



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

**Manejo Agroflorestal Sintrópico para a Produção Orgânica de Milho  
(*Zea mays ssp. mays* L.) Consorciado com os Capins Mombaça  
(*Megathyrsus maximus* cv. Mombaça) e Marandu (*Urochloa brizantha*  
cv. Marandu).**

**MATHEUS SAAD MACHADO**

**ORIENTADORA: PROF<sup>a</sup>. ANA MARIA RESENDE JUNQUEIRA, PhD**

**BRASÍLIA/DF**  
**OUTUBRO DE 2022**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

**Manejo Agroflorestal Sintrópico para a Produção Orgânica de Milho  
(*Zea mays ssp. mays* L.) Consorciado com os Capins Mombaça  
(*Megathyrsus maximus* cv. Mombaça) e Marandu (*Urochloa brizantha*  
cv. Marandu).**

**MATHEUS SAAD MACHADO**

**ORIENTADORA: PROF<sup>a</sup>. ANA MARIA RESENDE JUNQUEIRA, PhD**

**BRASÍLIA/DF**  
**OUTUBRO DE 2022**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**Manejo agroflorestal sintrópico para produção de milho orgânico (*Zea mays ssp. mays* L.) consorciado com os capins Mombaça (*Megathyrus maximus* cv. Mombaça) e Marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu)**

**MATHEUS SAAD MACHADO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA.**

**APROVADA POR:**

---

**ANA MARIA RESENDE JUNQUEIRA, Ph.D (UnB)**  
**(ORIENTADORA) - CPF: 340.665.511-49**  
**E-mail: [anamaria@unb.br](mailto:anamaria@unb.br)**

---

**JEAN KLEBER DE ABREU MATTOS, Dr (UnB)**  
**(EXAMINADOR INTERNO) - CPF: 002.288.181.-68**  
**E-mail: [kleber@unb.br](mailto:kleber@unb.br)**

---

**EUSANGELA ANTONIA COSTA, Dra.**  
**(EXAMINADORA EXTERNA) - CPF: 329.950.751-68**  
**E-mail: <[eusangela@hotmail.com](mailto:eusangela@hotmail.com)>**

---

**JOAO PAULO GUIMARAES SOARES, Dr (Embrapa Cerrados)**  
**(EXAMINADOR EXTERNO) - CPF: 993.648.597-15**  
**E-mail: [jp.soares@embrapa.br](mailto:jp.soares@embrapa.br)**

**BRASÍLIA/DF, 23 de SETEMBRO de 2022**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

SS112m	Saad Machado, Matheus Manejo agroflorestal sintrópico para produção de milho orgânico ( <i>Zea mays ssp. mays</i> L.) consorciado com os capins Mombaça ( <i>Megathyrus maximus</i> cv. Mombaça) e Marandu ( <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu). / Matheus Saad Machado; orientador Ana Maria Resende Junqueira. -- Brasília, 2022. 98 p.  Dissertação (Mestrado em Agronomia) -- Universidade de Brasília, 2022.  1. Agrofloresta. 2. Agricultura Sintrópica. 3. Agricultura Orgânica. 4. Consorciação. 5. Sustentabilidade.. I. Junqueira, Ana Maria Resende, orient. II. Título.
--------	--

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SAAD MACHADO, Matheus. Manejo agroflorestal sintrópico para produção de milho orgânico (*Zea mays ssp. mays* L.) consorciado com os capins Mombaça (*Megathyrus maximus* cv. Mombaça) e Marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu): Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade de Brasília, 2022, 98p. Dissertação de Mestrado

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Matheus Saad Machado

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Manejo Agroflorestal Sintrópico para a Produção Orgânica de Milho (*Zea mays ssp. mays* L.) Consorciado com os Capins Mombaça (*Megathyrus maximus* cv. Mombaça) e Marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu).

GRAU: Mestre ANO: 2022

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

---

**MATHEUS SAAD MACHADO**

**CPF: 007.395.591-41**

**SQN 410 bloco J, 301, Asa Norte, Brasília – Distrito Federal. CEP: 70865100**

**Telefone: +55 61 996371870**

**e-mail: saad.unb@gmail.com**

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Simone Saad, a quem me concedeu a luz da vida e sempre esteve ao meu lado em todas as ocasiões, agradeço o amor incondicional. Que me inspirou a inteligência, sinceridade, honestidade, o amor, a militância política e incontáveis ensinamentos. Reconheço o tremendo esforço no incentivo, investimento e persistência na minha formação acadêmica e como ser humano. Sem você nada disso seria possível, você é minha rainha!

Ao meu pai Francisco Machado Filho, a quem primeiro me ensinou os cuidados com a terra e com a agricultura. Por me passar seus conhecimentos ancestrais sobre a natureza, as plantas, medicinais naturais e principalmente sobre o trabalho. Por ajudar a proporcionar e prover todo meu processo educacional com sacrifícios e prioridade. Sua presença foi imprescindível para essa conquista.

À minha irmã Érica Saad Machado, por toda a irmandade desde a infância, cúmplice e parceira do meu crescimento, agradeço todos os esforços, cuidados e afetos proporcionados na nossa caminhada. E à minha segunda figura materna, Leila dos Santos Furtado, que também me ensinou muito sobre a terra e a roça, por proporcionar diariamente todos os cuidados, feitos com amor e carinho. Sem vocês ao meu lado, eu não seria capaz.

À professora Ana Maria Resende Junqueira, por todo o acolhimento, apoio, orientação, disponibilidade e parceria nessa busca por uma agricultura mais sustentável e ecológica.

Ao grande amigo Giuseppe Cortizo por me acompanhar desde os princípios dos trabalhos. Por todo o companheirismo, aventuras, acolhimento, curiosidades científicas e sobretudo pela nossa amizade, seu suor ajudou a construir esse trabalho.

À toda a equipe da FAL, em especial: Israel, Evangelista, Ronaldo, Joel, Vicente, Gustavo, Rodrigo. Sem vocês esse trabalho não seria realizado, muito grato pelo companheirismo e prontidão.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por conceder a bolsa de estudos.

Ao agricultor, professor e pesquisador Ernst Götsch, por disseminar os princípios e fundamentos da agricultura Sintrópica ao redor do mundo. Seu trabalho me traz esperança para um mundo onde possamos conviver harmoniosamente com o meio ambiente, resgatando nossas funções ecológicas e responsabilidades ambientais.

Ao pesquisador Fernando Rebello (CEPEAS Cerrado) por todo o aporte ideológico, técnico e estratégico que fomentaram essa pesquisa.

A todos os alunos do PET-AGRONOMIA por toda a troca e ajuda prestadas durante todas as etapas da pesquisa, sem vocês isso não seria possível.

## **Dedico,**

A todos os trabalhadores rurais, que trabalham arduamente, sol a sol, dia a dia para a nossa soberania alimentar, resistindo e permanecendo no campo, de geração a geração lutando por melhorias desde o preparo do solo até a colheita: plantam, colhem, manejam, entregam, empreendem, inovam e administram, na lida diária da profissão mais importante de todos os povos.

*“Caboclo humilde, roceiro  
Disposto, trabalhador  
No remexer da sanfona  
Escuta este cantador  
Que no baião fala ao mundo  
Teu grandioso valor*

*E do caboclo que vive  
Com a enxada na mão  
Trabalhando o dia inteiro  
Com a maior diversão  
Sem invejar a ninguém  
Satisfeito a trabalhar  
Cada vez mais animado  
Esse teu suor pingado  
Grandeza e honra te dar*

*Na tua humilde palhoça  
Só se ver felicidade  
E quando chegas da roça  
Te sentas mesmo a vontade  
Pra comer teu prato feito  
Na mesa ou mesmo no chão  
A filharada em rebanho  
O teu prazer é tamanho  
De quem possui um milhão*

*Aqui nesta vida humana  
Ninguém é melhor que tu  
Escuta esta homenagem  
De um cabra do Pajeú  
E outro do Rio Brígida  
Dos carrascais do Exu”*

Caboclo Nordestino – 1963

Letra e Música: Luiz Gonzaga do Nascimento

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	15
<b>2.</b>	<b>JUSTIFICATIVAS DA PESQUISA</b>	20
<b>3.</b>	<b>HIPÓTESES</b>	20
<b>4.</b>	<b>OBJETIVOS</b>	20
<b>5.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	21
	5.1 AGRICULTURA SINTRÓPICA E SISTEMAS AGROFLORESTAIS	21
	5.2 CERRADO: A IMPORTÂNCIA DE SUA PRESERVAÇÃO E REGENERAÇÃO	24
	5.3 PLANTANDO FLORESTAS PARA PLANTAR GRÃOS	27
	5.4 MILHO ( <i>Zea mays ssp mays</i> L.)	31
	5.5 EUCALIPTO ( <i>Eucalyptus urograndis</i> )	33
	5.6 MOGNO AFRICANO ( <i>Khaya grandifoliola</i> [Welw] CDC)	34
	5.7 CITROS TROPICAIS: LIMÃO TAITI ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka) E PONKAN ( <i>Citrus reticulata</i> Blanco cv. Ponkan)	36
	5.8 CAPINS MOMBAÇA ( <i>Megathyrsus maximus</i> Jacq. cv. Mombaça) E MARANDU ( <i>Urochloa brizantha</i> Hochst. ex A. Rich. Webster cv. Marandu)	38
	5.9 FEIJÃO DE PORCO ( <i>Canavalia ensiformis</i> [L.] DC)	39
	5.10 GUANDU ( <i>Cajanus cajan</i> [L.] Millsp.)	40
<b>6</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	43
	6.1 RECONHECIMENTO DO AMBIENTE	43
	6.2 ANÁLISE DE SOLO E ESTERCO BOVINO	46
	6.3 PRIMEIRA ETAPA, EXPERIMENTO PILOTO - ABERTURA, COLONIZAÇÃO E TESTES	48
	<b>6.3.1</b> Uso, preparo e manejo do solo	48
	<b>6.3.2</b> Delineamento experimental	50
	<b>6.3.3</b> Cultivo do milho	50
	<b>6.3.4</b> Plantio dos capins entre as linhas de grãos	52
	<b>6.3.5</b> Plantio e manejo das linhas de árvores	52
	6.4 SEGUNDA ETAPA, EXPERIMENTO ESTABELECIDO - DIRECIONAMENTOS ATRAVÉS DO EXPERIMENTO PILOTO	56
	<b>6.4.1</b> Uso, preparo e manejo do solo	56
	<b>6.4.2</b> Delineamento experimental	57
	<b>6.4.3</b> Cultivo de inverno/primavera: guandu como adubação verde	58

