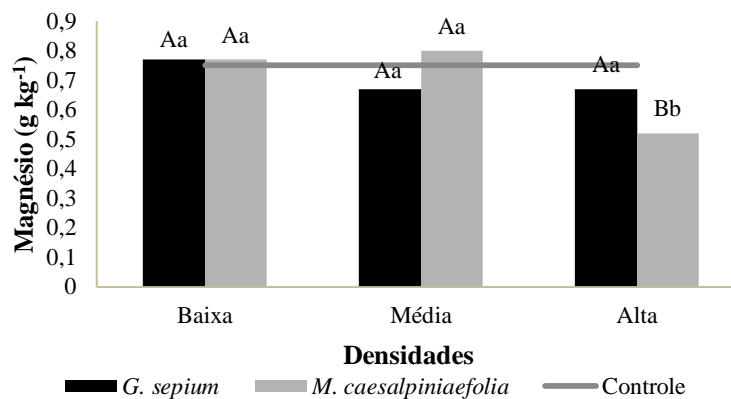
O teores foliares de Mg obtidos neste estudo estão abaixo do nível crítico ( $3 \text{ g kg}^{-1}$ ) para o coqueiro híbrido (SOBRAL e BARROS, 2018). Ao analisarem o teor foliar de magnésio em coqueiros híbridos Saldanha *et al.* (2015) encontraram o valor de  $1,45 \text{ g kg}^{-1}$ . Os autores justificaram que o baixo teor de magnésio no coqueiro foi ocasionado pela inibição competitiva do elemento com os outros cátions no solo (SALDANHA *et al.*, 2015). O mesmo caso pode ter ocorrido no presente estudo. Alto teores de K e Ca no meio podem inibir a absorção de Mg causando deficiência na planta (MALAVOLTA, 1997). De acordo com Ferreira *et al.* (2020) o magnésio possui importância no desenvolvimento vegetal, pois tem a participação na formação da molécula da clorofila, conseqüentemente o baixo teor desse elemento irá ocasionar clorose no coqueiro.

Gráfico 62 – Valores médios de magnésio nos coqueiros adubados com a biomassa das leguminosas plantadas em diferentes densidades no ciclo 1.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Gráfico 63 – Valores médios da interação do teor de magnésio no coqueiro adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.

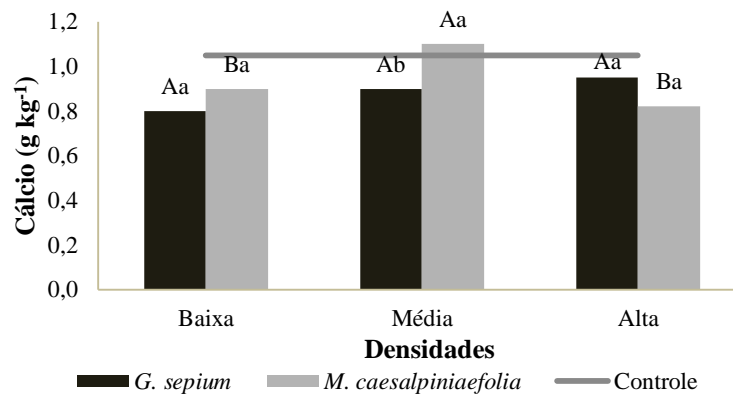


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

Ocorreu interação significativa entre os fatores de tratamento para o teor foliar de Ca nos coqueiros no primeiro ciclo de avaliação (Gráfico 64). Para a *G. sepium* não houve diferença significativa nas densidades de plantio, enquanto para a *M. caesalpiniaefolia* houve maior teor foliar ( $1,1 \text{ g kg}^{-1}$ ) na densidade média de plantio da leguminosa. O controle resultou em maior teor ( $1,05 \text{ g kg}^{-1}$ ) em relação aos outros tratamentos não citados. No ciclo 1 houve associação inversamente proporcional entre os teores do elemento no solo e seu teor foliar no coqueiro no tratamento controle, o qual tem baixo teor de Ca no solo e maior teor de Ca no coqueiro. Esse resultado supõe que os coqueiros no tratamento controle absorveram o Ca resultando em redução dos teores no solo. Nos demais tratamentos não ocorreu este tipo de associação. De acordo com Sobral *et al.* (2009) o Ca é um nutriente de baixa exigência para o coqueiro.

O teor de Ca nas folhas dos coqueiros ficou abaixo do nível crítico ( $3,2 \text{ g kg}^{-1}$ ) estabelecido em Sobral e Barros (2018). Esse resultado provavelmente tenha ocorrido devido a inibição competitiva entre os cátions  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{K}^{+}$  no solo, já que os valores de Mg e K estão acima de adequado e adequado no solo, respectivamente. Saldanha *et al.* (2015) encontraram teores foliares de Ca de  $3,6 \text{ g kg}^{-1}$  em coqueiros híbridos plantados em Latossolos no estado do Pará.

Gráfico 64 – Valores médios da interação do teor de cálcio no coqueiro adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.



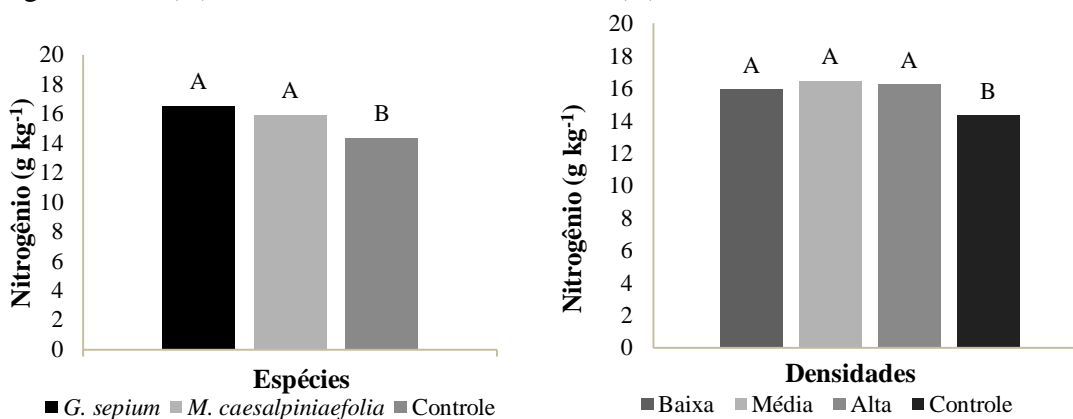
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

Não houve diferença entre tratamentos para o teor foliar de N no ciclo 1. No ciclo 2 ambas as espécies de leguminosas resultaram nas maiores médias (16,53 g kg<sup>-1</sup> para *G. sepium* e 15,88 g kg<sup>-1</sup> para *M. caesalpiniaefolia*), diferindo do controle que resultou em teor foliar de N nos coqueiros de 14,32 g kg<sup>-1</sup> (Gráfico 65). O mesmo aconteceu em resposta às densidades de plantio das leguminosas, de modo que todas as densidades resultaram em teores foliares de N mais elevados nos coqueiros (15,92 g kg<sup>-1</sup> para densidade baixa; 16,48 g kg<sup>-1</sup> para densidade média; 16,21 g kg<sup>-1</sup> para a densidade alta), diferindo do controle que resultou em teor foliar de N nos coqueiros de 16,32 g kg<sup>-1</sup> (Gráfico 65).

As aplicações de resíduos de poda das leguminosas ao solo apresentaram efeito positivo e resultaram em maiores teores foliares de N nos coqueiros do que o tratamento controle. Contudo, mesmo com o incremento de N por meio das leguminosas, o teor do nutriente nos coqueiros ficou abaixo do nível crítico (18 g kg<sup>-1</sup>) (SOBRAL e BARROS, 2018). De acordo com Nascimento (2021) o nitrogênio é essencial no desenvolvimento do coqueiro, pois contribui com o aumento da circunferência do coleto e número de folíolos. Ao analisar teores foliares de nutrientes no coqueiro anão adubado com uréia, Lins *et al.* (2021) observaram que o teor de nitrogênio nas folhas não foi influenciado com o acréscimo de nitrogênio ao solo. Apesar de fazerem a fertirrigação em coqueiros anão em um Neossolo Quatzarênico, Silva *et al.* (2009) observaram que os teores de nitrogênio na folha 14 ficaram abaixo do nível crítico. Segundo os autores, a acidificação do solo ocasionada pela aplicação da uréia prejudicou a absorção de N pelos coqueiros.

Esperava-se que a biomassa depositada iria suprir a demanda de g/planta de N das recomendações. A falta de resposta à adubação feita com a biomassa das leguminosas neste estudo pode ter ocorrido devido a dinâmica do N, as perdas de N e a competição de entre ânions ( $\text{NO}_3^-$  e  $\text{Cl}^-$ ) pelos sítios de absorção e transporte (Lins *et al.*, 2021).

Gráfico 65 – Valores médios de nitrogênio nos coqueiros adubados com a biomassa das leguminosas (A) e do controle e nas densidades (B) no ciclo 2.

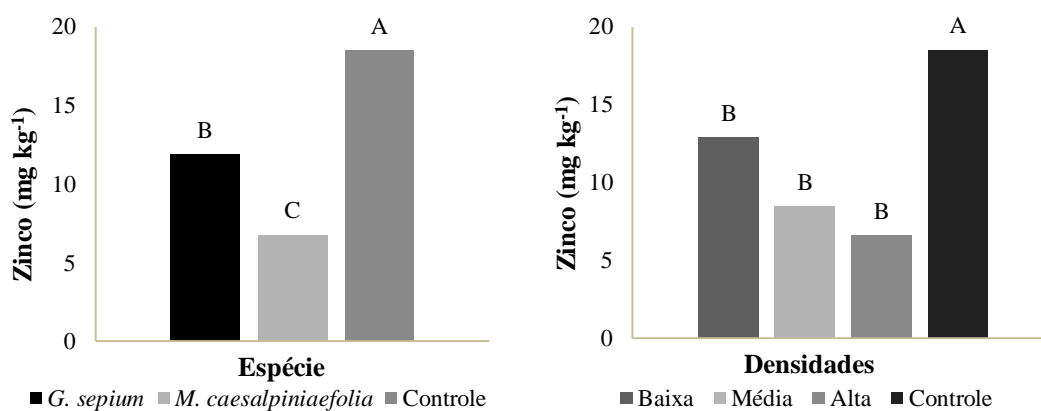


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Para os micronutrientes, o tratamento controle resultou em maior teor foliar de Zn nas folhas de coqueiro ( $18,48 \text{ mg kg}^{-1}$ ) quando comparado com as leguminosas em suas densidades de plantio no ciclo 1 (Gráfico 66). Houve associação entre teor de Zn no solo e no coqueiro, pois em ambos o tratamento controle apresentou maiores valores, assim o maior teor de Zn no tratamento controle pode ser em decorrência do maior teor de Zn no solo (Gráfico 48). O teor de Zn nos coqueiros da área do controle pode ser classificado como acima do nível crítico e na área das leguminosas pode ser classificado com abaixo do nível crítico ( $15 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (SOBRAL E BARROS, 2018). Não ocorreu diferença entre tratamentos no ciclo 2.



Gráfico 66 – Valores médios de zinco nos coqueiros adubados com a biomassa das leguminosas (A) e do controle e nas densidades (B) no ciclo 1.



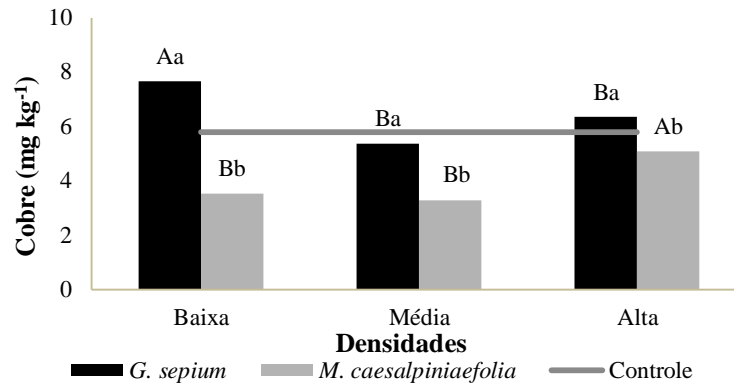
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Houve interação entre fatores de tratamento para o teor foliar de Cu nos coqueiros nos dois ciclos analisados. No primeiro ciclo, o tratamento com a *G. sepium* resultou em maior média ( $7,65 \text{ mg kg}^{-1}$ ) na densidade baixa de plantio da leguminosa, enquanto o tratamento com a *M. caesalpiniaefolia* resultou em maior teor foliar de Cu nos coqueiros ( $5,08 \text{ mg kg}^{-1}$ ) mediante estabelecimento da legumionsa na densidade alta de plantio. Ao comparar as espécies dentro de cada densidade, a *G. sepium* resultou em  $7,65 \text{ mg kg}^{-1}$  de Cu mediante plantio na densidade baixa; seguido por  $5,38 \text{ mg kg}^{-1}$  para densidade média e  $6,34 \text{ mg kg}^{-1}$  para a densidade alta (Gráfico 67).

No segundo ciclo a *G. sepium* e a *M. caesalpiniaefolia* resultaram nos maiores teores foliares de Cu ( $5,3 \text{ mg kg}^{-1}$  e  $5,26 \text{ mg kg}^{-1}$  respectivamente) na densidade média. A *G. sepium* resultou em maior teor foliar de Cu nos coqueiros ( $4,6 \text{ mg kg}^{-1}$ ) quando comparada à *M. caesalpiniaefolia* na densidade baixa de plantio ( $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Gráfico 68). Houve associação entre o teor de Cu no solo (Gráficos 52 e 53) e no coqueiro para os tratamentos *G. sepium* na densidade baixa e controle no ciclo 1 e *G. sepium* na densidade baixa e média e *M. caesalpiniaefolia* na densidade média no ciclo 2. Esses tratamentos apresentaram baixos teores de Cu no solo e altos teores no coqueiro, indicando maior absorção do elemento pelos coqueiros presentes nesses tratamentos.

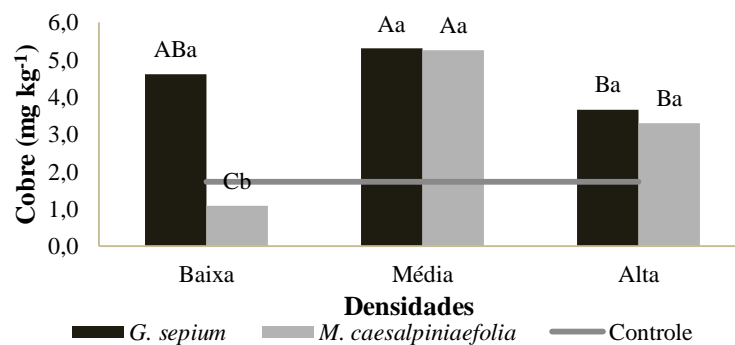
No ciclo 1 o teor foliar de Cu nos coqueiros ficou acima do nível crítico para os tratamentos com a *G. sepium*, com a *M. caesalpiniaefolia* na densidade alta e controle, mas ficou abaixo do nível crítico no tratamento com a *M. caesalpiniaefolia* nas densidades baixa e média. No ciclo 2, apenas os coqueiros adubados com as leguminosas na densidade média apresentaram teores foliares de Cu acima do nível crítico (SOBRAL e BARROS, 2018).

Gráfico 67 – Valores médios da interação do teor de cobre no coqueiro adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

Gráfico 68 – Valores médios da interação do teor de cobre no coqueiro adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 2.