6.4.4	<b>Cultivo dos capins</b>	59
6.4.5	<b>Coleta, manejo e amostragens dos capins</b>	60
6.4.6	<b>Amostragem e secagem dos capins</b>	62
6.5	<b>CULTIVO DE VERÃO: MILHO EM SUCESSÃO PARA PRODUÇÃO DE GRÃOS</b>	62
6.5.1	<b>Coleta de dados agronômicos</b>	64
6.5.2	<b>Colheita das espigas, secagem e avaliações</b>	65
6.6	<b>LINHAS DE ÁRVORES BIODIVERSAS - TRATOS CULTURAIS, AMOSTRAGEM E DIRETRIZES PARA UM MANEJO CONTINUADO</b>	67
6.6.1	<b>Manejo continuado</b>	71
7	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	72
7.1	<b>PRODUTIVIDADE DOS CAPINS</b>	72
7.2	<b>MILHO</b>	74
8	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	82



## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar um sistema de produção de milho orgânico consorciado com os capins Marandu e Mombaça, sob manejo sintrópico. O experimento foi realizado na Fazenda Água Limpa-UnB, entre setembro de 2021 e maio de 2022. O delineamento foi de blocos casualizados, com três tratamentos e sete repetições. Os tratamentos foram: Tratamento Mombaça (TrMo), composto por milho + capim Mombaça (*Megathyrus maximus* cv. Mombaça); Tratamento Brizantha (TrBr), composto por milho + capim Marandú (*Urochloa brizantha* cv. Marandu); Tratamento Testemunha (TrTe), constituído apenas de milho. Todos foram plantados entre linhas de árvores (eucalipto, mogno africano, citros e espécies nativas do cerrado). O espaçamento entre as linhas de árvore foi de 8 m, onde foram plantadas oito linhas de milho intercaladas com nove linhas de capim, a 0,45 m umas das outras. Foram observados a produtividade e os aspectos agronômicos do milho, sob a influência do consórcio com os capins; a produções de Matéria Verde (MV) e Seca (MS) dos capins; e a altura total e Diâmetro a Altura do Peito (DAP: 1,3 m) dos componentes arbóreos. Para os capins, o maior acúmulo de MV e MS, ao longo de três cortes, foi observado no TrMo (64,99 t/ha e 13,99 t/ha), não diferindo estatisticamente do TrBr (62,06 e 13,09 t/ha). Não houve diferença significativa na produção de MV e Teor de MS entre os arranjos nos três cortes consecutivos, com exceção para o TrMo no terceiro corte (19,93%), que foi superior em comparação com o TrBr (19,10%). Em relação aos parâmetros agronômicos do milho (Altura da Planta, Diâmetro do Colmo e N° de Folhas) aos 59 dias após semeadura (DAS), foram observados valores inferiores significativos nas variáveis “Altura da Planta” e “Diâmetro do Colmo” no TrTe. Aos 136 DAS não foi constatada diferença significativa entre os arranjos para as variáveis: “N° Folhas”, “Diâmetro do colmo” e “N° de Espigas/Planta”. Foi observada influência positiva dos capins nas variáveis “Altura da Planta” e “Altura da Inserção de Espiga”. Em relação aos parâmetros produtivos do milho, os arranjos consorciados com capins apresentaram valores superiores nas variáveis de “Massa da Espiga”, “Massa de Grãos” e “Produtividade”. As maiores produtividades do milho foram observadas no TrMo (6,87 t/ha), seguido do TrBr (5,92 t/ha). Os parâmetros “Diâmetro da Espiga”, “Comprimento da Espiga” e “Massa de Mil Grãos” não sofreram interferência dos tratamentos, não diferindo estatisticamente entre si.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agrofloresta, Agricultura Sintrópica, Agricultura Orgânica, Consorciação, Sustentabilidade.

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate an organic production system of corn intercropped with Marandu and Mombaça grasses, under syntropic management. The experiment was carried out at Fazenda Água Limpa (UnB), between September 2021 and May 2022, and was established in randomized blocks, with 3 treatments and 7 replications. The treatments were: Mombaça Treatment (TrMo), composed of corn + Mombaça grass (*Megathyrsus maximus* cv. Mombasa); the Brizantha Treatment (TrBr), composed of corn + Marandu grass (*Urochloa brizantha* cv. Marandu); Control Group (TrTe), consisting only of corn. All of them were planted between tree lines (eucalyptus, African mahogany, citrus and native species of the Cerrado). The spacing between tree lines was 8 m, where 8 rows of corn were interleaved with 9 rows of grass, 0,45 m apart from each other. Data concerning corn productivity and agronomic aspects, under the influence of treatments intercropping; grasses green matter (MV) and dry matter (MS) production; and evaluation of the total height and diameter at breast height (DAP: 1,3 m) of the tree components were measured and collected. For the grasses, the highest accumulation of MV and MS, along three cuts, was observed in TrMo (64.99 t/ha and 13.99 t/ha), which did not statistically differ from TrBr (62.06 and 13.09 t/ha). There was no significant difference in MV production and DM content between the arrangements in the three consecutive cuts, with the exception of TrMo in the third cut (19.93%), which was higher compared to TrBr (19.10%). Regarding the agronomic parameters of corn (Plant Height, Stem Diameter and N° of Leaves) at 59 days after sowing (DAS), significant inferiorities in the variables “Plant Height” and “Stem Diameter” were observed in TrTe. At 136 DAS, there was no significant difference between the arrangements for the variables: “N° Leaves”, “Stem Diameter” and “N° of Ears/Plant”. A positive influence of grass was observed on the variables “Plant Height” and “Ear Insertion Height”. In relation to corn’s productive parameters, the grass intercropping treatments showed higher values in “Ear Mass”, “Grain Mass” and “Productivity” parameters. The highest corn yields were observed in TrMo (6.87 t/ha), followed by TrBr (5.92 t/ha). The parameters "Ear Diameter", "Ear Length" and "Mass of a Thousand Grains" were not affected by the treatments, not differing statistically from each other.

**KEYWORDS:** Agroforestry, Syntropic Agriculture, Organic Agriculture, Intercropping, Sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Vista de parte de um SAF da Fazenda Mata do Lobo.
- Figura 2** - Vista aérea da Fazenda Mata do Lobo (@matadolobo).
- Figura 3** - Vista de SAF focado em produzir citros na Fazenda da Toca (@tocaorganicos). Eucaliptos, bananeiras e capins plantados principalmente para produção de biomassa
- Figura 4** - Regiões hidrográficas (RH) do Brasil e limites territoriais do Cerrado
- Figura 5** - Área de abrangência do Cerrado brasileiro e áreas de vegetação nativa remanescentes em verde escuro.
- Figura 6** - Implementos Tree Line Preparer TLP-80 S da RhenusTEK.
- Figura 7** - Subsolador Rotativa Agroflorestal SRAF da SR Implementos (@sr\_implementos)
- Figura 8** - Cata capim, implemento que roça a lavoura, processa a palhada e distribui com direcionamento.
- Figura 9** - Cesto elevatório para poda em altura Sítio Semente (janeiro/2021)
- Figura 10** - eucaliptos de sistema de café sombreado recém manejados na Fazenda Mata do Lobo (@matadolobo)
- Figura 11** - Área Experimental de Agroecologia da FAL/UnB.
- Figura 12** - Imagem de drone da Área Experimental de Agroecologia da FAL/UnB.
- Figura 13** - Áreas de influência ao redor do experimento
- Figura 14** - Área de cultivo de pinhão manso em abril de 2016.
- Figura 15** - Triângulo textural das amostras de 0 - 20 cm (a) e 20 - 40 cm (b).
- Figura 16** - Calcário dolomítico e termofosfato.
- Figura 17** - Grade niveladora.
- Figura 18** - Destorroador e compactador.
- Figura 19** - Plantadeira Magnum 3060 PD.
- Figuras 20 e 21** - Disco de 28 furos para semeadura de milho.
- Figura 22** - Microtrator com enxada rotativa.
- Figura 23** - Perfurador abrindo berços para mudas.
- Figura 24** - Muda de citros posicionada ao lado do berço perfurado e adubado.
- Figura 25** - Muda de citros plantada.
- Figura 26** - Desenho esquemático do plantio
- Figura 27** - Sulco com mistura de sementes.
- Figura 28** - Enleirador/espalhador HAYNOG 300 da fabricante Nogueira.
- Figura 29** - Representação de parte do delineamento do experimento com dimensões dos blocos e tratamentos.
- Figura 30** - Plantadeira preparada para plantio de guandu e abertura de sulcos intercalados para posterior semeadura manual de capins.
- Figura 31** - Copos dosados com a quantidade total de sementes para um sulco de 10 m no início de cada parcela: 100 g de Mombaça ou 150 g de Marandú cada.
- Figura 32** - Sementes peletizadas de capim distribuídas no sulco.
- Figura 33** - Eucalipto estratificado.

**Figura 34** - Citros com poda de formação executada.

**Figura 33** - Aparência do sistema após o primeiro corte do capim, antecedendo o plantio do milho.

**Figura 34** - Homogeneização dos capins com ceifadeira costal após coleta dos dados.

**Figuras 35** - Amostras de capim inseridas na estufa para secagem.

**Figura 36** - Pesagem das amostras de capim após retirada da estufa.

**Figura 37** – Adaptação feita na semeadora de plantio (retirada dos discos de corte e sulcadores) para viabilizar o plantio do milho sem prejudicar as linhas de capim já estabelecidas no sistema.

**Figura 38** – Imagem do experimento retirada de cima do implemento de semeadura durante operação de plantio do milho.

**Figura 39** – Detalhes do resultado da operação de plantio do milho, realizada entre as linhas de capim, no dia 18/01/2022.

**Figura 40** - Aferição do diâmetro do colmo do milho com auxílio de paquímetro digital.

**Figura 41** - Altura da planta milho utilizando uma trena milimetrada

**Figura 42** - Espigas coletadas e alocadas em sacos de nylon.

**Figura 43** - Organização das espigas de milho para secagem natural em estufa.

**Figura 44** - Debulhagem manual do milho.

**Figura 45** - Organização das amostras em bandejas individuais.

**Figura 46** - Eucalipto estratificado

**Figura 47** - Citros com poda de formação executada.

**Figura 48** - Medição da altura total das plantas com auxílio de uma vara milimetrada.

**Figura 49** - DAP a 1,30m do nível do solo utilizando paquímetro digital.

**Figura 50** - Podas realizadas nos citros para formação de copa a 0,5m do nível do solo.

**Figura 51** - Poda de estratificação dos eucaliptos, resultando na abertura de luz para o sistema.

**Figura 52** – Emergência das plântulas de milho semeadas entre as linhas de capim 8 DAS (26/01/2022)

**Figura 53** - Início do período reprodutivo do milho aos 63 DAS (23/03/2022) com o começo da formação dos primórdios do estilo-estigma

**Figura 54** – Início do período reprodutivo do milho aos 63 DAS (23/03/2022) com o começo da formação dos primórdios do pendão.

**Figuras 55** - Espiga de milho, em fase inicial de desenvolvimento e fecundação, 80 DAS

**Figura 56** - Espigas de milho verde (frescas) em fase de maturação dos grãos, 100 DAS

**Figura 57** - Espiga de milho seca, no ponto de colheita aos 136 DAS

**Figura 58** - Corte longitudinal do grão de milho seco, para identificação da linha de leite e maturidade fisiológica.

## **LISTA DE TABELAS**

**Tabela 1** - Macronutrientes, sódio (Na) e Al

**Tabela 2** - Indicadores químicos e de fertilidade (acidez, soma das bases, CTC e pH em água) nas camadas de 0 -20 e 20-40 cm de profundidade do solo

**Tabela 3** - Indicadores químicos e de fertilidade (saturação por base, saturação por alumínio, saturação com sódio, carbono orgânico e matéria orgânica do solo) nas camadas de 0 -20 e 20-40 cm de profundidade do solo

**Tabela 4** - Micronutrientes, ferro (Fe) e enxofre (S).

**Tabela 5** - Análise de esterco bovino

**Tabela 6** - Produção de Matéria Verde (MV - t/ha), Massa Seca (MS - t/ha) e Teor de MS (MS - %) dos três cortes, em diferentes datas efetuados nos dois tratamentos

**Tabela 7** - Parâmetros agrônômicos da cultura do milho, 59 e 136 dias após semeadura

**Tabela 8** – Parâmetros quantitativos do milho - massa espiga (g), diâmetro (mm), comprimento da espiga (cm), massa de grãos (g), massa de mil grãos (g), produtividade (t/ha)

## SUMÁRIO DE SIGLAS

### Siglas gerais

AS: Agricultura Sintrópica

DF: Distrito Federal

DNAEE: Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

EG: Ernst Götsch

FAL: Fazenda Água Limpa

FBN: fixação biológica de nitrogênio

FECM: fungos ectomicorrízicos

FMA: fungos micorrízicos arbusculares

GEE: gases de efeito estufa

LEd: Latossolo Vermelho-Escuro distrófico

m: saturação por Al

MOS: matéria orgânica do solo

PD: plantio direto

RH: região hidrográfica

UC: Unidade de Conservação

UnB: Universidade de Brasília

V: saturação por bases

DAS: dias após semeadura

DAP: diâmetro altura do peito

## **Unidades de medida**

cm: centímetro

Gt: gigatonelada

ha: hectare

kg: quilograma

km<sup>2</sup>: quilômetro quadrado

km<sup>3</sup>: quilômetro cúbico

m: metro

Mt: megatonelada

t: tonelada

# 1 INTRODUÇÃO

Há milhares de anos atrás, antes do período Neolítico, o ser humano utilizava os recursos naturais principalmente como meio de subsistência, com poucas outras possíveis intenções. Passava a se beneficiar daquilo que estava disponível no ambiente com o qual convivia (BAPTISTA, 2010). A população humana estava em torno de 10 milhões de indivíduos há aproximadamente 10 mil anos atrás, e as pessoas viviam como grupos de caçadores e coletores nômades. Em algumas regiões do mundo a população já tinha começado a exceder a capacidade de regeneração de plantas e da caça, até então abundantes. Para se adaptarem a uma possível situação do desaparecimento dos recursos naturais primordiais, parte da população intensificou seu estilo migratório de vida, enquanto outra parte começou os processos de domesticação de animais e plantas, e a gradativamente se assentarem em uma localidade, marcando a transição do estado de nômades para sedentários (MEADOWS *et al.*, 2007).

Diante dessas possibilidades de integração do ser humano com a paisagem, principalmente alimentadas pela oferta de mais calorias na dieta, uma nova condição de obtenção de alimentos surgiu. Os cultivos sistemáticos e organizados foram ganhando relevância em detrimento da obtenção de comida através do fornecimento espontâneo do meio ambiente. É a partir deste raciocínio que se inicia o sistema de cultivo de alimentos (MAZOYER; ROUDART, 2010). Com isso, o processo inicial de transformação da agricultura se deu em conjunto com a evolução dos humanos ao longo do tempo. Pasini (2017) contribui para o desenvolvimento desse raciocínio:

O surgimento da agricultura não se resume apenas ao domínio técnico do cultivo de plantas favoritas ou da seleção e criação de animais fáceis de manejar. Isso os caçadores e coletores já faziam. O que marcou a passagem da predação a agricultura foi o aparecimento de novos arranjos sociais “capazes de gerenciar e de perpetuar a atividade agrícola, e de repartir seus frutos” (MAZOYER; ROUDART, 2010; HELGREN, 2009; LEWIS; MASLIN, 2015). A agricultura provocou uma mudança drástica no modo de vida, na demografia, criou novas necessidades e determinou o rumo das inovações tecnológicas, que começaram com foices e facas de pedras polidas, evoluíram para machados, serras, enxadas, arados e ganharam motores, implementos, suplementos, bioengenharia e sobretudo escala com a revolução industrial do século XIX (BURNS, 2012; VITOUSEK *et al.*, 1997).

A partir desse momento molda-se uma nova maneira de praticar a agricultura até então desenvolvida pelo *Homo sapiens*, instaurando um marco na evolução da espécie e conseqüentemente das agriculturas praticadas. Estas definiriam outros conjuntos de técnicas, conhecidos por sistemas de campo aberto ou pós-florestais (MAZOYER; ROUDART, 2010; MONTGOMERY, 2012), que se tornaram mais frequentes a partir da idade Média.

É notável a simplificação desses sistemas agrícolas, onde os meios de produção podem ser resumidos à terra (tida apenas como suporte), aos insumos e à mecanização, viabilizada pelas grandes áreas de cultivos extensos e homogêneos. Na “grande indústria” da produção de alimentos, entra-se com sementes extremamente tecnificadas e melhoradas por um lado do sistema e retira-se o produto agrícola desejado pelo outro, seguindo receitas bem ajustadas e conhecidas como pacotes tecnológicos (EVENSON, 2010). Esse novo modelo agrícola do século passado, que ficou conhecido como Revolução Verde, está evidentemente baseado no industrialismo. É notável a presença de gargalos inesperados, como espécies resistentes a xenobióticos, compactação e salinização do solo, conflitos sociais, variações climáticas, perda da biodiversidade e um balanço energético extremamente desfavorável (MACHADO; MACHADO FILHO, 2014; ROCKSTRÖM *et al.*, 2017). Isto é um sinal de que, ao lidar com agricultura, o ser humano lida com sistemas vivos, nos quais complexas interações ocorrem e as respostas à simplificação, se não imediatas, são certas (GRAZIANO NETO, 1991; CAMPOS, 1994; EHLERS, 1999).

A agricultura não veio a evoluir exclusivamente em conjunto com a evolução humana. Também evoluiu simultaneamente com a degradação de ambientes e ecossistemas naturais, principalmente os savânicos e florestais (BOCQUET-APPEL, 2011; HUNT; RABETT, 2014). Com o uso exacerbado e insustentável dos recursos naturais, houve uma forte supressão da vegetação nativa específica de cada região. Neste ponto, a capacidade do capital natural de se regenerar passa a não acompanhar a velocidade em que é consumido. O déficit desta equação empurra o ser humano para seu limite ecológico e abre um questionamento sobre sua verdadeira função dentro dos ecossistemas (PASINI, 2017).