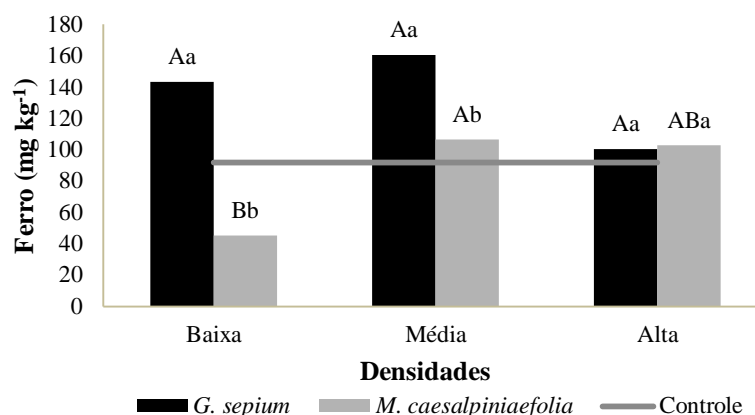


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

Ocorreu interação entre tratamentos para o teor foliar de Fe nos coqueiros no primeiro ciclo de avaliação (Gráfico 68). Não houve diferença entre densidades de plantio da *G. sepium*, enquanto a *M. caesalpiniaefolia* resultou em maior teor de Fe nos coqueiros ( $106,83 \text{ mg kg}^{-1}$ ) na densidade média de plantio. Ao comparar as espécies em cada densidade, observa-se que a *G. sepium* resultou em maior teor foliar de Fe nas densidades de plantio baixa ( $143,5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e média ( $160,68 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Gráfico 69).

Não houve diferença estatística para teor foliar de Fe no ciclo 2. Os teores foliares do micronutriente foram considerados adequados para a cultura do coqueiro (WADT *et al.*, 2021). Segundo Neto *et al.* (2014) o teor foliar de Fe acima do valor crítico ( $40 \text{ mg kg}^{-1}$ ) pode favorecer a formação de clorofila e os processos de respiração e fotossíntese.

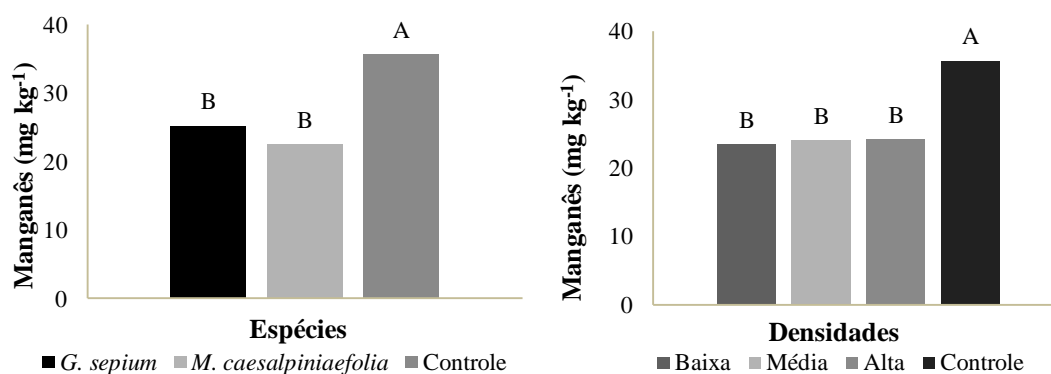
Gráfico 69 – Valores médios da interação do teor de ferro no coqueiro adubado com a biomassa das leguminosas e do controle no ciclo 1.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ). Letras maiúsculas comparam as densidades em cada espécie e letra minúsculas comparam as espécies em cada densidade.

Para o teor foliar de Mn nos coqueiros no ciclo 2, o tratamento controle resultou em maior valor ( $35,66 \text{ mg kg}^{-1}$ ) quando comparado com as leguminosas nas diferentes densidades de plantio (Gráfico 70). O maior teor foliar de Mn no controle pode estar associado ao maior teor do micronutriente na biomassa das plantas do controle e no solo da área controle. Contudo, os teores de Mn nas folhas do coqueiro ficaram abaixo do nível crítico (SOBRAL e BARROS, 2018), o que pode resultar em uma clorose generalizada (SOBRAL *et al.*, 2009), causando diminuição na produção dos frutos.

Gráfico 70 – Valores médios de manganês nos coqueiros adubados com a biomassa das leguminosas e do controle e nas densidades no ciclo 2.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

#### 4.5.1 *Análise de componentes principais para o estado nutricional do coqueiro.*

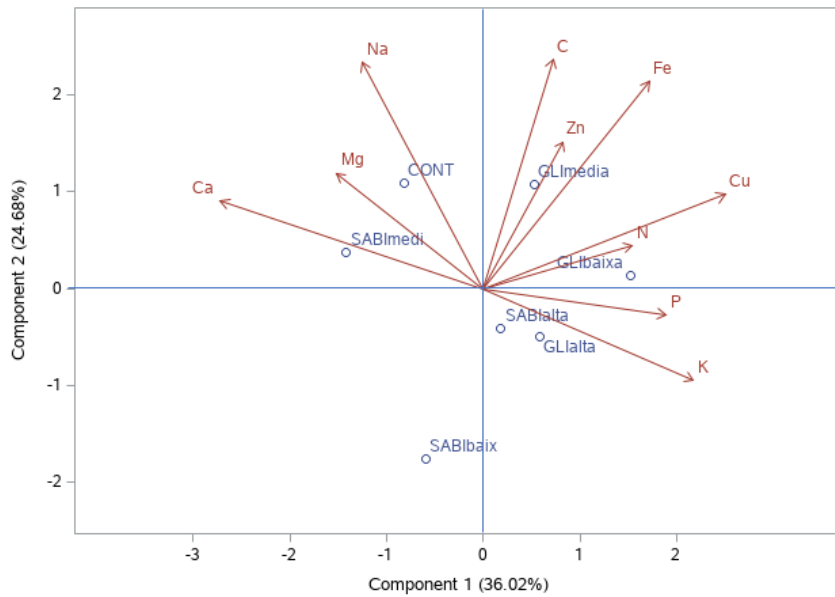
Ao analisar o gráfico biplot da análise de componentes principais para teores foliares de nutrientes no coqueiro, observa-se que as duas componentes explicam 60,70% da variação dos dados (Figura 17A). No quadrante I, os tratamentos *G. sepium* nas densidades baixa e média são caracterizados pelas variáveis C, Zn, Fe, Cu e N. No quadrante II os tratamentos controle e *M. caesalpiniaefolia* na densidade média são caracterizados pelos maiores valores de Na, Mg e Ca e pelos menores valores de P e K. No quadrante IV, os tratamentos *M. caesalpiniaefolia* e *G. sepium* na densidade alta são caracterizados pelos maiores valores de P e K e por menores valores de Na, Mg e Ca.

O gráfico biplot da análise de componentes principais do ciclo 2 mostra que as duas componentes explicam 51,3% da variação dos dados (Figura 17B). No quadrante I, o tratamento *M. caesalpiniaefolia* na densidade média é caracterizado pelos maiores valores de Mn, K, C, Zn e P e por menor valor de Fe. No quadrante II, o tratamento controle é caracterizado pelos maiores valores de Ca, Mg e Na e por menores valores de Cu e N. No quadrante III, os tratamentos *G. sepium* e *M. caesalpiniaefolia* na densidade baixa são caracterizados pelo maior valor de Fe e por menores valores de de Mn, K, C, Zn e P. No quadrante IV, os tratamentos *G. sepium* nas densidades alta e média e *M. caesalpiniaefolia* na densidade alta são caracterizados pelos maiores valores de Cu e N e por menores valores de Ca, Mg e Na.

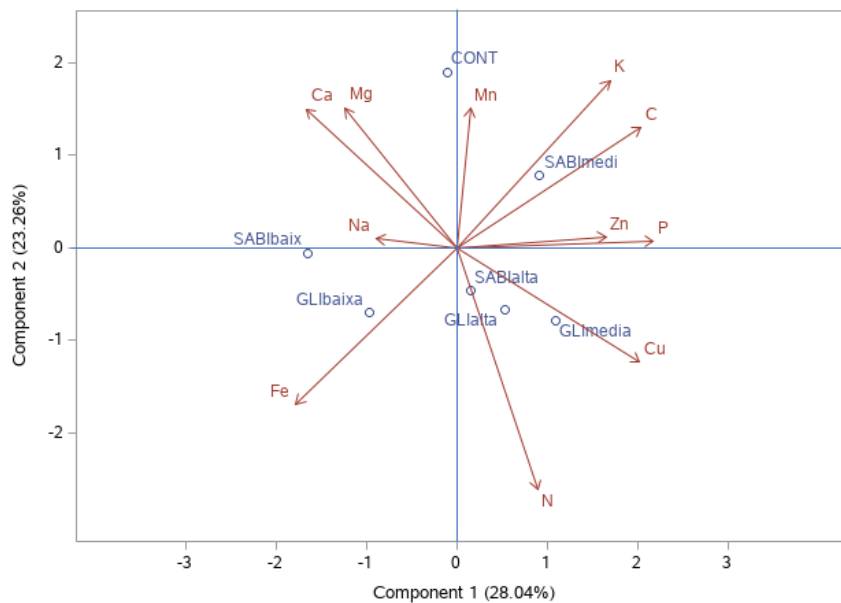
Nos dois ciclos estudados, os tratamentos *G. sepium* e *M. caesalpiniaefolia* na densidade alta ocorre uma relação inversa com os valores de cálcio e magnésio. A *G. sepium* na densidade média se destacou com maiores valores de N nos dois ciclos. Ao observar os gráficos nos dois ciclos, nota-se que não ocorreram grandes semelhanças entre os ciclos. Esse fato pode ter sido influenciado pela quantidade de biomassa aportada ao solo e pela dinâmica do nutrientes no solo que influenciou a absorção dos nutrientes pelos coqueiros. É importante salientar que nem todos os nutrientes absorvidos pelo os coqueiros ficaram acima do nível crítico.

Figura 15: ACP- Biplot com dois componentes principais do ciclo 1 (A) e ciclo 2 (B) do estado nutricional do coqueiro.

A



B



#### 4.5.2 Teste de Dunnet para estado nutricional do coqueiro

Os valores das diferenças entre médias para o estado nutricional do coqueiro no ciclo 1 e 2 estão na Tabela 4. No ciclo 1 o tratamento *G. sepium* densidade baixa resultou em maior aporte do que o controle para o Cu e menor aporte para o Ca. Já a *G. sepium* densidade média proporcionou maior aporte em relação ao tratamento controle para o Fe e menor aporte para o Zn. Os tratamentos *G. sepium* densidade alta, *M. caesalpiniaefolia* densidade baixa, *M. caesalpiniaefolia* densidade média e *M. caesalpiniaefolia* densidade alta resultaram em menor

aporte do que o tratamento controle para o Na e Zn; para o C, Zn e Cu; para o Zn e Cu e para o Ca e Zn, respectivamente.

No ciclo 2 o tratamento 1 proporcionou maior aporte do que o tratamento controle para o N e o Cu e menor aporte para o K. O tratamento *G. sepium* densidade média resultou em maior aporte do que o controle somente para o N e o Cu. Já o tratamento *G. sepium* densidade alta proporcionou maior aporte do que o tratamento controle apenas para o Cu e menor aporte para o Na. A *M. caesalpiniaefolia* densidade baixa resultou em menor aporte do que o tratamento controle para o K, enquanto a *M. Caesalpiniaefolia* densidade média resultou em maior aporte do que o tratamento controle para o Cu e menor aporte para o Mn. O tratamento *M. Caesalpiniaefolia* densidade alta obteve maior aporte do que o tratamento controle para o N e menor aporte para o Mg.

Apesar de alguns tratamentos apresentarem diferença entre médias positivas significativas, ou seja, valores superiores ao tratamento controle, alguns deles ficaram abaixo do nível crítico, como o N e o Cu para alguns tratamentos. Já outros tratamentos mesmo dando diferença entre médias negativas, ou seja, ficando abaixo do controle, apresentaram valores acima do nível crítico, como, por exemplo, o K. Também se nota discreto aumento de diferença entre médias positivas significativas do ciclo 1 para o ciclo 2, ou seja, indicando que o aporte de biomassa das leguminosas está ajudando a melhorar a nutrição dos coqueiros.

Tabela 4 - Diferença entre as médias para o teste de Dunnet para o estado nutricional do coqueiro. O sinal negativo significa que o tratamento teve comportamento abaixo do controle.

Tratamentos	Ciclo 1					
	Na	K	Ca	Mg	N	P
1-controle	-0,4 <sup>Ns</sup>	1,7 <sup>Ns</sup>	-0,25*	-0,05 <sup>Ns</sup>	0,1 <sup>Ns</sup>	0,17 <sup>Ns</sup>
2-controle	-0,2 <sup>Ns</sup>	1,1 <sup>Ns</sup>	-0,15 <sup>Ns</sup>	0,10 <sup>Ns</sup>	1,0 <sup>Ns</sup>	0,07 <sup>Ns</sup>
3-controle	-0,5*	2,0 <sup>Ns</sup>	-0,10 <sup>Ns</sup>	-0,07 <sup>Ns</sup>	0,5 <sup>Ns</sup>	0,02 <sup>Ns</sup>
4-controle	-0,4 <sup>Ns</sup>	0,7 <sup>Ns</sup>	-0,15 <sup>Ns</sup>	0,02 <sup>Ns</sup>	0,2 <sup>Ns</sup>	0,12 <sup>Ns</sup>
5-controle	-0,2 <sup>Ns</sup>	0,8 <sup>Ns</sup>	0,05 <sup>Ns</sup>	0,12 <sup>Ns</sup>	-0,3 <sup>Ns</sup>	0,02 <sup>Ns</sup>
6-controle	-0,2 <sup>Ns</sup>	1,9 <sup>Ns</sup>	-0,22*	-0,17 <sup>Ns</sup>	0,2 <sup>Ns</sup>	0,05 <sup>Ns</sup>

Tratamentos	Ciclo 1	
	Cu	Fe
1-controle	1,8*	51,6 <sup>Ns</sup>
2-controle	-0,4 <sup>Ns</sup>	68,7*
3-controle	0,5 <sup>Ns</sup>	8,7 <sup>Ns</sup>
4-controle	-2,2*	-46,4 <sup>Ns</sup>
5-controle	-2,5*	14,9 <sup>Ns</sup>
6-controle	-0,7 <sup>Ns</sup>	10,9 <sup>Ns</sup>

Tratamentos	Ciclo 2					
	Na	K	Ca	Mg	N	P
1-controle	0,1 <sup>Ns</sup>	-2,4*	-0,02 <sup>Ns</sup>	0,02 <sup>Ns</sup>	1,9*	0,00 <sup>Ns</sup>
2-controle	0,2 <sup>Ns</sup>	-1,8 <sup>Ns</sup>	-0,05 <sup>Ns</sup>	-0,07 <sup>Ns</sup>	3,1*	0,05 <sup>Ns</sup>
3-controle	-0,4*	-0,5 <sup>Ns</sup>	-0,12 <sup>Ns</sup>	-0,07 <sup>Ns</sup>	1,6 <sup>Ns</sup>	-0,02 <sup>Ns</sup>
4-controle	0,2 <sup>Ns</sup>	-2,7*	-0,02 <sup>Ns</sup>	0,02 <sup>Ns</sup>	1,3 <sup>Ns</sup>	-0,10 <sup>Ns</sup>
5-controle	-0,0 <sup>Ns</sup>	-0,6 <sup>Ns</sup>	0,02 <sup>Ns</sup>	0,05 <sup>Ns</sup>	1,2 <sup>Ns</sup>	0,07 <sup>Ns</sup>
6-controle	-0,1 <sup>Ns</sup>	-1,6 <sup>Ns</sup>	0,02 <sup>Ns</sup>	-0,22*	2,1*	0,05 <sup>Ns</sup>

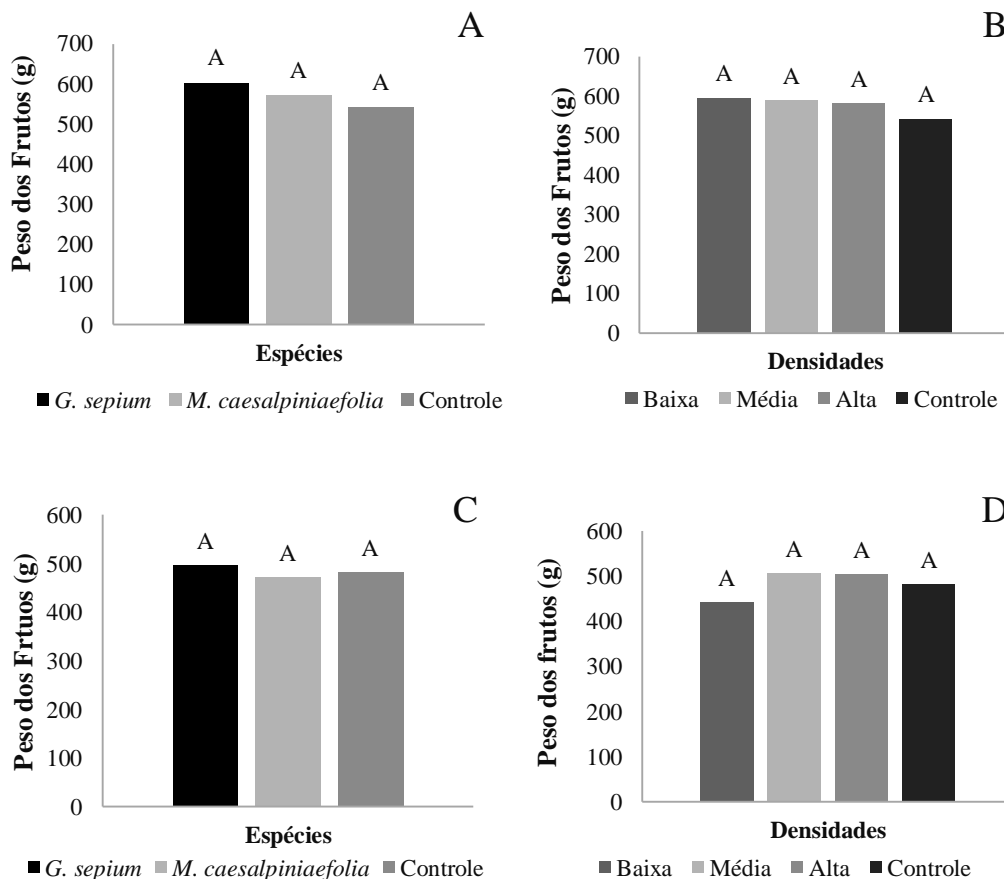
Tratamentos	Ciclo 2		
	Cu	Fe	Mn
1-controle	2,8*	21,3 <sup>Ns</sup>	-10,7 <sup>Ns</sup>
2-controle	3,5*	-1,5 <sup>Ns</sup>	-7,7 <sup>Ns</sup>
3-controle	1,9*	17,8 <sup>Ns</sup>	-12,9 <sup>Ns</sup>
4-controle	-0,6 <sup>Ns</sup>	11,6 <sup>Ns</sup>	-13,7 <sup>Ns</sup>
5-controle	3,5*	-9,5 <sup>Ns</sup>	-15,6*
6-controle	1,5 <sup>Ns</sup>	8,4 <sup>Ns</sup>	-9,9 <sup>Ns</sup>

Ns e \*: não significativo e significativo a 5% pelo teste de Dunnet, 1- densidade baixa (*G. sepium sepium*); 2- densidade média (*G. sepium*); 3- densidade alta (*G. sepium*); 4- densidade baixa (*M. caesalpiniaefolia*); 5- densidade média (*M. caesalpiniaefolia*); 5- densidade alta (*M. caesalpiniaefolia*)

#### 4.6 – Peso dos Frutos

Ao avaliar o peso dos frutos (endocarpo + albúmen) do coqueiro, para os dois ciclos estudados observou-se que não ocorreu diferença estatística em resposta às espécies e densidades de plantio das leguminosas, bem como não houve resposta ao tratamento controle. Do ponto de vista numérico há uma tendência de maior massa de fruto associado à *G.sepium* e as densidades média e alta. O resultado obtido pode ser resultado do pouco tempo de experimento e por apenas dois ciclos de podas. É esperado que análises futuras tenham valores favoráveis aos frutos dos coqueiros adubados, como foi observado no trabalho de Lins *et al.* (2021) que ao avaliarem a influência da fertilização dos coqueiros na produção de frutos, observaram que a adubação feita com P e K aumentou o peso do albúmen fresco do fruto.

Gráfico 71 – Médias do peso dos frutos do coqueiro no ciclo 1 (A e B) e ciclo 2 (C e D).





## 4.7 Análise econômica

### 4.7.1 Estimativa do custo da implantação e manutenção do experimento nos três primeiros anos

Na Tabela 5 estão os valores do custo de produção de 6000 mudas de leguminosas e da manutenção do experimento nos três primeiros anos, totalizando R\$ 9.140,00. Para produção de mudas foram gastos R\$ 3.955,00, correspondendo a 43,27% do custo total da implantação e manutenção do experimento no período. Na fase produção de mudas, o item de maior despesa foi a tela, no valor de R\$ 1.700,00.

Tabela 5 - Custo operacional para a implantação e manutenção do experimento nos dois primeiros anos.

<b>Produção de mudas</b>	<b>Unid.</b>	<b>Quant.</b>	<b>Preço Unit. (R\$)</b>	<b>Total (R\$)</b>
Sementes + Frete	kg	3	215	647,00
Inoculante	g	100	10	100,00
Cabo de aço	m	100	2,4	240,00
Tela	m	100	17	1700,00
Saco de mudas	kg	50,5	15,2	768,00
Funcionários	diária	10	50	500,00
<b>Total</b>				<b>3.955,00</b>
<b>Preparo da área</b>				
Funcionários	diária	30	50	1500,00
Trator	diária	1	150	150,00
<b>Total</b>				<b>1.650,00</b>
<b>Transplântio</b>				
Funcionários	diária	16	50	800,00
Trator	diária	0,5	150	75,00
<b>Total</b>				<b>875,00</b>
<b>Manutenção/Limpeza</b>				
Trator	diária	6	150	900,00
Funcionário	diária	12	50	600,00
<b>Total</b>				<b>1.500,00</b>
<b>Poda/Adubação</b>				
Funcionário	diária	20	50	1000,00
Funcionário c/ moto serra	diária	2	80	160,00
<b>Total</b>				<b>1.160,00</b>
<b>Custo total</b>				<b>9.140,00</b>

No preparo da área experimental a despesa foi de R\$ 1.650,00, correspondendo a 18,05% do custo total da implantação e manutenção do experimento nos três primeiros anos.

Nessa fase do preparo da área a maior despesa foi com a mão-de-obra, pois foram necessários 6 funcionários para limpar a área, durante 5 dias, totalizando R\$ 1.500,00. A despesa na fase do transplante das mudas no campo foi de R\$ 875,00, correspondendo a 9,57% do custo total. Como na fase anterior, a maior despesa foi com a mão-de-obra, correspondendo a R\$ 800,00.

Nos três anos de condução do experimento, a manutenção/limpeza da área correspondeu a 16,41% do custo total. Foi utilizado trator para roçar a área no primeiro semestre e, no decorrer do ano, foi feita a retirada manual das palhas de coqueiro que caíram sobre as leguminosas e sobre os arames que cercavam o experimento.

Na etapa da poda/adubação, a despesa foi de R\$1.160,00 correspondendo a 12,69% do custo total. As podas das leguminosas e a adubações dos coqueiros com o material das leguminosas foram realizadas no segundo e terceiro anos do experimento. No primeiro ano, a poda e a adubação foram realizadas com o auxílio de 2 funcionários durante 5 dias. Já no segundo ano, foi necessário fazer a poda da espécie *M. caesalpiniaefolia* com o auxílio de uma moto serra porque os galhos estavam bem resistentes e os funcionários estavam com dificuldades para realizar o corte com facão. Após a realização das podas, os funcionários depositaram o material vegetal das leguminosas ao redor dos coqueiros. O corte da vegetação controle foi com o auxílio de um trator com uma roçadeira acoplada

#### **4.7.2 Estimativa do valor financeiro da quantidade de nutrientes aportada ao solo**

A análise econômica aqui apresentada contempla o total de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn aportado ao solo por meio dos resíduos da leguminosa e da vegetação do tratamento controle. A tabela 6 informa o aporte de N ao solo pelos tratamentos, seu valor em quantidade de ureia e em reais. No ciclo 1, o tratamento 2 aportou maior quantidade de N em relação aos demais. Esse valor equivale a 512 kg ha<sup>-1</sup> de ureia que, por sua vez, equivale a R\$ 3.528,2. No ciclo 2, o tratamento 3 resultou no maior aporte (767,4 kg ha<sup>-1</sup>) de N no solo. Esse valor equivalente a 1.705,3 kg de ureia que, ao ser convertido em reais corresponde a 11.732,7 reais. Os menores valores aportados de N ao solo (49 kg ha<sup>-1</sup> para o ciclo 1 e 109 kg ha<sup>-1</sup> para o ciclo 2) foram observados no tratamento controle para os dois ciclos. Na soma dos dois ciclos, o tratamento 3 resultou em maior valor (R\$ 15.083,7).

Tabela 6 – Quantidade de nitrogênio aportado ao solo pela biomassa das plantas conversão em quantidade (kg) de fertilizante (ureia com 45% de N) e seu valor em reais.

Trat.	N						
	Aportado	Uréia	R\$	Aportado	Uréia	R\$	Total
	kg/ha	kg/ha	-	kg/ha	kg/ha	-	R\$
	Ciclo1			Ciclo 2			
1	110,95	246,6	1.696,3	632,9	1.406,4	9.675,7	11.372,0
2	230,8	512,8	3.528,2	619,6	1.376,9	9.473,0	13.001,2
3	219,2	487,1	3.351,0	767,4	1.705,3	11.732,7	15.083,7
4	168,3	373,9	2.572,4	443,8	986,2	6.785,2	9.357,6
5	217,0	482,2	3.317,7	437,0	971,1	6.681,2	9.998,9
6	215,7	479,2	3.297,2	472,5	1.050,0	7.224,0	10.521,2
<b>Controle</b>	49,0	108,9	749,2	109,0	242,2	1.666,5	2.415,7

1- densidade baixa (*G. sepium sepium*); 2- densidade média (*G. sepium*); 3- densidade alta (*G. sepium*); 4 - densidade baixa (*M. caesalpiniaefolia*); 5 - densidade média (*M. caesalpiniaefolia*); 6 - densidade alta (*M. caesalpiniaefolia*). Kg da uréia = R\$ 6,88

Na Tabela 7 observa-se o aporte de P por meio das leguminosas e da vegetação espontânea no solo e seus valores convertidos para superfosfato simples (S.S) e reais. O tratamento 6 resultou no maior aporte ( $36 \text{ kg ha}^{-1}$ ) no ciclo 1, que foi equivalente a 458 kg de SS, equivalente a um valor de 1.832,0 reais. No ciclo 2, o tratamento 3 obteve o maior aporte ( $87,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Esse valor equivale a 1117,1 kg de SS. Ao converter o valor de SS para reais fica R\$ 4.468,6. No ciclo 1 o menor aporte ( $15,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ) foi do tratamento 1 e no ciclo 2 o controle resultou no menor aporte ( $43,7 \text{ kg ha}^{-1}$ ). O tratamento 3 resultou em maior valor (R\$ 5.973,9) em reais ao juntar os dois ciclos estudados.

Tabela 7 – Quantidade de fósforo aportado ao solo pela biomassa das plantas conversão em quantidade (kg) de fertilizante (superfosfato simples contendo 18% de P) e seu valor em reais.

<b>P</b>							
<b>Trat</b>	<b>Aportado</b>	<b>SS</b>	<b>R\$</b>	<b>Aportado</b>	<b>SS</b>	<b>R\$</b>	<b>Total</b>
	<b>kg/ha</b>	<b>kg/ha</b>	<b>-</b>	<b>kg/ha</b>	<b>kg/ha</b>	<b>-</b>	<b>R\$</b>
	<b>Ciclo1</b>			<b>Ciclo 2</b>			
<b>1</b>	15,9	202,3	809,1	73,2	931,3	3.725,1	4.534,20
<b>2</b>	30,2	384,7	1.538,9	70,0	890,6	3.562,2	5.101,10
<b>3</b>	29,6	376,3	1.505,3	87,8	1.117,1	4.468,6	5.973,90
<b>4</b>	26,5	337,1	1.348,6	55,5	705,4	2.821,8	4.170,40
<b>5</b>	31,3	398,7	1.594,9	69,2	880,8	3.523,0	5.117,90
<b>6</b>	36,0	458,0	1.832,0	64,4	819,7	3.278,8	5.110,80
<b>Controle</b>	17,4	221,4	885,5	43,7	556,3	2.225,4	3.110,90

1- densidade baixa (*G. sepium*); 2- densidade média (*G. sepium*); 3- densidade alta (*G. sepium*); 4 - densidade baixa (*M. caesalpiniaefolia*); 5 - densidade média (*M. caesalpiniaefolia*); 6 - densidade alta (*M. caesalpiniaefolia*). SS-super simples; Kg do SS = R\$ 4,00; SS = 18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Observa-se na Tabela 8 o aporte de potássio pelos resíduos de poda e o valor desse aporte em reais proveniente da conversão em KCl. No ciclo 1, o tratamento 2 foi o que levou ao menor aporte de K (61 kg ha<sup>-1</sup>) ao solo. Esse valor equivale a 122,5 kg de KCl que, em reais, equivale a R\$ 852,4. Já o tratamento 5 apresentou o maior aporte de K no solo (172,2 kg ha<sup>-1</sup>), correspondendo a 345,7 kg de KCl cujo custo é 2.406,2 reais. No ciclo 2 o tratamento 3 foi o que levou ao maior aporte de K (454,2 kg ha<sup>-1</sup>) ao solo, enquanto o tratamento 5 levou ao menor aporte do nutriente ao solo. Esses valores aportados equivalem a 911,9 kg de KCl e 260,7 kg de KCl, respectivamente. O valor correspondente ao total de KCl correspondente ao tratamento que menos aportou K ao solo foi de 1.814,3 reais, enquanto que para o tratamento que mais aportou K no solo esse valor foi 6.346,6 reais. O tratamento 3 resultou em maior valor em reais ao somar os dois ciclos.

Tabela 8 – Quantidade de potássio aportado ao solo pela biomassa das plantas convertido em total de fertilizante (KCl) e seu valor em reais.

Trat	K						
	Aportado	KCl	R\$	Aportado	KCl	R\$	Total
	kg/ha	Kg/ha	-	kg/ha	Kg/ha	-	R\$
	Ciclo 1			Ciclo 2			
1	80,1	160,9	1.119,7	415,3	833,7	5.802,3	6.922,00
2	61,0	122,5	852,4	415,1	833,3	5.799,5	6.651,90
3	135,4	271,8	1.891,8	454,2	911,9	6.346,6	8.238,40
4	83,2	167,0	1.162,4	150,7	302,6	2.105,8	3.268,20
5	172,2	345,7	2.406,2	129,8	260,7	1.814,3	4.220,50
6	75,4	151,3	1.053,0	149,2	299,5	2.084,8	3.137,80
<b>Controle</b>	110,2	221,3	1.540,0	146,9	294,8	2.052,1	3.592,10

1- densidade baixa (*G. sepium*); 2- densidade média (*G. sepium*); 3- densidade alta (*G. sepium*); 4 - densidade baixa (*M. caesalpiniaefolia*); 5 - densidade média (*M. caesalpiniaefolia*); 6 - densidade alta (*M. caesalpiniaefolia*). KCl-Cloreto de Potássio; Kg do KCl = R\$ 6,96; KCl = 60% de K<sub>2</sub>O

Na tabela 7 observa-se o aporte de Ca ao solo, os valores desse aporte em kg de calcário dolomítico (CD) e o custo em reais nos dois ciclos estudado. No ciclo 1, o tratamento 6 apresentou o maior aporte de Ca no solo. O aporte foi de 39,1 kg ha<sup>-1</sup>, que ao ser transformado em CD fica 219,3 kg. A quantidade de CD obtida equivale a 162,3 reais. No ciclo 2, o tratamento 3 aportou maior quantidade (68,35 kg ha<sup>-1</sup>) de Ca em relação aos demais tratamentos. Essa quantidade aportada equivale a 382,5 kg de CD. No mercado, essa quantidade de CD custaria 283,0 reais. O tratamento controle (4,3 kg ha<sup>-1</sup> no ciclo 1 e 16 kg ha<sup>-1</sup> no ciclo 2) apresentou o menor aporte de Ca no solo nos dois ciclos estudados. O tratamento 2 resultou em maior valor (R\$ 386,0) em R\$ ao somar os dois ciclos.