As problemáticas do uso da terra têm moldado os ecossistemas mundiais há milênios e são tão antigas quanto a própria agricultura, imprimindo um padrão que liga o aumento populacional com a degradação dos recursos naturais ao longo do tempo



(FOSTER *et al.*, 2003; MONTGOMERY, 2012; ELLIS *et al.*, 2013; STEFFEN *et al.*, 2015).

O aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) é um dos principais fatores causadores do aquecimento global, sendo mais significativo e acelerado a partir da revolução industrial, quando houve maiores queimas de combustíveis fósseis e mudanças no uso da terra (IPCC, 2013). Essas emissões são oriundas de atividades dos setores de “Resíduos”, “Industrial”, “Energético”, “Agropecuário” e de “Mudança de Uso da Terra e Florestas”. O desmatamento acelerado do Cerrado e da Amazônia é determinante para o aumento expressivo de 23% nas emissões brasileiras de GEE advindas da mudança de uso da terra e da vegetação nativa do Brasil entre 2019 e 2020, (SEEG, 2021b). Embora a expansão da agricultura, o PIB caiu 4,1% (IBGE, 2022), ou seja, o país não só poluiu mais por conta do desmatamento, como teve uma retração na economia. O desmatamento é historicamente responsável por quase metade das emissões do GEE no território brasileiro (SEEG, 2021b).

Apesar do mundo ter reduzido a média de emissões de GEE em 6,7% de 2019 a 2020 (principalmente por conta da pandemia da COVID-19), esse aumento de emissões em 9,5% (QUÉRÉ *et al.*, 2020; SEEG, 2021a) mostra que o país está contribuindo com o agravamento das mudanças climáticas. A dinâmica de crescimento das emissões tem relação, no setor agropecuário, com o consumo de carne e aumento de gado no pasto, o que gera mais emissão de metano na atmosfera advindo de fermentação entérica bovina (SEEG, 2021a).

Sendo o principal GEE, por seu volume de emissão e correspondendo a 0,04% do volume da atmosfera, o CO<sub>2</sub> possui dinâmica nos compartimentos do solo, da atmosfera e de corpos hídricos; e é um importante regulador térmico da biosfera (MILLER; SPOOLMAN, 2015). No solo, o dióxido de carbono é emitido quando se faz calagem (FUENTES *et al.*, 2006) e quando se altera a dinâmica do reservatório solo-floresta, liberando todo o carbono estocado nos tecidos vegetais, animais e microbianos que se relacionam com o corpo edáfico (ALMARAZ, *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2014). Essa oxidação generalizada também ocorre quando o solo é exposto e revolvido, facilitando os processos de respiração celular microbiana, consumo de carbono através da decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) e emissão de CO<sub>2</sub> (SILVA *et al.*, 2014; LAL, 2009). Finalmente, se não há regeneração e manutenção da vegetação nativa, a capacidade de sequestro de carbono decai expressivamente (MILLER; SPOOLMAN,

2015), visto que a biomassa vegetal e microbiana, através da fotossíntese, são grandes sumidouros terrestres para esse elemento.

O relatório do SEEG (2021b) mostra que, para emissões de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), as categorias relacionadas à agropecuária e mudança de uso do solo atingiram um aumento de quase 30% de 2019 a 2020, sendo responsáveis por praticamente 93% da liberação das 650 mil t de N<sub>2</sub>O. É importante lembrar que esse GEE é 298 vezes mais nocivo que o CO<sub>2</sub> (SILVA *et al.*, 2014) e é um gás tóxico para o ser humano (MILLER; SPOOLMAN, 2015).

O óxido nitroso é liberado principalmente por conta da aplicação de fertilizantes minerais nitrogenados no solo e depende de fatores como umidade, aeração, teores de amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), fertilizante utilizado e seu modo de aplicação (SANHUEZA *et al.*, 1994; DAVIDSON; MATSON; BROOKS, 1996; CARVALHO *et al.*, 2006). Menores exposição e distúrbio do solo são fatores que podem contribuir para a diminuição da emissão de N<sub>2</sub>O (CIVEROLO; DICKERSON, 1998; CARVALHO *et al.*, 2006). Não obstante, Pinto *et al.* (2002) mostram que queimadas e desmatamento de áreas nativas do Cerrado também contribuem para o aumento desse fluxo de emissão.

Essa aceleração das emissões dos GEE, potencializada pela agropecuária, vem gerando inúmeros distúrbios ambientais como aumento da temperatura média global e dos níveis do oceano, fragmentação de habitats, perda de biodiversidade, invasão biológica, erosão dos solos e poluição hídrica; culminando no risco da perda de importantes serviços ecossistêmicos (GRECCHI *et al.*, 2014; SANO *et al.*, 2019, QUINTAO *et al.*, 2021). O mundo está enfrentando uma crise ambiental sem precedentes. Em diversas regiões, as formas de uso do solo praticadas ao longo dos últimos séculos degradam os recursos naturais e agravam a vulnerabilidade social (MICCOLIS *et al.*, 2016)

Ao mesmo tempo em que a intensificação da agricultura industrial contribui para o aquecimento do planeta, as mudanças climáticas afetam de forma adversa a produtividade das colheitas, impondo alterações no calendário de operações agrícolas, demandando a mudança de espécies ou variedades a serem cultivadas em algumas regiões e aumentando a necessidade de irrigação. A produtividade média total da agricultura teve queda estimada de 21% desde a década de 70 em virtude do aquecimento de 1°C (FLUGIE, 2021). Pretty *et al.* (2010) apontam como os agroecossistemas e as práticas agrícolas serão afetados pelos inúmeros impactos que as mudanças climáticas ocasionam: na temperatura, na velocidade dos ventos, na umidade e disponibilidade de água, nos

alagamentos, na necessidade de água por colheita, na intensidade de tempestades, nas pragas; afetando inclusive a migração humana. O prognóstico é de que extensas áreas possam se tornar inapropriadas para agricultura (DOS SANTOS *et al.*, 2022).

A implementação de práticas e tecnologias de cunho ecológico e de baixa emissão de carbono (ou até mesmo carbono negativa) é uma estratégia importante para a mitigação das emissões de GEE pela agricultura (FRANK, *et al.*, 2019). Não somente existem tecnologias que possam diminuir significativamente as emissões desses gases para atmosfera, mas também há inúmeras práticas sustentáveis de uso do solo capazes de proporcionar um saldo energético positivo para os ecossistemas, tornando-os suficientemente aptos a sequestrar mais gases do que emitir, e gerar mais serviços ecossistêmicos do que os consumir (ANDRADE, 2019). Práticas agroecológicas, como a implantação e a condução de sistemas agroflorestais (SAF) sintrópicos, que buscam mimetizar os princípios e processos naturais de cada ecossistema em sincronia com a produção de alimentos aumentam ou mantêm a produtividade e tem grande potencial de regenerar áreas degradadas que perderam a sua resiliência pela própria ação antrópica (PASINI, 2017).

## **2 JUSTIFICATIVAS DA PESQUISA**

Os sistemas agrícolas de produção não levam em consideração a regeneração e necessidade de biodiversidade como amortecedores de eventos de distúrbio dos ecossistemas e paisagens naturais. Os índices de degradação, contaminação, uso irracional dos recursos naturais, são tão antigos quanto a própria agricultura. Portanto o mundo carece de sistemas agrícolas que sejam de fato regenerativos. Garantir o equilíbrio energético e ambiental dos ecossistemas naturais, diminuir o uso de insumos e passar a mimetizar os processos da natureza são princípios e passos fundamentais para o entendimento agroflorestal sintrópico.

Assim, é importante gerar práxis e acumular experiências em todos os níveis, desde o cultivo familiar de hortaliças e plantas medicinais, até a produção em larga escala de grãos e cereais. Nesse último caso, ainda há uma lacuna imensa entre o potencial de mecanização e replicação e o desenvolvimento de técnicas de plantio e manejo que usufruem desse potencial.

## **3 HIPÓTESES**

O milho orgânico produzido entre linhas arbóreas biodiversas e estratificadas, em consórcio com capins e sob manejo sintrópico, possui produtividade igual ou superior ao milho solteiro, não consorciado com capins, bem como ao milho produzido em monocultivo convencional.

## **4 OBJETIVO GERAL**

Avaliar sistema produtivo de milho orgânico sob manejo agroflorestal sintrópico, em consórcio com capim mombaça (*Megathyrsus maximus* cv. Mombaça), capim marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) e solteiro, com ênfase no desempenho agrônômico da cultura do milho.

### **4.1 Objetivos específicos**

- Avaliar e mensurar características quantitativas do milho como:

produtividade de grãos, massa de grão por espiga, massa de mil grãos, diâmetro do colmo da planta; altura da inserção da espiga e quantidade de espiga por plantas.

- Mensurar características vegetativas de interesses agrônômicos das plantas de milho ao longo do tempo como: altura de planta, diâmetro do colmo e número de folhas.
- Registrar o tempo decorrido para o início de cada estágio fenológico da cultura (emergência, estágio vegetativo, estágio reprodutivo, maturação, linhas de leite e maturidade fisiológica), tendo como marco temporal de referência o dia de semeadura.
- Medir altura e diâmetro a altura do peito (DAP) das árvores distribuídas nas fileiras, localizadas
- Identificar estratégias e desafios para a implementação de sistemas agroflorestais sintrópicos em média e larga escala com foco em grãos, com uso de implementos que possam mecanizar os plantios e manejos ao longo do tempo.

## 5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 5.1 Agricultura Sintrópica e sistemas agroflorestais

A Agricultura Sintrópica (AS) é formada por um arcabouço de princípios e práticas que propõe guiar as práticas agrícolas de forma a resultar sempre em maior quantidade e qualidade de vida consolidada dos seres vivos envolvidos naquele ambiente, respeitando e buscando emular as dinâmicas ecossistêmicas naturais (PASINI, 2017). Antes de ser batizada por Ernst Götsch (EG) em 2013 (GÖTSCH *et al.*, 2013), Pasini (2017) lembra que a AS era, usualmente chamada, de “Agrofloresta Sucessional” (PENEIREIRO, 1999) e “Agrofloresta Sucessional Regenerativa Análoga” (SILVA, 2002).

O termo "sintrópica" tem como base o grego “*sin*” que significa "convergência", “em conjunto” e “*tropos*” significando “movimento”, "tendência" (PASINI, 2017). Ainda segundo o autor, EG traz um robusto corpo teórico composto por princípios ecológicos e práticas agrícolas modernas, polido com princípios filosóficos de interação dos humanos com o agroecossistema.

Considera-se que a sintropia é um caminho para se alcançar um nível de otimização da vida, presente desde o mundo microscópico até os níveis ecossistêmicos. A ideia é de se complexificar e gerar resiliência através de inputs de energia, como por exemplo a radiação solar e a assimilação de carbono através do uso dessa radiação por parte do maquinário fotossintético (NETO *et al.*, 2016).

É notável que as práticas sintrópicas são extremamente convergentes e compatíveis com os diferentes conceitos de sistemas agroflorestais. Porém, a AS sempre teve como objetivo emular a biodiversidade local e atingir um equilíbrio biológico produtivo para o ser humano, sem degradar a paisagem e garantindo a permanência da espécie no meio ambiente. Então, enfatiza-se que a utilização de SAF é uma questão meramente instrumental para concretização dos princípios da AS.

Para definir SAF, pode-se lançar mão de diversos conceitos organizados por Nair (1993). Basicamente, esses sistemas contam com duas ou mais culturas em que ao menos uma delas é lenhosa e perene. Também é importante que sejam fornecidos dois ou mais produtos para venda/consumo. Outro fator chave dos SAF é sua duração de cultivo perpassar mais de um ano. Por fim, o autor conclui que, por consequência, são plantios mais biodiversos e complexos econômica e ecologicamente.

Além de um conceito objetivo e restrito, é importante reforçar a ideia de que sistemas mal dimensionados e mal manejados podem ser tão ineficientes ou problemáticos como outras formas de ocupação das paisagens não sustentáveis (NAIR, 1993). Assim, os SAF não são soluções absolutas, fazendo-se necessário o entendimento sistemático e racional das variáveis pertinentes e das ferramentas necessárias para que se implemente plantios de sucesso para o agricultor e para o meio ambiente.

Atualmente, cita-se dois casos de sucesso e constante melhoria de práticas agroflorestais sintrópicas em larga escala. A Fazenda Mata do Lobo, localizada em Rio Verde (GO) (**Figuras 1 e 2**) possui 2.600 ha nos quais mais de 30 ha são dedicados à transição agroflorestal com foco na produção de grãos, como soja e milho, e de café (SCHUMACHER, 2019). O autor relata que a aplicação de herbicidas diminuiu em quase 75% e que os fertilizantes utilizados são totalmente orgânicos.

**Figuras 1 e 2** - Vista de parte de um SAF (esquerda) e vista aérea (direita) da Fazenda Mata do Lobo (@matadolobo).



Fonte: Página da Fazenda Mata do Lobo no Facebook<sup>1</sup> e no Instagram<sup>2</sup>.

A Fazenda da Toca, localizada em Itirapina (SP), buscou na agricultura sintrópica uma forma de melhorar a qualidade da produção de citros. Inicialmente com produção convencional, houve uma transição para cultivos orgânicos e atualmente existem áreas com cultivo agroflorestal desenhadas por EG, como ilustra a **Figura 3** (POZZI; NETO, 2017). Por fim, o Centro de Pesquisa em Agricultura Sintrópica (CEPEAS), visando disseminar o conhecimento de EG, vem propondo diversos desenhos para plantio de grãos em linhas arborizadas de acordo com os princípios da AS.

**Figura 3** - Vista de SAF focado em produzir citros na Fazenda da Toca (@tocaorganicos). Eucaliptos, bananeiras e capins plantados principalmente para produção de biomassa.



Fonte: Site da Fazenda da Toca<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Disponível em: <<https://www.facebook.com/matadolobo>>. Acesso em: 21 nov. 2021.

<sup>2</sup> Disponível em: <<https://www.instagram.com/matadolobo>>. Acesso em: 21 nov. 2021.

<sup>3</sup> Disponível em: <<https://fazendadatoca.com.br/agrofloresta>>. Acesso em: 21 nov. 2021.

## 5.2 Cerrado: a importância de sua preservação e regeneração

O Cerrado é o segundo maior bioma da América Latina, ocupando mais de 2 milhões de km<sup>2</sup> e área equivalente a cerca de 23% do território brasileiro (RIBEIRO; WALTER, 1998; KLINK; MACHADO, 2005). Tendo processo de evolução há 65 milhões de anos, o Cerrado é um dos mais antigos sistemas biogeográficos do planeta em sua história mais recente, consolidando-se há 45 milhões de anos (BARBOSA, 1995, 2014; DUTRA E SILVA; BARBOSA, 2020). Isso quer dizer que a partir do quinto evento de extinção em massa do planeta, ocorrido no fim do Cretáceo (HALLAM, 1987), a estrutura de fauna e flora pré-Cerrado foi uma das primeiras a se sobressair no globo (MACHADO *et al.*, 2008; PEREIRA *et al.*, 2010). Considerando o bioma como uma savana tropical floristicamente rica, Sano, Almeida, Ribeiro (2008) propõem:

O Cerrado é um “complexo vegetacional que possui relações ecológicas e fisionômicas com outras savanas da América Tropical e de continentes como a África e a Austrália”.

Alguns autores (EITEN, 1972, 1982; RIBEIRO; WALTER, 1998), denotam que as fisionomias florestais, savânicas e campestres (SANO; ALMEIDA; RIBEIRO, 2008; SANTOS *et al.*, 2020) do Cerrado são influenciadas por fatores naturais edafoclimáticos, geomorfológicos, topográficos, pela latitude e pela frequência das queimadas naturais. Não somente, fatores antrópicos como o desmatamento para fins agropecuários e para extração de madeira, e o uso do fogo como ferramenta de manejo de pastagens, trazem uma complexidade maior ao bioma. Sano, Almeida, Ribeiro (2008), então continuam:

Santos, Innocêncio, Guimarães (1977), por sua vez, concluíram que “deve-se evitar enquadrar os Cerrados na classificação mundial das formações vegetais como um subtipo dos modelos já reconhecidos, mas, sim, considerá-lo como um termo autônomo, individualizado e *sui generis*”.

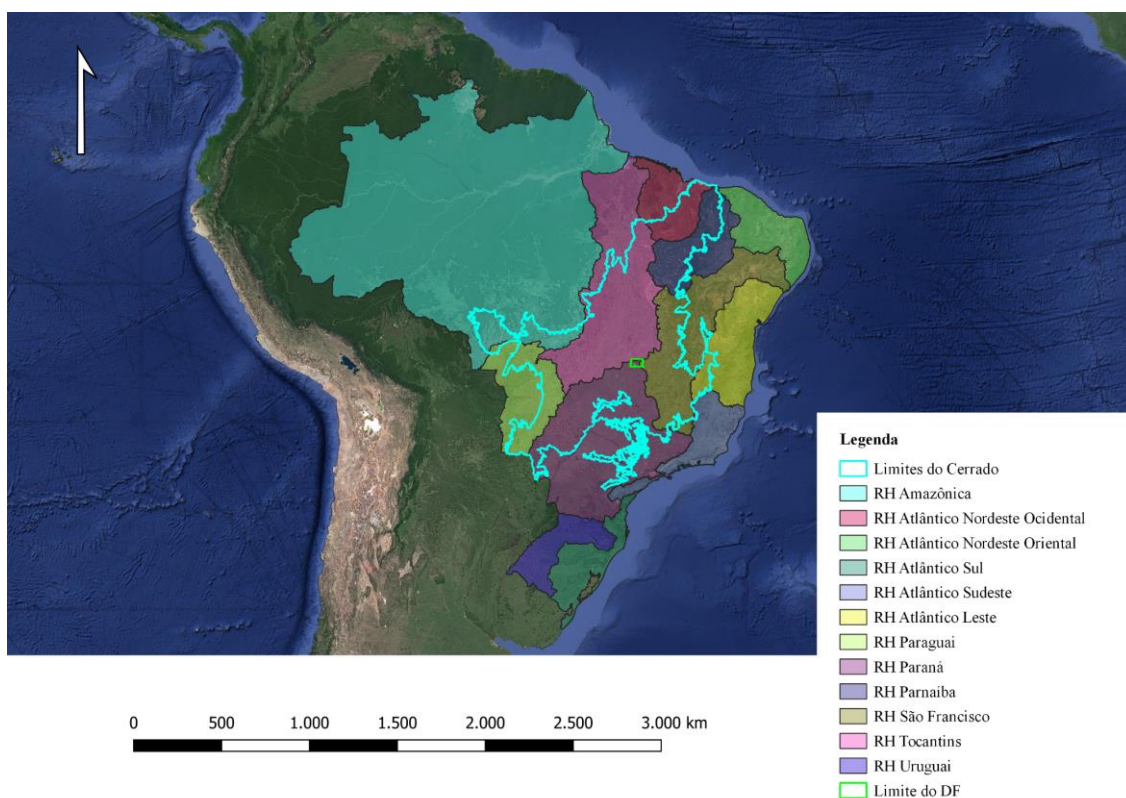
Independente dessa definição, a importância do Cerrado brasileiro reside na sua biodiversidade com expressão nacional e mundial, representando aproximadamente 30% da riqueza das espécies brasileiras (AGUIAR; AMABÍLIO, 2004). O bioma é também berço das mais importantes bacias hidrográficas do país, como mostrado na **Figura 4**



(SANO; ALMEIDA; RIBEIRO, 2008). Os autores lembram que o Brasil possui a maior vazão fluvial no mundo, alcançando 19% dos 42.600 km<sup>3</sup>/ano.