Tabela 9 – Quantidade de cálcio aportado ao solo pela biomassa das plantas conversão em quantidade (kg) de calcário dolomítico e seu valor em reais.

Trat	Ca						Total
	Aportado	CD	R\$	Aportado	CD	R\$	
	kg/ha	kg/ha	-	kg/ha	kg/ha	-	
	Ciclo1			Ciclo 2			R\$
1	10,87	60,84	45,02	47,75	267,25	197,76	242,78
2	37,22	208,31	154,15	56,00	313,42	231,93	386,08
3	24,51	137,18	101,51	68,35	382,54	283,08	384,59
4	25,28	141,49	104,70	36,00	201,48	149,10	253,8
5	19,51	109,19	80,80	42,79	239,49	177,22	258,02
6	39,19	219,34	162,31	22,13	123,86	91,65	253,96
<b>Controle</b>	4,34	24,29	17,97	16,00	89,55	66,27	84,24

1- densidade baixa (*G. sepium*); 2- densidade média (*G. sepium*); 3- densidade alta (*G. sepium*); 4 - densidade baixa (*M. caesalpiniaefolia*); 5 - densidade média (*M. caesalpiniaefolia*); 6 - densidade alta (*M. caesalpiniaefolia*). CD-calcário dolomítico; Kg do CD = R\$ 0,74; CD = 25% de CaO.

Na tabela 10 observa-se os valores de magnésio aportado ao solo e os valores equivalentes ao calcário dolomítico. Ao analisar o aporte de Mg ao solo, observa-se que no ciclo1 o tratamento 5 resultou em maior valor (26 kg ha<sup>-1</sup>). Essa quantidade aportada equivale a 287,5 kg de CD, cujo valor em reais corresponde a 212,7. No ciclo 2, o tratamento 3 aportou maior quantidade (54,8 kg ha<sup>-1</sup>) de Mg ao solo em relação aos demais. Esse resultado equivale a 605,3 kg de CD, cujo valor é de 447,9 reais. O controle (8,9 kg ha<sup>-1</sup> para o ciclo 1 e 12,2 kg ha<sup>-1</sup> para o ciclo 2) resultou nos menores aportes de Mg nos dois ciclos. Ao somar os valores em reais nos dois ciclos, observa-se que o tratamento 3 resultou no maior resultado (R\$ 636,1).

Tabela 10 – Quantidade de magnésio aportado ao solo pela biomassa das plantas conversão em quantidade (kg) de calcário e seu valor em reais.

Trat	Mg						Total
	Aportado	CD	R\$	Aportado	CD	R\$	
	kg/ha	kg/ha	-	kg/ha	kg/ha	-	
	Ciclo1			Ciclo 2			
1	12,6	139,3	103,1	44,8	494,9	366,2	469,3
2	18,0	199,0	147,3	40,0	442,2	327,3	474,6
3	23,0	254,3	188,2	54,8	605,3	447,9	636,1
4	15,5	171,4	126,8	24,4	270,1	199,9	326,7
5	26,0	287,5	212,7	27,3	302,2	223,6	436,3
6	25,2	278,2	205,8	19,8	218,7	161,8	367,6
<b>Controle</b>	8,9	98,8	73,1	12,2	134,4	99,5	172,6

1- densidade baixa (*G. sepium*); 2- densidade média (*G. sepium*); 3- densidade alta (*G. sepium*); 4 - densidade baixa (*M. caesalpiniaefolia*); 5 - densidade média (*M. caesalpiniaefolia*); 6 - densidade alta (*M. caesalpiniaefolia*). CD-calcário dolomítico; Kg do CD = R\$ 0,74; CD = 15% de MgO.

Na Tabela 11 estão os valores de aporte de Cu ao solo, a quantidade correspondente ao fertilizante FTE BR12 e o valor do custo do fertilizante em reais. O tratamento 6 resultou em maior aporte (49,45 g ha<sup>-1</sup>) que representou 6,12 kg de FTE BR12, com valorem reais correspondente a 80,36. O menor aporte do micronutriente foi observado no tratamento 5, com 30,14 kg ha<sup>-1</sup>. No ciclo 2, o tratamento 5 foi o que resultou em maior aporte (90,0 g ha<sup>-1</sup>) de Cu ao solo. Ao transformar o valor aportado em quantidade de fertilizante o resultado foi 11,25 kg de FTE que equivale a R\$ 146,25. O tratamento controle resultou em menor aporte de Cu ao solo (50,5 g ha<sup>-1</sup>).

Tabela 11 – Quantidade de cobre aportado ao solo pelo os tratamentos e a quantidade do aportado em fertilizantes (FTE BR12 com 0,8% de Cu) e em reais.

Trat	Cu						
	Aportado	Fte Br 12	R\$	Aportado	Fte Br 12	R\$	Total
	g/ha	Kg/ha	-	g/ha	Kg/ha	-	R\$
	Ciclo1			Ciclo 2			
<b>1</b>	17,32	2,17	28,15	54,43	6,80	88,45	116,6
<b>2</b>	38,79	4,85	63,03	60,86	7,61	98,90	161,93
<b>3</b>	43,25	5,41	70,28	69,26	8,66	112,55	182,83
<b>4</b>	40,17	5,02	65,28	70,00	8,75	113,75	179,03
<b>5</b>	30,14	3,77	48,98	90,00	11,25	146,25	195,23
<b>6</b>	49,45	6,18	80,36	75,46	9,43	122,62	202,98
<b>Controle</b>	42,53	5,32	69,11	50,35	6,29	81,82	150,93

1- densidade baixa (*G. sepium*); 2- densidade média (*G. sepium*); 3- densidade alta (*G. sepium*); 4 - densidade baixa (*M. caesalpiniaefolia*); 5 - densidade média (*M. caesalpiniaefolia*); 6 - densidade alta (*M. caesalpiniaefolia*). Kg do Fte Br 12 = R\$ 13,00

Observa-se na Tabela 12 as quantidades de Fe aportado pela biomassa das leguminosas ao solo, bem como seu valor correspondente ao fertilizante FTE BR12 e seu custo em reais. O tratamento 5 resultou em maior aporte ( $461,26 \text{ g ha}^{-1}$ ) de Fe ao solo, que foi correspondente a 15,38 kg de FTE, representando custo de 199,88 reais. No ciclo 2, o tratamento 2 apresentou maior aporte de Fe ao solo com uma quantidade de  $1.292 \text{ g ha}^{-1}$ . Esse total aportado corresponde a 43 kg de FTE com o custo de 559,91 reais. O tratamento 6 foi o que resultou em menor valor  $277,66 \text{ g ha}^{-1}$  de Fe aportado ao solo.



Tabela 12 – Quantidade de ferro aportado ao solo pelo os tratamentos e a quantidade do aportado em fertilizantes (FTE BR12 contendo 3% de Fe) e em reais.

Trat	Fe						Total
	Aportado	Fte Br 12	R\$	Aportado	Fte Br 12	R\$	
	g/ha	Kg/ha	-	g/ha	Kg/ha	-	
	Ciclo1			Ciclo 2			
<b>1</b>	175,00	5,83	75,83	1.232,66	41,09	534,15	609,98
<b>2</b>	191,47	6,38	82,97	1.292,09	43,07	559,91	642,88
<b>3</b>	438,81	14,63	190,15	775,00	25,83	335,83	525,98
<b>4</b>	356,00	11,87	154,27	719,82	23,99	311,92	466,19
<b>5</b>	461,26	15,38	199,88	674,31	22,48	292,20	492,08
<b>6</b>	280,37	9,35	121,49	277,66	9,26	120,32	241,81
<b>Controle</b>	173,71	5,79	75,27	734,00	24,47	318,07	393,34

1- densidade baixa (*G. sepium sepium*); 2- densidade média (*G. sepium*); 3- densidade alta (*G. sepium*); 4 - densidade baixa (*M. caesalpiniaefolia*); 5 - densidade média (*M. caesalpiniaefolia*); 6 - densidade alta (*M. caesalpiniaefolia*); Kg do Fte Br 12 = R\$ 13,00

No ciclo 2, o tratamento controle resultou em maior aporte de Mn ao solo com 636,27 g ha<sup>-1</sup> (Tabela 13). Ao converter esse valor em FTE BR12 a quantidade é de 31,81 kg que equivalem a 413,57 reais. Dentre os tratamentos com as leguminosas, o tratamento 2 foi o que resultou em maior aporte de Mn ao solo com 513,46 g ha<sup>-1</sup> que correspondem a 25,67 kg de FTE BR12 cujo custo é de 333,74 reais.

Tabela 13 – Quantidade de manganês aportado ao solo pelo os tratamentos e a quantidade do aportado em fertilizantes (FTE BR12 com 2% de Mn) e em reais.

Trat.	Mn		
	Aportado	Fte Br 12	R\$
	g/ha	Kg/ha	-
<b>Ciclo 2</b>			
1	367,28	18,36	238,73
2	513,46	25,67	333,74
3	469,22	23,46	304,99
4	505,8	25,29	328,77
5	249,05	12,45	161,88
6	356,03	17,80	231,41
<b>Controle</b>	636,27	31,81	413,57

1- densidade baixa (*G. sepium sepium*); 2- densidade média (*G. sepium*); 3- densidade alta (*G. sepium*); 4 - densidade baixa (*M. caesalpiniaefolia*); 5 - densidade média (*M. caesalpiniaefolia*); 6 - densidade alta (*M. caesalpiniaefolia*); Kg do Fte Br 12 = R\$ 13,00

Observa-se na tabela 14 os valores do aporte de Zn ao solo, a quantidade correspondente do fertilizante FTE Br 12 (FTE) e seu valor em reais. No ciclo 1, o tratamento 5 resultou em maior aporte de Zn ( $98,32 \text{ g ha}^{-1}$ ) ao solo. Ao converter esse aporte em quantidade do fertilizante FTE e em reais, os valores foram 1,10 kg e R\$ 14,27, respectivamente. Já o tratamento 1 resultou em menor aporte de Zn no solo. O tratamento 1 e 4 resultaram em maiores aportes de Zn ao solo ( $393,93 \text{ g ha}^{-1}$  e  $394,34 \text{ g ha}^{-1}$ ) para o ciclo 2. Esses valores são equivalentes a 4,38 kg/ha de FTE e 56,9 reais. O menor aporte ( $323,15 \text{ g ha}^{-1}$ ) de Zn no solo foi observado no tratamento 5.

Tabela 14 – Quantidade de zinco aportado ao solo pelo os tratamentos e a quantidade do aportado em fertilizante (FTE BR 2 contendo 9% de Zn) e em reais.

Trat	Zn						
	Aportado	Fte Br 12	R\$	Aportado	Fte Br 12	R\$	Total
	g/ha	Kg/ha	-	g/ha	Kg/ha	-	R\$
	Ciclo1			Ciclo 2			-
1	36,97	0,41	5,34	393,93	4,38	56,90	62,24
2	95,78	1,06	13,83	376,23	4,18	54,34	68,17
3	45,49	0,51	6,57	390,3	4,34	56,38	62,95
4	81,65	0,91	11,79	394,34	4,38	56,96	68,75
5	98,82	1,10	14,27	307,08	3,41	44,36	58,63
6	90,36	1,00	13,05	323,15	3,59	46,68	59,73
<b>Controle</b>	94,8	1,05	13,69	358,52	3,98	51,79	65,48

1- densidade baixa (*G. sepium*); 2- densidade média (*G. sepium*); 3- densidade alta (*G. sepium*); 4 - densidade baixa (*M. caesalpiniaefolia*); 5 - densidade média (*M. caesalpiniaefolia*); 6 - densidade alta (*M. caesalpiniaefolia*); Kg do Fte Br 12 = R\$ 13,00

É importante ressaltar que em quase todos os nutrientes, os tratamentos com as leguminosas resultaram em maiores valores que o tratamento controle. No geral, para implantação e manutenção nos três primeiros anos de toda a área experimental foram gastos um total de R\$ 9.140,0 e o tratamento T3 resultou em um valor de R\$ 15.083,7 em N aportados. Ao realizar a diferença do total obtido em valores (R\$) de fertilizantes com a adubação verde no T3 e o valor que foram gastos na implantação e manutenção, observou-se um saldo positivo de R\$ 5.943,7.

Os tratamentos com as leguminosas resultam em aporte de quantidades de nutrientes que, quando convertidas para o valor equivalente em fertilizantes, representam ganhos financeiros ao produtor. Contudo, dos nutrientes presentes na biomassa das leguminosas, somente o N provém da atmosfera, sendo incorporado às plantas por meio da fixação biológica. Esse aspecto é o que tem trazido economia em fertilizante nitrogenado para o cultivo da soja, por exemplo, o que é muito relevante. A FBN é uma fonte de N de baixo custo para a cultura da soja, que além de proporcionar economia também ajuda na fertilidade do solo. (RODRIGUES-NAVARRO *et al.*, 2011).

No caso dos demais nutrientes, mesmo que haja maior eficiência em sua absorção por parte das leguminosas, os mesmos são retirados do solo e a presença das leguminosas pode

representar competição entre leguminosas e coqueiros pela absorção desses elementos. Assim, a calagem e a adubação para a oferta dos demais nutrientes, continua sendo importante.

Plantas de coqueiro em solos arenosos apresentaram maior produtividade e lucratividade quando foram adubadas ao mesmo tempo com adubo verde de *G. sepium* e fertilizante inorgânico, do que aquelas que receberam somente fertilizantes inorgânicos, assim favorecendo a melhoria da receita líquida total e da razão custo:benefício (SUBRAMANIAN *et al.*, 2005). Esse resultado mostra o quanto a adubação verde com *G. sepium* pode substituir, em parte, a adubação inorgânica, tornando-se favorável economicamente para o produtor. Além de proporcionarem o desenvolvimento sustentável das culturas consorciadas, as leguminosas favorecem o aumento de produção, promovendo a viabilidade econômica (RAO e MATHUVA, 2000; CHENG *et al.*, 2022). A combinação de resíduos orgânico com fertilizante inorgânico para a cultura do coqueiro é benéfica para o aumento da produtividade do coco (ISMAIL; ISMAIL; HUSIN, 2022).

## 5. CONCLUSÕES

- A partir dos resultados de biomassa e da análise química do solo rejeita-se a primeira hipótese de que a espécie, *M. Caesalpiniaefolia*, iria se desenvolver melhor e disponibilizaria mais nitrogênio e nutrientes para os coqueiros do que a espécie exótica *G. sepium sepium*.

- A partir dos resultados da biomassa e do acúmulo de N e nutrientes na biomassa das leguminosas rejeita-se a segunda hipótese que a menor densidade favorecerá a produção de biomassa das leguminosas e o maior acúmulo de N e nutrientes para disponibilizar aos coqueiros.

- A partir dos resultados da análise foliar dos coqueiros aceita-se a terceira hipótese de que N e os demais nutrientes provenientes da poda das leguminosas têm sua disponibilidade no solo aumentada, mas nem sempre isso refletiu em melhor estado nutricional do coqueiro.

- A partir dos resultados da análise de estimativa de nutrientes aportados aceita-se a hipótese que N e os demais nutrientes acumulados na biomassa das leguminosas representam benefícios econômicos no manejo dos coqueirais.

- O plantio das leguminosa, destacadamente a *G. Sepium*, em média densidade (20.000 plantas/ha) promoveu maiores teores e acúmulos de nutriente no solo.

- Mesmo realizando as adubações com a biomassa das leguminosas nos coqueiros, os teores foliares de cálcio, magnésio, nitrogênio e manganês estão com os níveis críticos baixos.