Com registros de atividades humanas em épocas pré-andinas, ou a 12.000 anos antes do presente, o Cerrado sofreu inúmeras transformações entrópicas, sendo uma das mais clássicas a extinção de sua megafauna e a desertificação de algumas paisagens savânicas (SANO; ALMEIDA; RIBEIRO, 2008; BARBOSA, 2009). Apesar disso, as várias comunidades indígenas e de caçadores coletores aproveitavam os diversos frutos, plantas medicinais e materiais de construção fornecidos pela flora nativa do bioma (DIAS; LAUREANO, 2009; GUÉNEAU; DINIZ; PASSOS, 2020).

**Figura 4** - Regiões hidrográficas (RH) do Brasil e limites territoriais do Cerrado



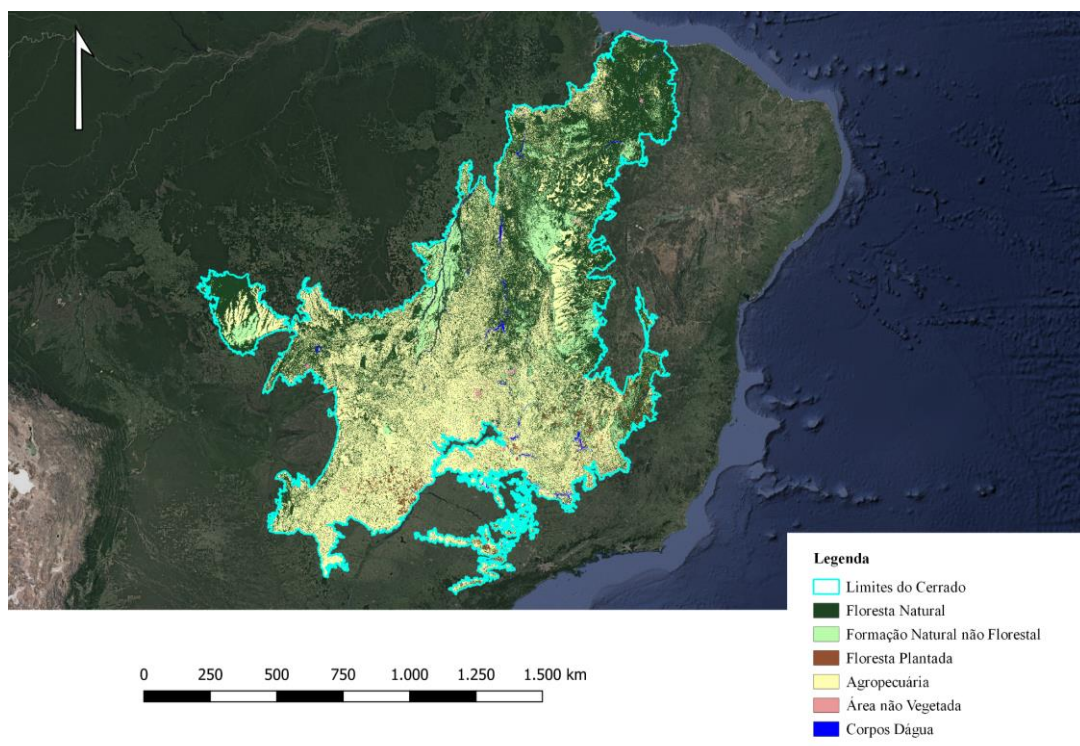
Fonte: ANA (2017), IBGE (2019) e Google Satellite 2021.

Apesar de ser mais conhecido atualmente, o potencial de produção e beneficiamento de frutos do Cerrado é negligenciado. O bioma ainda passa a impressão de ser hostil, árido, desértico e pobre (GUÉNEAU; DINIZ; PASSOS, 2020), mas a verdade está longe dessa percepção, visto que há toda uma flora a ser redescoberta por quem não tem contato direto e cotidiano com os seus frutos nativos. Inicialmente utilizados para subsistência dos ocupantes do Planalto Central e fonte de energia extra

para os desbravadores e colonizadores da região (VIEIRA *et al.*, 2010), os frutos do Cerrado possuem sabores variados e aspectos nutricionais atraentes. Publicações mais recentes compilam frutos atrativos tanto para fauna selvagem como para o próprio *H. sapiens* (KUHLMANN, 2018). O ISPN (2021) reúne diversos manuais tecnológicos para aproveitamento e beneficiamento de frutos e outros produtos do Cerrado, a citar: babaçu (*Attalea speciosa*), baru (*Dipteryx alata*), buriti (*Mauritia flexuosa*), cagaita (*Eugenia dysenterica*), gueroba (*Syagrus oleracea*), jatobá (*Hymenaea spp.*), mangaba (*Hancornia speciosa*), pequi (*Caryocar brasiliense*), umbu (*Spondias tuberosa*).

A delicadeza da situação do Cerrado está atrelada ao fato do bioma ser um dos 36 *hotspots* de biodiversidade mundial (CEPF, 2020) e de estar extremamente pressionado por desmatamentos que visam a instauração de monoculturas de grãos, cereais e pastagens. Segundo Machado *et al.* (2004), até 2002, a área desmatada foi de 54,9% e o ritmo de supressão de áreas nativas foi de 2,2 milhões de ha entre 2002 e 2016. A Rede MapBiomias (2021a) traz dados de 2020: foram suprimidos 432.183 ha de Cerrado nativo, correspondendo a 31,2% do desmatamento no Brasil no ano em questão (**Figura 5**). Para completar o cenário de vulnerabilidade, apenas 4,4% da área total do bioma é ocupada por Unidades de Conservação (UC), tanto para uso sustentável como de proteção integral (AGUIAR; AMABÍLIO, 2004; KLINK; MACHADO, 2005).

**Figura 5** - Área de abrangência do Cerrado brasileiro e áreas de vegetação nativa remanescentes em verde escuro.



Fonte: IBGE (2019), MapBiomias (2021b) e Google Satellite 2021.

Apesar de apresentar solos quimicamente inférteis, a alta tecnificação e o uso intensivo de insumos agrícolas faz com que as regiões planas do Cerrado tornem o bioma a mais recente fronteira agrícola mundial (KLINK; MACHADO, 2005; MAPBIOMAS, 2021b). Toda essa nova forma de ocupação do solo gera mosaicos e fragmentos na paisagem que tornam o fluxo genético deficitário, sendo necessárias novas propostas de iniciativas que recomponham e reconectem esses pedaços isolados ao longo do bioma (AGUIAR; AMABÍLIO, 2004).

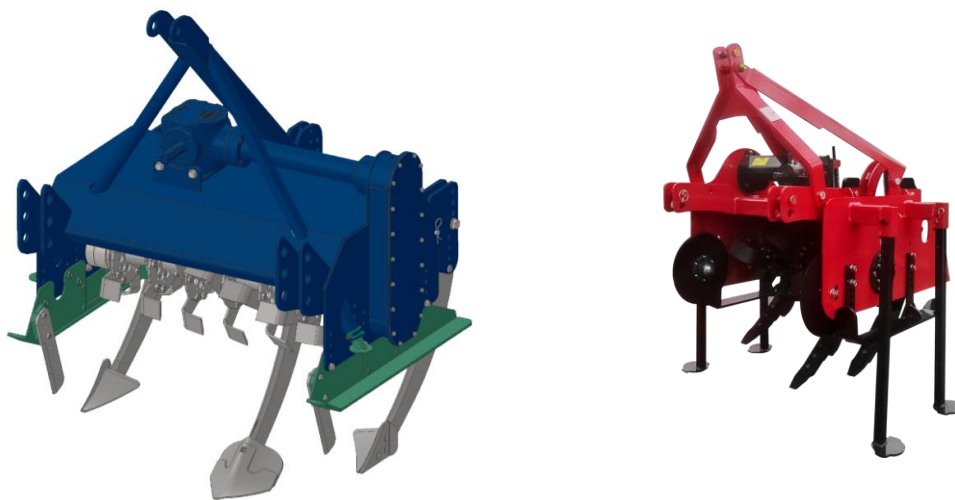
É nesse cenário que se propõe o uso de princípios sintrópicos para projetar sistemas agrícolas produtivos, regenerativos e em larga escala. Não basta “cercar” áreas degradadas e deixá-las em pousio. A necessidade de interação com grandes áreas é uma realidade da espécie humana atual e densamente populosa. O *H. sapiens* é parte integrante desse processo de complexificação em direção a paisagens abundantes, com suas práticas e habilidades de manejo e semeadura, não apenas espectadores ou exploradores de recursos. Como ente biológico, a espécie é parte dos sistemas vivos e sua ausência pode ser mais trágica do que sua presença predatória. O caminho que parece óbvio é o que leva à reintegração do ser humano à natureza, com relações baseadas nas interações que gerem saldos sempre positivos sem deixar de lado a presença humana e a produção de alimentos.

### 5.3 Plantando florestas para plantar grãos

Como proposto por Neto *et al.* (2016), o uso de técnicas de plantio direto de grãos e cereais na palhada de SAF é algo incipiente na práxis agroflorestal e que deve ser alvo de constante desenvolvimento e modificação de processos. Nair (1985) cita tipos de sistemas agrossilvipastoris, sendo que o cultivo de grãos pode se encaixar bem com o estabelecimento de faixas de árvores (considerando o arranjo espacial dos componentes).

O grande desafio é dimensionar essas faixas arbóreas de acordo com as medidas de tratores e implementos e a disponibilidade destes (NETO *et al.*, 2016). Pode-se dizer que os implementos mais importantes são os de plantio direto, as enleiradoras, as ceifadoras, os subsoladores e as colheitadeiras. EG vem dedicando parte de suas pesquisas no desenho de implementos voltados para práticas da AG. As **Figuras 6 e 7** mostram a combinação de enxada rotativa com subsolador, permitindo que o preparo do solo ocorra com menos passadas de trator na mesma área e evitando assim a compactação causada pelo peso do maquinário.

**Figuras 6 e 7** - Implementos Tree Line Preparer TLP-80 S da RhenusTEK (esquerda) e Subsolador Rotativa Agroflorestal SRAF da SR Implementos (@sr\_implementos) (direita), ambos com enxada rotativa com subsolador.



Fonte: Site da RhenusTEK<sup>4</sup> e da SR Implementos<sup>5</sup>.

Ferramentas manuais adequadas também precisam ser testadas e possivelmente adaptadas para uso nos manejos das linhas de árvores. Caso não se disponha de tecnologias e mão de obra, é necessário reavaliar a inserção de algumas espécies nesses sistemas, pois projeções mal avaliadas do SAF podem levar à improdutividade e a prejuízos financeiros, sociais e ecológicos (NAIR, 1985).

Para geração de palhada, Neto *et al.*, (2016) propõem uma área de capim de 3 a 4 vezes maior que a área de cultivo, nos primeiros anos. Quando as culturas e as árvores começam a produzir biomassa, é possível diminuir essa área para 2 vezes. Assim, para o manejo da entrelinha pode ser feito com o implemento cata capim, ideal para roçar a área, processar a biomassa e distribuir no mesmo local (cobertura para o capim) ou nas linhas de árvore (foco a longo prazo). A **Figura 8** mostra o cata capim sendo utilizado com seu direcionador de palhada.

Um problema atrelado a esse tipo de manejo é a rápida perda de massa seca da cobertura dessa palhada, visto que o implemento rompe os tecidos em diversos pontos, expondo muito mais o material vegetal à oxidação e decomposição. Quando se efetua

<sup>4</sup> Disponível em: <<http://www.rhenustek.ch>>. Acesso em: 21 nov. 2021.

<sup>5</sup> Disponível em: <<https://www.srimplementos.com/produtos>>. Acesso em: 21 nov. 2021



apenas a roçada como operação, sem direcionamento do material processado, o capim protege o solo por mais tempo, mas não é tão facilmente deslocado para pontos de interesse do sistema.

**Figura 8** - Cata capim, implemento que roça a lavoura, processa a palhada e distribui com direcionamento.



Fonte: Site da Schemaq<sup>6</sup>.

Com o tempo, o capim pode perder vigor produtivo ocasionado pelos cortes imprecisos e grosseiros dos equipamentos ceifadores inapropriados para esse tipo de manejo (tendo em vista que para otimização da rebrota vigorosa e saudável dos capins, são necessárias lâminas devidamente afiadas para realizarem um corte limpo). Outro fator que contribui para o declínio vegetativo do capim é o peso do maquinário que passa por cima da lavoura em operações agrícolas (NETO *et al.*, 2016). Então, o uso de equipamentos mais leves e mais precisos para corte adequado do capim são estratégias interessantes para estender a qualidade da palhada fornecida. Nesse sentido, o plantio adensado de capim em linhas intercaladas pode facilitar o processo de manejo. Essa forma de cultivo das gramíneas pode também servir o propósito de suprimir o crescimento e desenvolvimento de plantas espontâneas indesejadas tanto com a geração de palhada como pelo sombreamento rápido de suas regiões periféricas à linha adensada.

<sup>6</sup> Disponível em: <<https://www.schemaq.com.br/cata-capim>>. Acesso em: 17 nov. 2021.

Em todo novo ciclo de cultivo de grãos, as “árvores de serviço” são drasticamente podadas para entrada de luminosidade. Essas espécies são inseridas em cultivos com a finalidade de se promover algum benefício não ligado à colheita de produtos, como: descompactação de solo, FBN, fornecimento de palhada para cobertura, inibição alelopática de plantas espontâneas, etc. Faz-se então necessária outra operação de distúrbio intenso no SAF. Essa operação pode ser otimizada com o uso de plataformas (**Figuras 9 e 10**) que elevam o motosserrista ao nível do corte, economizando tempo e garantindo maior segurança na poda.

**Figuras 9 e 10** - Cesto elevatório para poda em altura Sítio Semente (janeiro/2021) (esquerda) e eucaliptos de sistema de café sombreado recém manejados na Fazenda Mata do Lobo (@matadolobo) (direita).



Fonte: Autor e página da Fazenda Mata do Lobo no Instagram<sup>7</sup>.

Todo esse processo é pensado para que os grãos sejam produzidos com qualidade, com menos ou nenhum insumo externo, gerando palhada localmente e aumentando a MOS. Depois de alguns anos de cultivo, a área deve se tornar uma floresta plantada e manejada, com escoamento de frutas, resinas, madeira e diversos outros produtos de valor agregado maior do que a comercialização de grãos pode oferecer, além da proteção do solo e da água promovida pela presença de componentes arbóreos. Culturas como inhame (*Colocasia esculenta*), açafrão (*Curcuma longa*), gengibre (*Zingiber officinale*), taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) e café (*Coffea arabica*); a produção de feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) podem ser opções para utilização das entrelinhas sombreadas.

<sup>7</sup> Disponível em: <<https://www.instagram.com/matadolobo/>>. Acesso em: 21 nov. 2021.

Sem esse retorno financeiro a médio e longo prazo atrelado ao planejamento e execução desses SAF, não há sustentabilidade garantida.

#### 5.4 Milho (*Zea mays ssp mays* L.)

O milho (*Z. mays ssp. mays* L.) é uma gramínea da família Poaceae (classe Liliopsida, ordem Poales) com origem na região da Mesoamérica conhecida hoje como o México. É uma espécie agrícola com alto grau de heterozigose por ser uma planta alógama e ser polinizada principalmente através da ação do vento (BORÉM; MIRANDA, 1998).

Diferente da domesticação de muitos cereais e legumes da região do Crescente Fértil (e de outros centros de origem), o processo de cultivo intencional do milho mostra-se mais complexo e surpreendente (DIAMOND, 2017). A distância morfológica entre sua forma atual e seu ancestral selvagem, o teosinto (*Z. mays ssp. mexicana* [Schrad.] Kuntze), é tão grande em termos de tamanho e qualidade dos grãos que as hipóteses mais aceitas apontam para a direção de uma domesticação lenta (MATSUOKA *et al.*, 2002).

Diamond (2017) ressalta que a cultura se espalhou por toda a América e passou inclusive por processos de melhoramento para cultivo nos verões curtos dos EUA. Mesmo não sendo um cereal muito proteico, o milho é rico nutricionalmente em carboidratos (principalmente amido) e é utilizado mundialmente para alimentação humana e para produção de ração animal (DIAMOND, 2017). Destaca-se o uso cultural, no Brasil, para produção de cuscuz, pamonha, cural, fubá e farinha.

Também considerado como uma *commodity*, *Z. mays* tem grande importância no cenário do agronegócio brasileiro e mundial. A área plantada de milho vem crescendo expressivamente, apesar do constante aumento da produtividade. Até a década de 90, se observava uma área plantada extensa (chegando a 13 milhões de ha) em contraste com a baixa produtividade (de no máximo 2 t/ha). Atualmente a realidade mudou em relação à produtividade, com área plantada na safra de 2020/21 de 19,9 milhões de hectares e produtividade atingindo 4,3 t/ha e expectativa de aumento para 5,5 t/ha em 2021/22 (CONAB, 2020).

Tido como importante insumo para composição de rações de animais produtores de leite, carne e ovos orgânicos certificados (CRUZ *et al.*, 2006; FONTANETTI, 2008), o milho orgânico brasileiro vem ganhando espaço no mercado, com crescimento de 90%

em 2020 em relação a 2019 (LANDAU; CAMPANHA; MATRANGOLO, 2021). Os autores deste recente estudo sobre a distribuição geográfica desse cultivo no país apontam que atualmente, mais da metade dessa produção se concentra na região Sul do país, sendo que 31,2% destes produtores estão no Paraná. Isso ocorre por conta de um arcabouço legislativo favorável, da existência de programas e projetos públicos que fomentam a produção orgânica, de empresas que compram a produção e fornecem assistência de extensão, da experiência acumulada dos produtores do estado, que foi líder na produção de milho e de vários fatores culturais e geográficos (LANDAU; CAMPANHA; MATRANGOLO, 2021). No contexto do Distrito Federal (DF), percebe-se que há uma densidade alta de produtores, não só por conta do tamanho da unidade federativa, mas outros fatores são elencados por Landau, Campanha e Matrangolo (2021) como: proximidade das propriedades rurais com os centros de comercialização, demanda crescente por alimentos orgânicos e mais saudáveis, existência de instituições de consultoria e extensão, fatores culturais e existência de consumidores com renda e grau de instrução mais elevados.