- São necessários estudos futuros para se obter mais informações sobre efeito da adubação com a biomassa das leguminosas e das densidades, tanto no acréscimo de nutrientes ao solo como na nutrição dos coqueiros.

## REFERÊNCIAS

- ACOSTA, José Alan de.; AMADO, Telmo Jorge Carneiro; SILVA, Leandro Souza da; SANTI, Anderson; WEBER, Mirla Andrade. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, p. 801-809, 2014.
- ADETUNJI, Adewole Tomiwa; NCUBE, Bongagi; MULIDZI, Reckson; LEWU, Francis Bayo. Management impact and benefit of cover crops on soil quality: A review. **Soil and Tillage Research**, [s.l], v. 204, October 2020.
- ADEKYIA, Aruna Olasekan; AGBEDE, Taiwo Michael. Effect os methods and times of poultry manure application on soil and leaf nutriente concentrations, growth and fruit yield of tomato (*Lyconpersicon esculentum* Mill). **Journal of the Saudi Society of Agroculural Sciences**, [s.l], v. 16, p. 383 – 388, 2017.
- ALFAIA, Sonia Sena. Caracterização e distribuição das formas do nitrogênio orgânico em três solos da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, [s.l], v. 36, p. 135 – 140, 2006.
- ALMEIDA, Karina de.; CAMARA, Francisco Luiz Araújo. Produtividade de biomassa e acúmulo de nutrientes em adubos verdes de verão, em cultivos solteiros e consorciados. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [s.l], v. 6, n. 2, p 55-62, 2011.
- ANSARI, Meraj Alam; CHOUDHURY, Burhan Uddin; LAYEK, Jayanta; DAS, Anup; LAL, Rattan; MISHRA, Vinay Kumar. Green manuring and crop residue management: Effect on soil organic carbon stock, aggregation, and system productivity in the foothills of Eastern Himalaya (India). **Soil Tillage Research**, [s.l], 218:105318, 2022.
- ANDRADE, B. M da. S.; SOUZA, S. F de. SANTOS, C. M. C.; MEDEIROS, S. S.; MOTA, P. S. S da.; CURADO, F. F. Uso da gliricídia (*G. sepium sepium*) para alimentação animal em Sistemas Agropecuários Sustentáveis. **Scientia Plena**, [s.l], v. 11, 2015.
- ARAGÃO, Wilson Menezes; TUPINAMBA, Evandro Almeida; ÂNGELO, Paula Cristina da Silva; RIBEIRO, Francsico Elias. **Seleção de cultivares de coqueiro para diferentes ecossistemas do Brasil**. In: QUEIROZ M.A.; GOEDERT C.O.; RAMOS, S.R.R. Recursos Genéticos e Melhoramento de plantas para o Nordeste Brasileiro. Brasília: Embrapa - SPI, 1999. p.1-24.
- ARAÚJO FILHO, João Ambrósio de. **Manejo pastoril sustentável da caatinga**. Recife, PE: Projeto Dom Helder Câmara, 2012.
- BARRETO, Antônio Carlos; FERNANDES, Marcelo Ferreira. Cultivo de *G. sepium sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n.10, p.1287-1293, 2001.
- BARRETO, Antônio Carlos; FERNANDES, Marcelo Ferreira; FILHO, Orlado Monteiro de Carvalho. **Cultivo de alamedas de gliricidia (*Gliricidia sepium*) em solos de Tabuleiros Costeiros**. Aracaju, SE: EMBRAPA, 2004.

BEEDY, Tracy Lyn; SNAPP, Sieglinde; AKINNIFESI, Festus Kehinde; SILESHI, Gudeta Weldesmaya. Impacto of *G. sepium sepium* intercropping on soil organic matter fractions in a maize-based cropping system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [s.l], v. 138, p. 139–146, 2010.

BEUTLER, Amauri Nelson; MUNARETO, Janete Denardi; GRECO, Ana Maria Fagundes; POZZEBON, Bruna Canabbari; GALON, Leandro; GUIMARÃES, Sérgio; BURG, Giovane; SCHMIDT, Marcelo Raul; DEAK, Evandro Ademir; GIACOMELI, Robson; ALVES, Gibran da Silva. Manejo do solo, palha residual e produtividade de arroz irrigado por inundação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, p. 1153-1162, 2014.

BRAUER, David; RITCHEY, Dale; BELESKY, David. Effects of lime and calcium on root development and nodulation of clovers. **Crop Science**, [s.l], v. 42, p. 1640-1646, 2002.

BREMNER, John. M. Total nitrogen. **Agronomy**, [s.l], v. 9, p. 1149-1178. 1965.

BUCHER, Carlos Alberto; BUCHER, Cássia Pereira Coelho; ARAUJO, Adelson Paulo de; SPERANDIO, Vinícius Loss. Fósforo. In: FERNANDES, Manlio Silvestre; SOUZA, Sonia Regina de; SANTOS, Leandro Azevedo. **Nutrição mineral de plantas**. 2 ed. Viçosa: Editora SBCS, 2018. p. 429.

BUZINARO, Thais Nucci; BARBOSA, José Carlos; NAHAS, Ely. Atividade microbiana do solo em pomar de laranja em resposta ao cultivo de adubos verdes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, p. 408-415, 2009.

CAMERON, K. C.; DI, H. J.; MOIR, J. L. Nitrogen losses from the soil/plant system: a review. **Annals of Applied Biology**, [s.l], v. 162, p. 145-173, 2013.

CANTARELLA, Heitor. Nitrogênio. In: NOVAIS, Roberto Ferreira; ALVAREZ, Victor Hugo; BARROS, Nairam Félix de; FONTES, Renildes Lúcio Ferreira; CANTARUTTI, Reinaldo Bertola; NEVES, Júlio César Lima. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Editora: SBCS, 2007. p.375-470

CARNEIRO, Waldete Japiassu de Oliveira.; SILVA, Carlos Alberto; MUNIZ, Joel Augusto; SAVIAN, Taciana Villela. Mineralização de nitrogênio em latossolos adubados com resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l], v. 37, p. 715-725. 2013.

CARON, Braulio Otomar; ELOY, Elder; SOUZA, Velci Queiroz de.; SCHMIDT, Denise; BALBINOT, Rafaelo; BEHLING, Alexandre; MONTEIRO, Gean Charles. Quantificação da biomassa florestal em plantios de curta rotação com diferentes espaçamentos. **Comunicata Scientiae**, [s.l], v. 6, p. 106-112, 2015.

CARVALHO FILHO, Orlando Monteiro de; DRUMOND, Marco Antônio; LANGUIDEY, Pablo Hoentsch. ***G. sepium* – leguminosa promissora para as regiões semi-áridas**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1997.

CASTRO, Castro da Silva; LOBO, Ulisses Gabriel Moura; RODRIGUES, Lucas Mateus; BACKES, Clarice; SANTOS, Alessandro José Marques. Eficiência de utilização de adubação orgânica em forrageiras tropicais. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 3, p. 48-54, 2016.

CAVALCANTE, Valéria Santos ; SANTOS, Valderan R.; NETO, Antônio L dos Santos; SANTOS, Márcio A. L.; SANTOS, Cícero G dos; COSTA, Leonardo C. Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.16, p.521–528, 2012.

CHAVES, Barbara; NEVE, Stefaan de; HOFMAN, Georges; BOECKX, Pascal; CLEEMPUT, Oswald Van. Nitrogen mineralization of vegetable root residues and green manures as related to their (bio)chemical composition. **European Journal of Agronomy**, [s.l], v. 21, p. 161-170, 2004.

CHENG, Hanting; HU, Wen; ZHOU, Xiaohui; DONG, Rongshu; LIU, Guodao; LI, Qinfen; ZHANG, Xian. Fruit Tree Legume Herb Intercropping Orchard System Is an Effective Method to Promote the Sustainability of Systems in a Karst Rocky Desertification Control Area. **Forest**, [s.l], v. 13, 1536, 2022.

CORRÊA, Eliseuda Ferreira. **Avaliação da decomposição e liberação de nutrientes da fitomassa de castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e gliricídia (*Gliricidia sepium*) em um sistema agroflorestal no Estado de Roraima**. 2005. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Sustentabilidade) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2005.

COSTA, Marlon Gomes da; GAMA-RODRIGUE, Antônio Carlos; ZAIA, Francisco Costa e GAMA-RODRIGUES, Emanuella Forestieri da. Leguminosas arbóreas para recuperação de áreas degradadas com pastagem em Conceição de Macabu, Rio de Janeiro, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, p.101- 112, 2014.

DARCH, Tegan; MCGRATH, Steven P.; LEE, Michael. R. F.; BEAUMONT, Deborah A.; BLACKWELL, Martin Stephen Alan; HORROCKS, Claire A.; EVANS, Jessica; STORKEY, Jonathan. The mineral composition of wild-type and cultivated varieties of pasture species. **Agronomy**, [s.l], v. 10, 1463, 2020.

DELFINO, Guilherme de Oliveira Argolo; SOUZA, Samuel Figueiredo de; ANDRADE, Brisa Marina da Silva; JESUS, Cosme Washington Santos de; SOUZA, Erick. Yanomani Barros; BRITO, Joelly Souza; RANGEL, José Henrique de Albuquerque; MUNIZ, Evandro Neves. Impacto da gliricídia (*Gliricidia sepium*) sob indicadores de qualidade química do solo para uso em sistemas de ILPF (Integração Lavoura-Pecuária-Floresta). In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA TABULEIROS COSTEIROS, 8, 2018, Aracaju. **Anais [...]**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2018. p.110-114.

DECHEN, Antônio Roque; NACHTIGALL, Gilmar Ribeiro; CARMELLO, Quirino Augusto de Camargo; SANTOS, Leandro Azevedo; SPERANDIO, Marcos Vinícius Loss. Micronutrientes. In: FERNANDES, Manlio Silvestre; SOUZA, Sonia Regina de; SANTOS, Leandro Azevedo. (Eds) **Nutrição mineral de plantas**. 2 ed. Viçosa: Editora SBCS, 2018. p. 429.

DOBEREINER, Johanna. Efeito da inoculação de sementeiras da *Mimosa caesalpiniaefolia* (*Mimosa caesalpinifolia*) no estabelecimento e desenvolvimento das mudas no campo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, [s.l], v.2, p.301-305, 1967.



ERENSTEIN, Olaf. Smallholder conservation farming in the tropics and sub-tropics: a guide to the development and dissemination of mulching with crop residues and cover crops. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [s.l], v.100, p.17–37, 2003.

ETENE. Coco: produção e mercado. (2021) n. 206. 13p.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recarbonization of Global Soils. 2020.

FAVERO, Claudenir; JUCKSCH, Ivo; COSTA, Lauane Monteiro; ALVARENGA, Ramon Costa; NEVES, Júlio Cesar Lima. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l], v. 24, p, 171-177, 2000.

FERNÁNDEZ, Manuel; ALAEJOS, Joaquín; ANDIVIA, Enrique; MADEJÓN Paula; DÍAZ, Manuel J.; TAPIAS, Raúl. Short rotation coppice of leguminous tree *Leucaena* spp. improves soil fertility while producing high biomass yields in Mediterranean environment. **Industrial Crops & Products**, [s.l], v. 157, 11291, 2020.

FERREIRA NETO, Miguel; HOLANDA, José Simplício de. GHEYI, Hans Raj; FOLEGATTI, Marcus Vinícius; DIAS, Nildo da Silva. Atributos químicos do solo e estado nutricional de coqueiro-anão fertigado com nitrogênio e potássio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, p 30-40, 2014.

FERREIRA, Rinaldo Luiz Caraciolo; JUNIOR, Mario de Andrade Lira; ROCHA, Mallon Sampaio da.; SANTOS, Mércia Virgínia Ferreira dos; LIRA, Mário de Andrade Lira; BARRETO, Levy Paes. Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de Mimosa caesalpiniaefolia (*Mimosa caesalpiniaefolia* benth.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, p. 7-12, 2007.

FERREIRA, Cícero Paulo; CRAVO, Manoel da Silva; FERREIRA, Eric Victor de Oliveira. Fertilizantes minerais. In: BRASIL, Edilson Carvalho; CRAVO, Manoel da Silva; VIÉGAS, Ismael de Jesus Matos. **Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará**. 2. ed. – Brasília: Editora Embrapa, 2020. p. 73-92.

FERREIRA, Leonardo Elias; SOUZA, Eliziete Pereira ; CHAVES, Arilene Franklin. Adubação verde e seu efeito sobre os atributos do solo. **Revista Verde**, Mossoró, v.7, p. 33 – 38, 2012.

FLOSS, Elmar Luiz. Benefícios da biomassa da aveia ao sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, Paso Fundo, v. 57, p. 25-29, 2000.

FONTES, Humberto Rollemberg; FERREIRA, Joana Maria Santos; SIQUEIRA, Luiz Alberto. **Sistema de produção para a cultura do coqueiro**. Aracaju:Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002. 63p.

FONTES, Humberto Rollemberg.; BARRETO, Antônio Carlos; SOBRAL, Lafayette Franco.; **Adubação verde com *G. sepium sepium* como fonte permanente de nitrogênio na cultura do coqueiro**, Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016, 7p.

GAMA-RODRIGUES, Antônio Carlos da.; GAMA-RODRIGUES, Emanuela Forestieri da; BRITO, Elio Cruz de. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em argissola vermelho-amarelo na região noroeste fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l], v. 31, 1421-1428, 2007.

GIANELLO, Clesio; CAMARGO, Flávio Anastáco de Oliveira; REICHMANN SOBRINHO, Ernani ; TEDESCO, Marino José. Avaliação da disponibilidade do nitrogênio do solo estimada por métodos químicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l], v.24, p.93-101, 2000.

GIUNTOLI, Jacopo; AGOSTINI, Alessandro; EDWARDS, Robert; MARELLI, Luisa, **Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions**: Calculated according to methodology set in COM (2016) 767. Luxemburgo:Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017.

HOFFLAND, Eliis; KUYPER, Thomas W; COMANS, Rob. N. J.; CREAMER, Rachel E. Eco-functionality of organic matter in soils. **Plant Soil**, [s.l], v. 455, p. 1-22, 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. Acessado em 1 de dezembro de 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/coco-da-baia/br>

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Municipal – Itarema**. p. 18, 2017.

INOCÊNCIO, Maykom Ferreira; CARVALHO, Janice Guedes de; NETO, Antônio Eduardo Furtini. Potássio, sódio e crescimento inicial de espécies florestais sob substituição de potássio por sódio. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.1, p.113-123, 2014.

ISMAIL, K.; ISMAIL, A. A.; HUSIN, M. A. Influence of Integrated Nutrient Management on Yield of Coconut (Cocos Nucifera) on Sandy Soils. **Asian Journal of Applied Science and Technology**, [s.l], v. 6, p. 38-49, 2022.

LEE, Hyun Ho; KIM, Sung Un; HAN, Hae Ri; HUR, Do Yeong; OWENS, Vance N.; KUMAR, Sandeep; HONG, Chang Oh. Mitigation of global warming potential and greenhouse gas intensity in arable soil with green manure as source of nitrogen. **Environmental Pollution**, [s.l], v. 288, 117724, 2021.

LEITE, Luis Fernando Carvalho; MENDONÇA, Eduardo Sá; NEVES, Júlio César Lima; MACHADO, Pedro Luiz Almeida; GALVÃO, João Carlos Cardoso. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l], v.27, p. 821-832, 2003.

LIANG, Yuzhen; DING, Yang; WANG, Pei; LU, Guining; DANG, Zhi; SHI, Zhenqing; Molecular characteristics, protón dissociation properties of soil organic matter: A theoretical study. **Science of the Total Environment**, [s.l], v, 656, p. 521-530, 2019.

LIMA, Eduardo; VITTI, Godofredo César; SANTOS, Lenadro Azevedo; CICARONE, Fernanda. Cálcio e Magnésio. In: FERNANDES, Manlio Silvestre; SOUZA, Sonia Regina de; SANTOS, Leandro Azevedo. **Nutrição mineral de plantas**. 2 ed. Viçosa: SBCS, 2018. p. 429.

LIMA, Juliana Domingues; SAKAI, Ronaldo Kazuo; ALDRIGHI, Michel. Produção de biomassa e composição química de adubos verdes cultivados no Vale do Ribeira. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, p. 709-717, 2012.

LINDSTROM, B. E. M.; FRANKOW-LINDBERG, B. E.; DAHLIN, A. S.; WIVSTAND, M.; WATSON, C. A. Micronutrient concentrations in common and novel forage species and varieties grown on two contrasting soils. **Grass and Forage Science**, [s.l.], v. 68, p. 427-436. 2012.

LINS, Paulo Manoel Pontes; VIÉGAS, Ismael de Jesus Matos. **Adubação do Coqueiro no Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 28p.

LINS, Paulo Manoel Pontes; VIEGAS, Ismael de Jesus Matos; FERREIRA, Eric Victor de Oliveira. Nutrition and production of coconut palm cultivated with mineral fertilization in the state of Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 43, n. 3: (e-113), 2021.

LIRA, Ingrid da Costa. **Decomposição de resíduos de leguminosas arbóreo-arbustivas e liberação de nutrientes no solo**. 2021. 46f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

KABA, James Seutra; ZERBE, Stefan; AGNOLUCCI, Monica; SCANDELLARI, Francesca; ABUNYEWA, Akwasi A.; GIOVANNETTI, Manuela.; TAGLIAVIONI, Massimo. Atmospheric nitrogen fixation by gliricidia trees (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.) intercropped with cocoa (*Theobroma cacao* L.). **Plant Soil**, [s.l.], v. 435, p. 323-336, 2019.

KASPER, Stephanie; CHRISTOFFERSEN, Bradley; SOTI, Pushpa; RACELIS, Alexis. Abiotic and Biotic Limitations to Nodulation by Leguminous Cover Crops in South Texas. **Agriculture**, [s.l.], v. 9, p. 209, 2019.

KHATOUNIAN, Carlos Armênio. **A Reconstrução Ecológica da Agricultura**. São Paulo: Livraria e Editora Agroecológica, 2001. 345p.

KORNDORFER, Gaspar Henrique; SOUZA, Sonia Regina de. Elementos benéficos. . In: FERNANDES, Manlio Silvestre; SOUZA, Sonia Regina de; SANTOS, Leandro Azevedo. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2018. p. 429.

MAFRA, Álvaro Luiz.; GUEDES, Sulamita Fátima Figueiredo; FILHO, Osmar Klauberg; SANTOS, Júlio César Pires; ALMEIDA, Jaime Antônio; ROSA, Jaqueline Dalla. Carbono orgânico e atributos químicos do solo em áreas florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, p. 217-224, 2008.

MALAVOLTA, Eurípedes; VITTI, Godofredo César.; OLIVEIRA, Sebastião Alberto de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MALUF, Henrique José Guimarães Moreira; SOARES, Emanuelle Mercês Barros; SILVA, Ivo Ribeiro da; NEVES, Júlio César Lima; SILVA, Lucas de Oliveira Guimarães. Decomposição de resíduos de culturas e mineralização de nutrientes em solos com diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l], v. 39, p. 1681 – 1689, 2015.

MARIA, Isabella Clerici de Maria; BERTOL, Ildergardis; DRUGOWICH, Mario Ivo. Práticas conservacionistas do solo e da água. In: BERTOL, Ildergardis.; MARIA, Isabella Clerici de; SOUZA, Lucas Silva. **Manejo e Conservação do Solo e da Água**. Viçosa:SBCS, 2019. p. 527-588.

MARIN, Aldrin Martin Pérez; MENEZES, Rômulo Simões César; SILVA, Emanuel Dias; SAMPAIO, Everardo Valadares de Sá Barreto. Efeito da *G. sepium sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistemas agroflorestal no agreste paraibano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l], v. 30, p.555-564, 2006.

MARINHO, Francisco José Loureiro; GHEYI, Hans R.; FERNANDES, Pedro Dantas; NETO, Miguel Ferreira. Alterações fisiológicas em coqueiro irrigado com água salina. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, Suplemento, p.370-374, 2005.

MARSCHNER, Horst. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 2012. 654 p.

MARTINS, Carlos Roberto; JESUS JÚNIOR, Luciano Alves. **Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio internacional: panorama 2014**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2014.

MATIAS, Sammy Sidney Rocha; AQUINO, Boanerges Freire de.; FREITAS, José de Arimatéia Duarte de.; HERNANDEZ, Fernando Felipe Ferreyra. Análise foliar de coqueiro anão em duas épocas diferentes em relação a doses de nitrogênio e potássio. **Revista Ciência Agrônômica**, [s.l], v.37, n.3, p.264-269, 2006.

MATIAS, Sammy Sidney Rocha; AQUINO, Boanerges Freire de; FREITAS José Arimatéia Duarte de. Crescimento e produção de coqueiro anão verde fertirrigado com nitrogênio e potássio. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.11, p.141-148, 2010.

MENDES, Marília Malta Cavalcante; CHAVES, Lúcia de Fátima de Carvalho; NETO, Tarcísio Pio Pontes; SILVA, José Antônio Aleixo da; FIGUEIREDO, Márcia do Vale Barreto. Crescimento e sobrevivência de muda de sabiá ( *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) inoculadas com micro-organismos simniontes em condições de campo. **Ciência Florestal**, [s.l], v. 23, p. 309-320, 2013.

MENDONÇA, Eduardo de. Sá; MATOS, Eduardo da. Silva. **Matéria Orgânica do Solo: Métodos de Análises**. Viçosa, MG: UFV-Gefert, 2017. p. 221

MENEGHIN, Maria Fernanda Scian; RAMOS, Maria Lucrecia Gerosa; OLIVEIRA, Sebastião Alberto de; JUNIOR, Walter Quadros Ribeiro; AMABILE, Renato Fernando. Avaliação da disponibilidade de nitrogênio no solo para o trigo em Latossolo Vermelho do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l], v. 32, p. 1941-1948, 2008.

MINASNY, Budiman; MALONE, Brendan. P.; MCBRATNEY, Alex. B.; ANGERS, Denis A.; ARROUAYS, Dominique; CHAMBERS, Adam; CHAPLOT, Vicent; CHEN, Zueng-Sang; CHENG, Kun; DAS, Bhabani S.; FIELD, Damien J.; GIMONA, Alessandro; HEDLEY, Caroly B.; HONG, Suk Young; MANDAL, Biswapati; MARCHANT, Ben P.; MARTIN, Manuel.; MCCONKEY, Brian G.; MULDER, Vera Leatita; O'ROURKE, Sharon; FORGES, Anne C. Richer de; ODEH, Inakwu; PADARIAN, José; PAUSTIAN, Keith; PAN, Genxing; POGGIO, Laura; SAVIN, Igor; STOLBOVOY, Vladimir; STOCKMANN, Uta; SULAEMAN, Yiyi; TSUI, Chun-Chih.; VAGEN, Tor-Gunnar; WESEMAEL, Bas van; WINOWIECKI, Leigh. Soil carbon 4 per mille. **Geoderma**, [s.l], v. 292, p.59-86, 2017.

MOTA, Alan Roger Pimenta; CARDOSO, Manuel Egídio Santos; SANTOS, Diego Henrique. Erosão e conservação dos solos na microbacia do córrego do veado. **Colloquium Agrariae**, [s.l], v. 4, p. 09-17, 2008.

MOHAMMADI, Khosro; KHALESRO, Shiva; SOHRABI, Yousef; HEIDARI, Gholamreza. A review: beneficial effects of the mycorrhizal fungi for plant growth. **Journal of Applied Environmental and Biological Sciences**, [s.l], v. 1, p. 310-319, 2011.

NASCIMENTO, Daniel Ferreira do.; LELES, Paulo Sérgio dos Santos; NETO, Sílvio Nolasco de Oliveira; MOREIRA, Rodrigo Teixeira Soares; ALONSO, Jorge Makhlouta. Crescimento inicial de seis espécies florestais em diferentes espaçamentos. **Cerne**, Lavras, v. 18, p. 159-165, 2012.

NASCIMENTO, Willian de Lima. **Biometria e estado nutricional de plantas de coqueiro com um ano de idade, em função da adubação de N, P, K e Mg**. 86f. 2021. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Capanema, 2021.

NEGREIROS, Daniel; MORAES, Mateus Lana Borges; FERNANDES, Geraldo Wilson. Caracterização da fertilidade dos solos de quatro leguminosas de campos rupestres, Serra do Cipó, MG, Brasil. **Revista de la Ciencia Del Suelo y Nutrición Vegetal**, [s.l], v. 8, p. 30-39, 2008.

NETO, Miguel Ferreira. **Doses de N e K aplicadas vias fertirrigação na cultura do coqueiro (*cocos nucifera* L.) anão**. 2005. 119f. Tese (doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

NETO, Miguel Ferreira; HOLANDA, José Simplício de; GHEYI, Hans Raj; FOLEGATTI, Marcus Vinícius; DIAS, Nildo da Silva. Atributos químicos do solo e estado nutricional de coqueiro-anão fertigado com nitrogênio e potássio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 30 – 40, 2014.

NÓBREGA, Camila C da.; ARAÚJO, Luan H. B de.; CARVALHO, Mary A. B de.; BEZERRA, Rafaela. M. R.; SILVA, Gualter C da.; SILVA, Jucier M de. S.; OLIVEIRA, Ermelinda M. M. **Produção e distribuição de biomassa de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. em resposta à adubação**. VIII Simpósio Brasileiro de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Recife-PE. 2014.

NOGUEIRA, Natália Oliveira; OLIVEIRA, Onair Mendes de; MARTINS, Camila Aparecida Silva; BERNARDES, Carolina de Oliveira. Utilização de leguminosas para recuperação de áreas degradadas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.8, p. 2121-2131, 2012.

NZEYIMANA, Innocent; HARTEMINK, Alfred Eduard; RITSEMA, Coen; STROOSNIJDER, Leo; LWANGA, Esperanza Huerta; GEISSEN, Viollete. Mulching as a strategy to improve soil properties and reduce soil erodibility in coffee farmin systems of Rwanda. **Catena**, [s.l],v. 149, p. 43–51, 2017.

OLIVEIRA, Sebastião Alberto de. Avaliação da disponibilidade de nitrogênio no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l], v. 24, p. 131-148, 1989.

OLIVEIRA, Fábio Alavares de.; CARMELLO, Quirino Augusto de. Camargo; MASCARENHAS, Hipólito Assunção Antônio. Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa-de-vegetação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, p. 329-335, 2001.

OLIVEIRA, F. R. A de.; SOUZA, H. A de.; CARVALHO, M. A. R de.; COSTA, M. C. G. Green fertilization with residues of leguminous tressa for cultivating maize in degraded soil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 4, p. 798 – 807, 2018.

OLIVEIRA, Fábio Luiz de.; GOSCH, Carmem Isabel Lopes; GOSCH, Marcelo Scolari; MASSAD, Madrid Dutra. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes, e decomposição de leguminosas utilizadas para a adubação verde. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Revife v. 5, p. 503-508, 2010.

OUVRIER, Maurice. Evolution de la composition minérale du cocotier hybride PB 121 au jeune âge. **Oléagineux**, [s.l], v.45, p.69- 80, 1990.

PAULA, Patrícia Diniz de; CAMPELLO, Eduardo Francia Carneiro; GUERRA, José Guilherme Marinho; SANTOS, Gabriel de Araújo; RESENDE, Alexandre Silva de. Decomposição das podas das leguminosas arbóreas *G. sepium sepium* e *Acacia angustissima* em um sistema agroflorestal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, p. 791-800, 2015.

PAULINO, Gleícia Miranda; ALVES, Bruno José Rodrigues; BARROSO, Deborah Guerra; URQUIAGA, Segundo; ESPINDOLA, José Antônio Azevedo. Fixação biológica e transferência de nitrogênio por leguminosas em pomar orgânico de mangueira e gravioleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, p.1598-1607, 2009.

PEREIRA, Juliana Sousa; RODRIGUES, Sílvio Carlos. Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 13, p. 102-110, 2012.

PEREIRA, Tiago A.; SOUTO, Lauter Silva; SÁ, Francisco Vanies da Silva; DUTRA FILHO, João A; SOUZA, TARSO Moreno A de.; PAIVA, Emanuela Pereira de. Growth and production of dwarf coconut in saline-sodic soil under doses of potassium sulfate. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l], v. 21, p. 454-458, 2017.

PERIN, Adriano; SANTOS, Ricardo Henrique Silva; CABALLERO, Segundo Sacramento Urquiaga; GUERRA, José Guilherme Marinho; GUSMÃO, Luiz Antônio. Acúmulo e

liberação de P, K, Ca e Mg em cotralária e milheto solteiros e consorciados. **Ceres**, Viçosa, v. 57, p. 274-281, 2010.

PETREIRE, Vanderlise Giongo; CUNHA, Tony Jarbas Ferreira. **Cultivo da videira: manejo e conservação do solo**. Brasília: Embrapa, 2010.

PIRHOFER-WALZL, Karin; SOEGAARD, K.; HOGH-JENSEN, H.; ERIKSEN, J.; SANDERSON, M.A.; RASMUSSEN, J. Forage herbs improve mineral composition of grassland herbage. **Grass and Forage Science**, [s.l.], v. 66, p. 415-423, 2011.

QUEIROZ, Luciano Rodrigues; COELHO, Fábio Cunha; BARROSO, Deborah Guerra; QUEIROZ, Valéria Aparecida Vieira. Avaliação da produtividade de fitomassa e acúmulo de N, P e K em leguminosas arbóreas no sistema de aleias, em Campos dos Goytacazes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, p.383-390, 2007.

RAO, Manchanahalli Ramakrishna Satyanarayana; MATHUVA, Moses N. Legumes for improving maize yields and income in semi-arid Kenya. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [s.l.], v.78, p. 123–137, 2000.

RAMOS-TREJO, Olivier Santiago.; CANUL-SOLÍS, Jorge Rodolfo; ALVARADO-CANCHÉ, Azucena del R.; CASTILLO-SÁNCHEZ, Luis Enrique; SANDOVAL-GIO, Juan José; CAMPOS-NAVARRETE, Maria Jose; PINEIRO-VÁZQUEZ, Angel Trinidad; CHAY-CANUL, Alfonso Juventino; LUGO, Fernando Casanova. Growth, forage yield and quality of *Morus alba* L. and *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. in mixed and pure fodder bank systems in Yucatan, México. **Agroforestry Systems**, [s.l.], v. 94, p.151-157, 2020.

RANGEL, José Henrique de Albuquerque; MUNIZ, E. N.; SÁ, C. O de.; SÁ, J. L de. **Implantação e manejo de legumineira com gliricídia (*G. sepium sepium*)**. Aracaju:EMBRAPA, 2011. 5p.

RANJBAR, Faranak; JALALI, Mohsen. Calcium, magnesium, sodium and potassium release during decomposition of some organic residues. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, [s.l.], v. 43, p. 645-659, 2012.

RAVEENDRA, S. A. A. T.; NISSANKA, S. P.; SOMASUNDARAM, Deepakrishna.; ATAPATTU, A. J.; MENSAH, S. Coconut-gliricidia mixed cropping systems improve soil nutrients in dry and wet regions of Sri Lanka. **Agroforestry Systems**, [s.l.], v. 95, p. 307-319, 2021.

RIBASKI, Jorge; LIMA, Paulo César Fernandes; OLIVEIRA, Visêdo Ribeiro de; DRUMOND, Marcos Antônio. **Mimosa caesalpiniaefolia (*Mimosa caesalpiniaefolia*)** **Árvore de múltiplo uso no Brasil**. Colombo:Embrapa. 2003. 4p.

RIBEIRO, Guilherme; MONNERAT, Pedro Henrique; CAMPANHARO, Marcela; RABELLO, Wanderson Souza. Adubação potássica aplicada na axila foliar e no solo em coqueiro anão verde. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n.1, p. 068-075, 2016.

ROCHA, Felizardo; MARTINEZ, Mauro A.; MATOS, Antônio T.; CANTARUTTI, Reinaldo B; SILVA, Joseane O. da. Modelo numérico do transporte de nitrogênio no solo. Parte II:

Reações biológicas durante a lixiviação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, p.54– 61, 2008.

RODRIGUES, Maria do Rosário Lobato; MALAVOLTA, Eurípedes; CHAILLARD, Hubert. La fumure du palmier à huile em Amazonie centrale brésilienne. **Plantations, recherche, développement**, [s.l], v. 4, p. 392 – 400, 1997.

ROSA, Gustavo Nogueira Guedes Pereira. **Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do coqueiro**. 2002. 88f. Tese.(Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

SÁ, Cristiane Otto de; SÁ, José Luiz de.; RANGEL, Jospe Henrique de Albuquerque; MUNIZ, Evandro Neves. **Glirícidia formas de plantio e cultivo**. Aracaju:Embrapa Tabuleiro Costeiros, 2012. 2p.

SALDANHA, Eduardo César Medeiros; JÚNIOR, Mário Lopes da Silva; OKUMURA, Ricardo Shigueru; WADT, Paulo Guilherme Salvador. Normas DRIS para a cultura do coqueiro híbrido no estado do Pará. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 4, p. 99-109, 2015.

SALTON, Júlio Cesar; MIELNICZUK, João; BAYER, Cimélio; FABRÍCIO, Amoacy Carvalho; MACEDO, Manuel Cláudio Motta; BROCH, Dirceu Luiz. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n. 10, v.46, p.1349-1356, 2011.

SANDHYA RANI, Y.; JAMUNA, P.; TRIVENI, U.; PATRO, T. S. S.; ANURADHA, N. Effect of *in situ* incorporation of legume green manure crops on nutrient bioavailability, productivity and uptake of maize. **Journal of Plant Nutrition**, [s.l], v. 45, n. 7, p.1004–1016, 2022.

SANTOS, Waneska dos. **Biomassa e extração de nutrientes por leguminosas em manejo convencional e agroecológico**. 2019. 48f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas, Arapiraca, 2019.

SCHIMIDT, Angela; MAIA, Emanuel; MODRO, Anna Frida Hatsue; DALAZEN, Ana Paula. Crescimento da gliricídia em sistema agroflorestral utilizando estacas e mudas. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS,10., 2016, Cuiabá. **Anais[...]** 2016, Cuiabá-MT, 2016.

SERRA, Desirée. Duarte. **Avaliação da disponibilidade de nitrogênio para milho (Zea mays) em solo do Distrito Federal**. 2006. 105f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade de Brasília, Brasília. 2006.

SILVA, Jônatas Pedro da; TEIXEIRA, Rafael da Silva; SILVA, Ivo Ribeiro da .; SOARES, Emanuelle Mercedes Barros; LIMA, Augusto Miguel Nascimento. Decomposition and nutriente release from legume and non-legume residues in a tropical soil. **European Journal of Soil Science**, [s.l], v. 73, n. 1, e13151, 2022.

SILVA, Davi José; FARLA, Clementino Marcos Batista de. **Amostragem foliar de coqueiro e distribuição de fertilizantes**. Petrolina, PE: EMBRAPA, 2001. 2 p.



SILVA, Ricardo Alencar da; CAVALCANTE, Lourival Ferreira; PAES, Reinaldo de Alencar; HOLANDA, José Simplício de; CAMASSETTO, Fernanda. Avaliação do estado nutricional do coqueiro anão verde fertirrigado com nitrogênio e potássio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n.4, p.17-28, 2009.

SILVA, Mayesse Aparecida da; SILVA, Marx Leandro Naves, CURI, Nilton, AVANZI, Junior Cesar, LEITE, Fernando Palha. Sistemas de manejo em plantios florestais de eucalipto e perdas de solo e água na região do Vale do Rio Doce, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4 p. 765–776, 2011.

SILVA, André Barbosa; JUNIOR, Mário Andrade Lira; JUNIOR, José Carlos Batista Dubeux; FIGUEIREDO, Márcia do Vale Barreto; VICENTIN, Rayssa Pereira. Estoque de serapilheira e fertilidade do solo em pastagem de *Brachiaria decumbens* após implantação de leguminosas arbustivas e arbóreas forrageiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 2, p.502-511, 2013.

SILVA, Pedro Luan Ferreira da; OLIVEIRA, Flávio Pereira de; PEREIRA, Walter Esfrain; BORBA, José Otávio de Moraes; TAVARES, Danilo Dutra; SANTOS, T. E. D.; MARTINS, Adriana Ferreira. Estoques de carbono e retenção hídrica em biomassa de gramíneas no agreste da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, [s.l], v. 13, n. 2, p. 155-167, 2019.

SOBRAL, Lafayette Franco; SANTOS, Zorilda Gomes dos. **Sistema de recomendações de fertilizantes para o coqueiro (*Cocos nucifera* L.) com base na análise foliar**. Brasília:EMBRAPA, 1987. 23p.

SOBRAL, Lafayette Franco; NOGUEIRA, Luis Carlos. Influência de nitrogênio e potássio, via fertirrigação, em atributos do solo, níveis críticos foliares e produção do coqueiro- anão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l], v. 32, n.4, p. 1675-1682, 2008.

SOBRAL, Lafayette Franco; FREITAS, José de Arimateia Duarte de; HOLANDA, José Simplício de.; FONTES, Humberto Rollemberg; CUENCA, Manuel Alberto Gutierrez; RESENDE, Ronaldo Souza. Coqueiro-Anão Verde. In: CRISÓSTOMOS, Lindbergue Araújo; NAUMOV, Alexey (org). **Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil**. Fortaleza:EMBRAPA, 2009. p. 89-101.

SOBRAL, Lafayette. Franco.; BARROS, Inácio de. Nutrição e adubação. In: FERRERA, Joana Maria Santos; WARWICK, Dulce Regina Nunes; SIQUEIRA, Luiz Alberto. (org) **A cultura do coqueiro no Brasil**. 3 ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 508 p.

SOBRAL, Lafayette Franco; BARRETO, Marcos Cabral de Vasconcellos; SILVA, José da Silva; ANJOS, Joézio Luiz dos. **Guia prático para interpretação de resultados de análise de solo**. Aracaju: EMBRAPA, 2015. 13p.

SOBRINHO, Ernani Reichmann. **Seleção de métodos de laboratório para avaliação do nitrogênio orgânico do solo potencialmente disponível para as plantas**. 1989. 118f. Dissertação (Mestrado em Solos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1989.

SOLANGI, Abdul Hameed; MAL, Bhugro; KAZMI, A. R.; IQBAL, M. Zafara. Preliminary studies on the major characteristic, agronomic, feature and nutrient value of *Gliricidia Sepium* in coconut plantation of Pakistan. **Pakistan Journal of Botany**, [s.l], v. 42, n. 2, p. 825-832, 2010.

SOUSA, Djalma Martinhão Gomes de; LOBATO, Erica. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: EMBRAPA, 2004. 416p.

STONE, Luís Fernando; SILVEIRA, Pedro Marques. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l], v.25, p.395-401, 2001.

STEVENSON, F.J.; COLE M.A. **Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons. p.448. 1999.

SUBRAMANIAN, P.; DHANAPAL, R.; SANIL, P.; PALANISWAMI, C.; SAIRAM, C. V.; MAHESWARAPPA, H. P. *Gliricidia sepium* as green manure in improving soil fertility and productivity of coconut under coastal littoral sandy soil. **Journal of Plantation Crops**, [s.l], v. 28, n. 3 p. 179-183, 2005.

TAVARES, Silvio Roberto de Lucena; FRANCO, Avílio Antônio; SILVA, Eliane Maria Ribeiro. Produção de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth noduladas e micorrizadas em diferentes substratos. **Holos**, [s.l], v. 7, p. 231 – 241, 2016.

TEDESCO, Marino José; GIANELLO, Clésio; BISSANI, Carlos Alberto; BOHNEN, Humberto & VOLKWEISS, Sérgio Jorge. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p.

TEIXEIRA, Luiz Antônio Junqueira; BATAGLIA, Ondino Cleante; BUZETTI, Salatiér; JUNIOR, Enes Furlani; ISEPON, Jacira dos Santos. Adubação com NPK em coqueiro-anão-verde (*Cocos nucifera* L.) rendimento e qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 120-123, 2005.

TEIXEIRA, Renato Alves; SOARES, Tatiana Gazel; FERNANDES, Antônio Rodrigues; BRAZ, Anderson Martins de Souza. Grasses and legumes as cover crops in no-tillage system in northeastern Pará Brazil. **Acta Amazonica**, [s.l], v. 44, n. 4, p. 411 – 418, 2014.

TEIXEIRA, Paulo César; DONAGEMMA, Guilherme Kangussu; FONTANA, Ademir; TEIXEIRA, Wenceslau Geraldes. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília: Embrapa, 2017. p.

TEJADA, Manuel; GONZALEZ, José Luis; GARCÍA-MARTÍNEZ, Ana Maria; PARRADO RUBIO, Juan. Effects os diferente green manures on soil biological properties and maize yield. **Bioresource Technology**, [s.l], v.99, n. 6, p. 1758–1767, 2008.

WADT, Paulo Guilherme Salvador; SALDANHA, Eduardo César Medeiros; SILVA JÚNIOR, Mário Lopes da; LINS, Paulo Manoel Pontes. Recomendação de calagem a adubação na cultura do coqueiro (*Cocos nucifera*) na Amazônia. In: Workshop de cadeias de produção agroflorestal prioritárias da Amazônia, 1., 2021, Porto Velho. Caminhos da

produção agroflorestal na Amazônia: **anais [...]** Porto Velho: Núcleo Regional Noroeste SBCS, 2021.

WARING, S.A.; BREMNER, J.M. Ammonium production in soil under no-tillage conditions and an index of nitrogen availability. **Nature**, [s.l.], v. 201, p. 951-952, 1964.

WEBER, Mirla Andrade; MIELNICZUK, João. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 33, p. 429-437, 2009.

WILLY, Daniel Kyalo; ZHUNUSIVA, Eliza; HOLM-MULLER, Karin. Estimating the joint effect of multiple soil conservation practices: A case study of smallholder farmers in the Lake Naivasha basin, Kenya. **Land Use Policy**, [s.l.], v. 39, p. 177-187, 2014.

XIAO, Kongcao; LI, Dejun; LI, Wen; YANG, Liqiong; LUO, Pan; CHEN, Hao; WANG, Kelin. Dynamics of soil nitrogen availability during post-agricultural succession in a karst region, southwest China. **Geoderma**, [s.l.], v. 314, p. 184-189, 2018.

YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications Soil Science and Plant Analysis**, [s.l.], v.19, p.1467-1476, 1988.

YOUSAF, M., LI, J.F., LU, J.W., REN, T., CONG, R.H., FAHAD, S., LI, X.K., 2017. Effects of fertilization on crop production and nutrient-supplying capacity under rice- oilseed rape rotation system. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 7, p. 1-9, 2017.

ZHANG, Yujiao; WANG, Shulan; WANG, Hao; WANG, Rui; WANG, Xiaoli; Li, Jun. Crop yield and soil properties of dryland winter wheat-spring maize rotation in response to 10-year fertilization and conservation tillage practices on the Loess Plateau. **Field Crops Research**, [s.l.], v. 225, p. 170-179, 2018.

## ANEXO A - DESCRIÇÃO GERAL E CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DO PERFIL 1

*Data:* 20/02/2020

*Localização:* Itarema-Ce.

*Situação:* Terço superior da paisagem.

*Classificação:* Neossolo Quartzarênico.

*Geologia:* Sedimento.

*Material de Origem:* Sedimento do Grupo Barreira.

*Uso atual:* Plantio de coqueiros.

*Clima:* Tropical.

*Relevo:* Plano a suave ondulado.

*Drenagem:* Forte a excessivamente

*Pedregosidade:* Não pedregosa.

*Rochosidade:* Não rochosa.

*Erosão:* Não aparente.

*Descrito e coletado por* – Gilcivan Moreira, Daniel Pontes e Rafaela Batista

Ap1 0-14cm; Bruno muito escuro (7,5YR 2,5/2, úmido) Areia franca; grão simples; muitos poros; solto (úmido); não plástico e não pegajoso; transição clara.

Ap2 14-26 cm; Bruno muito escuro (7,5YR 2,5/3, úmido) Areia franca; grão simples; muitos poros; solto (úmido); não plástico e não pegajoso; transição clara.

C<sub>1</sub> 26-59 cm; Bruno claro (7,5YR 6/4, úmido) Areia franca; grão simples; muitos poros; solto (úmido) não plástico e não pegajoso; transição gradual.

C<sub>2</sub> 59 – 92 cm; Bruno claro (7,5YR 6/3, úmido) Areia franca; grão simples; muitos poros; solto (úmido); não plástico e não pegajoso; transição gradual.

C<sub>3</sub> 92-164 cm; Cinzento rosado (7,5YR 7/2, úmido) Areia franca; grão simples; muitos poros, solto (úmido); não plástico e não pegajoso; transição gradual.

C<sub>4</sub> 164-196 cm +; Branco (7,5YR 8/1, úmido); presença de mosqueados (pouco) (5YR 5/8) Franco arenosa; maciça; poros comuns; solto (úmido); ligeiramente plástico e não pegajoso; transição clara.

Obs. Raízes muitas no horizonte Ap<sub>1</sub> e Ap<sub>2</sub>. Raízes comuns nos horizontes C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>.

## ANEXO B – ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA DO PERFIL 1

Perfil 1	Prof.	Areia	Silte	Argila	P	C	N
Hor.	cm	%	mg kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>
Ap1	0-14	93,2	2,6	4,0	8,19	19,25	0,59
Ap2	14-26	93,7	2,5	3,7	2,36	16,51	0,46
C1	26-59	96,2	1,93	1,8	2,47	11,96	0,13
C2	59-92	95,1	4,0	0,7	4,23	12,41	0,12
C3	92-164	92,2	2,7	5,0	0,99	12,58	0,07
C4	164-196 +	89,2	2,1	8,6	0,54	11,13	0,07

Perfil 1	pH	Ca	Mg	Na	K	SB	H+Al	CTC	PST
Hor.		-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----							%
Ap1	5,33	0,55	0,38	0,07	0,09	1,09	4,35	5,44	1,28
Ap2	5,59	0,58	0,12	0,07	0,07	0,84	3,44	4,28	1,63
C1	5,45	0,04	0,05	0,07	0,05	0,21	2,12	2,33	3,00
C2	5,77	-	0,07	0,07	0,05	0,19	2,23	2,42	2,89
C3	5,62	-	0,03	0,07	0,08	0,18	2,35	2,53	2,76
C4	5,34	-	-	0,08	0,08	0,16	2,58	2,74	2,91

## ANEXO C - DESCRIÇÃO GERAL E CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DO PERFIL 2

*Localização:* Itarema-Ce.

*Data:* 20/02/2020

*Situação:* Terço inferior da paisagem.

*Classificação:* Neossolo Quartzarênico.

*Geologia:* Sedimento.

*Material de Origem:* Sedimento do Grupo Barreira.

*Uso atual:* Plantio de coqueiros.

*Clima:* Tropical.

*Relevo:* Plano/ Suave Ondulado.

*Drenagem:* Forte.

*Pedregosidade:* Não pedregosa.

*Rochosidade:* Não rochosa.

*Erosão:* Não aparente.

*Descrito e coletado por* – Gilcivan Moreira, Daniel Pontes e Rafaela Batista

Ap1 0-5 cm; Bruno escuro (7,5YR 4/1, úmido) Areia franca; grão simples; muitos poros; não plástico e não pegajoso; transição clara e plana.

Ap2 5-16 cm; Bruno (7,5YR 5/2, úmido) Areia franca; grão simples; muitos poros; não plástico e não pegajoso; transição gradual.

C<sub>1</sub> 16-33 cm; Bruno-claro (7,5YR 6/3, úmido) Areia franca; grão simples; muitos poros; não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.

C<sub>2</sub> 33 – 105 cm; Bruno-claro (7,5YR 6/3, úmido) Areia franca; grão simples; muitos poros; não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.

C<sub>3</sub> 105-139 + cm; Cinzento esverdeado claro (7,5YR 6/2, úmido) Franco arenosa; grão simples; poros comuns; não plástico e não pegajoso, transição gradual e plana.

Obs. Raízes muitas nos horizontes Ap<sub>1</sub>, Ap<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>. Raízes comuns no horizonte C<sub>3</sub>.

- No horizonte C<sub>2</sub> as raízes se concentram na parte superior

- Presença de lençol freático a partir de 139 cm de profundidade.

## ANEXO D – ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA DO PERFIL 2

Perfil 2	Prof.	Areia	Silte	Argila	P	C	N
Hor.	cm	%	mg kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>
Ap1	0-5	94,3	2,2	3,4	27,14	17,87	0,39
Ap2	5-16	94,8	2,1	2,9	7,71	13,80	0,23
C1	16-33	95,3	1,4	3,2	1,42	12,32	0,13
C2	33-105	93,7	1,6	4,5	0,58	13,77	0,10
C3	105-139+	92,4	2,6	4,9	0,64	11,98	0,10

Perfil 2	pH	Ca	Mg	Na	K	SB	H+Al	CTC	PST
Hor.		-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----							%
Ap1	5,43	0,71	0,39	0,07	0,12	1,29	3,6	4,89	1,43
Ap2	5,42	0,53	0,19	0,06	0,09	0,87	3,5	4,37	1,37
C1	6,43	0,61	0,02	0,06	0,05	0,74	1,9	2,64	2,27
C2	6,29	0,23	-	0,06	0,06	0,35	2,5	2,85	2,10
C3	5,82	0,19	-	0,07	0,07	0,35	2,1	2,45	2,85

**ANEXO E – QUADRO RESUMO DA ANOVA DOS VALORES DE BIOMASSA E ACÚMULO DE NUTRIENTES NAS LEGUMINOSAS NO CICLO 1 E CICLO 2**

Tratamentos	NaCl (kg ha <sup>-1</sup> )	KCl (kg ha <sup>-1</sup> )	MgCl (kg ha <sup>-1</sup> )
	F crítico		
Bloco	0,4441	0,1471	0,2909
Espécie	0,4255	0,3344	0,1556
Densidade	0,0514	0,3031	0,0308
Espécie x Densidade	0,0037	0,0042	0,6656
CV	13%	45%	39%

Tratamentos	CaCl (kg ha <sup>-1</sup> )	C1 (kg ha <sup>-1</sup> )	NC1 (kg ha <sup>-1</sup> )
	F crítico		
Bloco	0,3678	0,4006	0,0717
Espécie	0,3481	0,0472	0,6276
Densidade	0,0277	0,0462	0,0359
Espécie x Densidade	0,0044	0,5803	0,5212
CV	42%	37%	38%

Tratamentos	PC1 (g ha <sup>-1</sup> )	ZnCl (g ha <sup>-1</sup> )	CuCl (g ha <sup>-1</sup> )
	F crítico		
Bloco	0,3738	0,1368	0,7518
Espécie	0,1284	0,0692	0,2667
Densidade	0,0496	0,1548	0,0721
Espécie x Densidade	0,5997	0,4826	0,1238
CV	35%	50%	39%

Tratamentos	FeCl (g ha <sup>-1</sup> )	C2 (kg ha <sup>-1</sup> )	NaC2 (kg ha <sup>-1</sup> )
	F crítico		
Bloco	0,2229	0,7743	0,8693
Espécie	0,0588	0,1563	0,0038
Densidade	0,2967	0,4827	0,5916
Espécie x Densidade	0,0048	0,4251	0,3516
CV	40%	25%	16%

Tratamentos	KC2 (kg ha <sup>-1</sup> )	CaC2 (kg ha <sup>-1</sup> )	MgC2 (kg ha <sup>-1</sup> )
	F crítico		
Bloco	0,6617	0,5004	0,9673
Espécie	<.0001	<.0001	<.0001
Densidade	0,6489	0,2258	0,7543
Espécie x Densidade	0,8154	0,0008	0,0987
CV	23%	20%	31%



Tratamentos	NC2 (kg ha <sup>-1</sup> )	PC2 (kg ha <sup>-1</sup> )	ZnC2 (g ha <sup>-1</sup> )
	F crítico		
Bloco	0,7092	0,8010	0,8047
Espécie	<,0001	0,0738	0,3846
Densidade	0,3328	0,4380	0,6913
Espécie x Densidade	0,7847	0,4379	0,8187
CV	13%	27%	34%

Tratamentos	CuC2 (g ha <sup>-1</sup> )	FeC2 (g ha <sup>-1</sup> )	MnC2 (g ha <sup>-1</sup> )
	F crítico		
Bloco	0,6987	0,9283	0,6696
Espécie	0,1538	<.0001	0,1750
Densidade	0,6198	0,0023	0,7290
Espécie x Densidade	0,7159	0,8742	0,0290
CV	41%	30%	31%

Tratamentos	MF C1	MS C1
	F crítico	
Bloco	0,2656	0,4214
Espécie	0,0004	0,0620
Densidade	0,0032	0,0499
Espécie x Densidade	0,0183	0,5788
CV	11%	37%

Tratamentos	MF C2	MS C2
	F crítico	
Bloco	0,8943	0,8688
Espécie	<,0001	0,0450
Densidade	0,6874	0,7732
Espécie x Densidade	0,5083	0,5632
CV	24%	25%

**ANEXO F – QUADRO RESUMO DA ANOVA DOS ATRIBUTOS DO SOLO NO  
CICLO 1 E CICLO 2**

Tratamentos	Ciclo 1		Ciclo 2	
	Na (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		Na (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	
	0-20	20-40	0-20	20-40
	F crítico			
Bloco	0,1934	0,07	0,4437	0,5493
Espécie	0,0188	<0,001	0,4312	0,0553
Densidade	<0,001	0,0090	0,1640	0,0663
Espécie x Densidade	0,19	0,3541	0,0289	0,8922
CV	20%	19%	35%	9%

Tratamentos	Ciclo 1		Ciclo 2	
	K (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		K (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	
	0-20	20-40	0-20	20-40
	F crítico			
Bloco	0,2068	0,9851	0,7418	0,8545
Espécie	0,0439	0,0033	0,0040	0,0006
Densidade	0,0009	0,1388	0,0011	0,0047
Espécie x Densidade	0,8190	0,4828	0,0679	0,0422
CV	23%	6%	11%	18%

Tratamentos	Ciclo 1		Ciclo 2	
	Ca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		Ca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	
	0-20	20-40	0-20	20-40
	F crítico			
Bloco	0,8189	0,2274	0,1493	0,4054
Espécie	0,6601	0,9384	0,3038	0,0231
Densidade	0,0283	<,0001	<,0001	<,0001
Espécie x Densidade	0,1596	<,0001	0,0023	0,8635
CV	20%	20%	13%	4%

Tratamentos	Ciclo 1		Ciclo 2	
	Mg (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		Mg (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	
	0-20	20-40	0-20	20-40
	F crítico			
Bloco	0,4177	0,0636	0,1281	0,8250
Espécie	0,0014	0,0047	0,1799	0,0896
Densidade	0,1726	0,0009	0,0033	0,2880
Espécie x Densidade	<,0001	<,0001	0,2939	0,1105
CV	21%	20%	19%	26%

Tratamentos	Ciclo 1		Ciclo 2	
	SB (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		SB (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	
	0-20	20-40	0-20	20-40
	F crítico			
Bloco	0,5516	0,5302	0,1630	0,4287
Espécie	0,0133	0,0027	0,0377	0,0050
Densidade	0,0064	<,0001	0,0015	<,0001
Espécie x Densidade	0,0003	<,0001	0,0342	0,6183
CV	4%	14%	13%	10%

Tratamentos	Ciclo 1		Ciclo 2	
	H + Al (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		H + Al ((cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	
	0-20	20-40	0-20	20-40
	F crítico			
Bloco	0,4223	0,4349	0,5651	0,9217
Espécie	0,2435	0,7157	0,3158	<,0001
Densidade	0,0116	0,8923	0,0069	<,0001
Espécie x Densidade	0,2760	0,4241	0,2268	0,0040
CV	34%	31%	13%	7%

Tratamentos	Ciclo 1		Ciclo 2	
	CTC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		CTC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	
	0-20	20-40	0-20	20-40
	F crítico			
Bloco	0,2563	0,7860	0,0989	0,7745
Espécie	0,3731	0,0873	0,2901	0,3206
Densidade	0,0006	0,0422	<,0001	0,0004
Espécie x Densidade	0,0659	0,0064	0,5393	0,3033
CV	20%	17%	8%	7%

Tratamentos	Ciclo 1		Ciclo 2	
	pH		pH	
	0-20	20-40	0-20	20-40
	F crítico			
Bloco	0,1828	0,0493	0,5314	0,3537
Espécie	0,2614	0,7013	0,1656	0,0196
Densidade	0,9473	0,8096	0,7977	0,9586
Espécie x Densidade	0,9436	0,8221	0,4569	0,8209
CV	6%	6%	5%	5%

Tratamentos	Ciclo 1		Ciclo 2	
	C (g kg <sup>-1</sup> )		C (g kg <sup>-1</sup> )	
	0-20	20-40	0-20	20-40
	F crítico			
Bloco	0,4633	0,7764	0,6222	0,1184
Espécie	0,5689	0,0658	0,4431	0,1101
Densidade	<,0001	0,0260	<,0001	0,0336
Espécie x Densidade	0,0428	0,0045	0,3365	0,5902
CV	26%	24%	2%	25%

Tratamentos	Ciclo 1		Ciclo 2	
	P (mg kg <sup>-1</sup> )		P (mg kg <sup>-1</sup> )	
	0-20	20-40	0-20	20-40
	F crítico			
Bloco	0,9746	0,6050	0,6912	0,4271
Espécie	0,0031	0,1299	0,8881	0,0070
Densidade	<,0001	0,1552	0,0122	0,3710
Espécie x Densidade	0,0050	<,0001	<,0001	0,0800
CV	5%	18%	24%	27%

Tratamentos	Ciclo 1		Ciclo 2	
	N (g kg <sup>-1</sup> )		N (g kg <sup>-1</sup> )	
	0-20	20-40	0-20	20-40
	F crítico			
Bloco	0,4945	0,2839	0,7650	0,2023
Espécie	0,0155	0,0039	0,2301	0,9980
Densidade	<,0001	0,0005	0,0006	0,0705
Espécie x Densidade	<,0001	0,1031	0,3849	0,9735
CV	18%	18%	14%	4%

Tratamentos	Ciclo 1		Ciclo 2	
	Zn (mg dm <sup>-3</sup> )		Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	
	0-20	20-40	0-20	20-40
	F crítico			
Bloco	0,4008	0,7200	0,6873	0,1794
Espécie	0,1069	0,0145	0,0002	0,0500
Densidade	0,6438	0,0151	0,0004	0,4526
Espécie x Densidade	0,1321	0,0065	0,3446	0,0380
CV	40%	8%	49%	43%

Tratamentos	Ciclo 1		Ciclo 2	
	Mn (mg dm <sup>-3</sup> )		Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	
	0-20	20-40	0-20	20-40
	F crítico			
Bloco	0,1945	0,08367	0,3531	0,5821
Espécie	0,0023	0,4188	0,7583	0,2896
Densidade	0,0142	0,3059	<,0001	0,5545
Espécie x Densidade	<,0001	0,6487	0,0040	0,3398
CV	9%	23%	15%	8%

Tratamentos	Ciclo 1		Ciclo 2	
	Cu (mg dm <sup>-3</sup> )		Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	
	0-20	20-40	0-20	20-40
	F crítico			
Bloco	0,4234	0,6933	0,5715	0,2533
Espécie	0,0047	0,6700	0,0129	0,9712
Densidade	0,0101	0,0991	0,0632	0,0039
Espécie x Densidade	<,0001	0,5087	0,0008	0,0895
CV	7%	6%	6%	25%

Tratamentos	Ciclo 1		Ciclo 2	
	Fe (mg dm <sup>-3</sup> )		Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	
	0-20	20-40	0-20	20-40
	F crítico			
Bloco	0,1816	0,8991	0,0161	0,7734
Espécie	0,9019	0,4519	0,1429	0,0075
Densidade	0,4858	0,0828	0,6252	0,6422
Espécie x Densidade	0,7441	0,0416	0,2588	0,0326
CV	17%	14%	17%	14%

**ANEXO G – QUADRO RESUMO DA ANOVA DO ESTADO NUTRICIONAL E  
PRODUÇÃO DOS COQUEIROS**

Tratamentos	NaCl (g kg <sup>-1</sup> )	KCl (g kg <sup>-1</sup> )	MgCl (g kg <sup>-1</sup> )
	F crítico		
Bloco	0,6587	0,4037	02412
Espécie	0,5224	0,2751	08356
Densidade	0,1952	0,1551	0,0187
Espécie x Densidade	0,2736	0,6958	0,6652
CV	14%	9%	10%

Tratamentos	CaCl (g kg <sup>-1</sup> )	Cl (g kg <sup>-1</sup> )	NC1 (g kg <sup>-1</sup> )
	F crítico		
Bloco	0,1934	0,6187	0,8290
Espécie	0,1478	<,0001	0,1854
Densidade	0,0140	<,0001	0,8856
Espécie x Densidade	0,0089	0,0015	0,2530
CV	10,1%	1%	6,7%

Tratamentos	PC1 (mg kg <sup>-1</sup> )	ZnCl (mg kg <sup>-1</sup> )	CuCl (mg kg <sup>-1</sup> )
	F crítico		
Bloco	0,1071	0,2646	0,0397
Espécie	0,5287	0,0009	<,0001
Densidade	0,0581	0,0299	0,0024
Espécie x Densidade	0,6680	0,0524	0,0020
CV	4,2%	3%	17%

Tratamentos	FeCl (mg kg <sup>-1</sup> )	C2(g kg <sup>-1</sup> )	NaC2 (g kg <sup>-1</sup> )
	F crítico		
Bloco	0,3682	0,0196	0,5221
Espécie	0,0015	0,0908	0,6490
Densidade	0,0660	0,0021	<,0001
Espécie x Densidade	0,0220	0,5742	0,0135
CV	28%	3,33%	10%

Tratamentos	KC2 (g kg <sup>-1</sup> )	CaC2 (g kg <sup>-1</sup> )	MgC2 (g kg <sup>-1</sup> )
	F crítico		
Bloco	0,2047	0,0784	0,2231
Espécie	0,9094	0,0545	05755
Densidade	0,0376	0,6988	0,0017
Espécie x Densidade	0,1754	0,2697	0,0160
CV	12%	17%	1%

Tratamentos	NC2 (g kg <sup>-1</sup> )	PC2 (mg kg <sup>-1</sup> )	ZnC2 (mg kg <sup>-1</sup> )
	F crítico		
Bloco	0,1043	0,1938	0,6367
Espécie	0,1092	1,000	0,9076
Densidade	0,5053	0,3547	0,3507
Espécie x Densidade	0,0632	0,5085	0,2463
CV	6%	5,8%	11%

Tratamentos	CuC2 (mg kg <sup>-1</sup> )	FeC2 (mg kg <sup>-1</sup> )	MnC2 (mg kg <sup>-1</sup> )
	F crítico		
Bloco	0,2056	0,2380	0,1857
Espécie	0,0012	0,1393	0,6041
Densidade	<,0001	0,0132	0,8070
Espécie x Densidade	0,0009	0,9924	0,3852
CV	23,5%	20,6%	28%

Tratamentos	Peso C1 (g)	Peso C2 (g)
	F crítico	
Bloco	0,4203	0,4132
Espécie	0,1510	0,1828
Densidade	0,8243	0,0098
Espécie x Densidade	0,2930	0,3933
CV	9%	9%