Em contraste com esse cenário positivo, coloca-se os desafios desse tipo de produção de milho. O manejo de plantas espontâneas pode chegar a representar 18% do custo de produção e geralmente é feito através de capinas manuais com enxada (CRUZ *et al.*, 2006; BALDUINO, 2020). Dessa forma, a implantação de linhas de capins alternadas com as linhas de cultivo é proposta interessante, uma vez que o capim fornece palhada que cobre o solo (KICHEL; COSTA; ALMEIDA, 2009), além de ser vigoroso e evitar o surgimento dessas espécies espontâneas através do rápido sombreamento do solo. Não somente, os capins otimizam a fotossíntese em épocas que não há cultivo, protegendo assim o solo e alimentando a microbiota local. Por fim, a adubação de cobertura com fornecimento de nitrogênio (N) adequado e em sincronia para a cultura é um gargalo considerável para os sistemas orgânicos (MULLER *et al.*, 2017; BALDUINO, 2020).

Além disso, os preços ainda são maiores que os valores praticados no mercado convencional (GAZZOLA *et al.*, 2019). Uma das causas que se aponta é o funcionamento do mercado, onde a demanda é maior do que a oferta (SAQUET *et al.*, 2010; GAZZOLA *et al.*, 2019). Também existe a problemática dos custos elevados com mão de obra, referida anteriormente.

Dentro do conhecimento agroflorestal sintrópico, *Z. mays* é considerada uma planta de estrato emergente (pois não tolera sombreamento) e de ciclo curto (MICCOLIS *et al.*, 2016; NETO *et al.*, 2016). Pode ser cultivado no início de SAF, quando há



colonização da área, ou em cultivos de renovação, quando há abertura de clareiras. Pode ser uma planta heliófita de distúrbio, que promove a colonização rápida e interage positivamente com as mudas de espécies lenhosas secundárias e primárias, protegendo-as da insolação direta inicial.

Em termos de produção de biomassa, o milho fornece uma ótima palhada, com relação C:N superior a 40 (WISNIEWSKI, 1997). É importante lembrar que a matéria vegetal, fornecida para o sistema através do manejo de corte das plantas, deve ser equilibrada e de boa qualidade, sendo que a alta relação C:N pode gerar um consumo imediato do N mineralizado no solo no curto prazo, diminuindo assim a disponibilidade deste nutriente para as plantas de ciclo rápido (MOREIRA, 2006). Assim, justifica-se o uso de leguminosas nos períodos de entressafra, para que haja entradas de N através da fixação biológica de nitrogênio (FBN).

### **5.5 Eucalipto (*Eucalyptus urograndis*)**

O gênero *Eucalyptus*, originário da Oceania (especialmente da Austrália), possui mais de 700 espécies botânicas descritas, pertencendo à família Myrtaceae (classe Magnoliopsida, ordem Myrtales) (PENTEADO, 2019; CAVALHEIRO, 2021). Atualmente, explora-se comercialmente aproximadamente 20 dessas espécies em todas as regiões brasileiras (PENTEADO, 2019). O cultivo comercial de eucaliptos possibilita a colheita de uma grande diversidade de produtos florestais como madeira, folhas, resinas, cascas e galhos, e a promoção de diversos serviços ecossistêmicos, como o fornecimento de pólen e néctar para fauna que visita as flores, proteção do solo contra erosão, fixação de carbono, maior ciclagem de nutrientes e amenização climática (IBÁ, 2017).

O Brasil se destaca na produção de celulose, sendo o segundo maior produtor do mundo. Com 6,97 milhões de hectares em 2019, atingiu-se 19,7 milhões de toneladas destinados principalmente ao mercado externo (IBÁ, 2020). Apesar disso, observa-se uma problemática nos arranjos convencionais de florestas de eucalipto, altamente atrelados à prática da monocultura. Sistemas adensados e com pouca biodiversidade (principalmente no sub-bosque) podem ser otimizados verticalmente para maior aproveitamento da radiação solar incidente em processos fotossintéticos, uma vez que a luz é fonte de energia gratuita e amplamente disponível nos trópicos. Ademais, sistemas com monoculturas de eucalipto promovem acumulação de matéria seca e inflamável sob o solo, além de permitir correntes de vento que desidratam a paisagem. Isso, somado a

fatores topográficos e climáticos, pode levar a incêndios catastróficos em termos econômicos, sociais e ecológicos (TORRES *et al.*, 2020).

Por apresentar crescimento muito rápido e produzir muita biomassa foliar, algumas espécies de *Eucalyptus* estão sendo adotadas em sistemas agroflorestais para fornecer material para cobertura do solo e produtos florestais de ciclo curto, sendo que a madeira pode ser colhida a partir de 5 anos (MICCOLIS *et al.*, 2016; NETO *et al.*, 2016). Em sistemas de monocultura, há estudos que indicam a produção de 3,05 a 6,21 t/ha de biomassa foliar (WINK *et al.*, 2012). Observa-se a adoção do eucalipto em limites de propriedades e de cultivos para ter a função de quebra-vento.

O gênero *Eucalyptus* é bastante conhecido pela sua associação micorrízica (MEJSTŘÍK; CUDLÍN, 1983) tanto em estágios iniciais como em idade mais avançada. Inicialmente há colonização de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) que ao longo do tempo vai sendo substituída por fungos ectomicorrízicos (FECM) (BELLEI; GARBAYE; GIL, 1992; SANTOS *et al.*, 2001; CAMPOS *et al.*, 2011). Esse tipo de relação simbiótica que ocorre na rizosfera pode ser responsável por aumentar a capacidade da planta em absorver nutrientes, como fósforo (P) e nitrogênio (N) (MARSCHNER; DELL, 1994; SMITH; READ, 2010); e pode também auxiliar as plantas em momentos de estresse hídrico (MORATELLI *et al.*, 2007). No início, o híbrido *E. urograndis* apresenta maior adaptabilidade aos padrões climatológicos da região do Cerrado brasileiro, principalmente relativo ao estresse hídrico (PENTEADO, 2019). Ademais, é uma espécie conhecida e cultivada na área agroflorestal da FAL/UnB.

A literatura que versa sobre práticas sintrópicas considera o eucalipto como um sucessor do milho, pois é também de estrato emergente, porém de um ciclo mais avançado (MICCOLIS *et al.*, 2016; NETO *et al.*, 2016).

## **5.6 Mogno africano (*Khaya grandifoliola* [Welw] CDC)**

Classificado como pertencente a uma espécie arbórea caducifólia da família Meliaceae (classe Magnoliopsida, ordem Sapindales), o mogno africano (*Khaya grandifoliola* [Welw] CDC) possui centro de origem no continente africano. Encontra-se *K. grandifoliola* naturalmente mais precisamente em matas de galeria de savanas mais úmidas, passando pela Costa do Marfim, Togo e pela República Dominicana do Congo (REIS *et al.*, 2019). Além disso, sua área de distribuição está em sua maioria nas faixas de até 1.400 m, assemelhando-se à realidade do Cerrado (OPUNI-FRIMPONG, 2008).

O principal produto obtido a partir de *K. grandifoliola* é sua nobre madeira de cerne avermelhada, utilizada para mobiliário duradouro, instrumentos musicais e construção civil e naval, que pode começar a ser colhida a partir de 10 anos (REIS *et al.*, 2019). Assim, é um contraste com a madeira produzida pelos eucaliptos, tanto pela qualidade, como pelo tempo necessário para seu amadurecimento e desenvolvimento de cerne aproveitável.

O Brasil teve área plantada de florestas de mogno ultrapassando 37 mil ha em 2018, sendo procurado para paisagismo misto e por parte do setor de florestas plantadas (REIS *et al.*, 2019). Na contramão, os autores apontam que ainda não existem indivíduos com idade superior a 40 anos no país, sendo os mais antigos localizados no estado do Pará.

Em termos de produtos não madeireiros, as espécies de *Khaya* podem ser exploradas de forma a aproveitar e beneficiar a casca, as folhas e as raízes (REIS *et al.*, 2019). Os autores afirmam que existe possibilidade de uso medicinal humano e veterinário. Abdel-Wareth, Hammad e Ahmed (2014) estudaram usos alimentícios veterinários de folhas de *K. senegalensis*, sendo necessários, entretanto, mais estudos para elucidar doses ideais e que não sejam tóxicas. Complementarmente, Aviara *et al.* (2014) discutem outras possibilidades de obtenção de produtos não madeireiros provindos do mogno africano: o óleo contido nas sementes, que pode chegar a 67% de concentração da massa. Conhecido como *mayin daci*, o óleo pode ser utilizado em cosméticos e na alimentação (AVIARA *et al.*, 2014). Taiwo e Ogunboedede (1995) relatam que a casca de *K. ivorensis* é rica (27%) em taninos extraídos e utilizáveis na indústria de adesivos. Por fim, Adedeji *et al.* (2018) versam sobre o potencial uso de compostos provindos do mogno para fins de controle natural de cupins.

Devido a aspectos relativos a seus usos etnobotânicos, o gênero *Khaya* foi colocado à prova por vários pesquisadores a fim de se entender a possível relação com efeitos antimaláricos. A presença de uma variedade de limonóides extraídos da casca do fuste de fato confere essa propriedade medicinal, não sendo, porém, um tratamento efetivo se feito sem complemento com outros medicamentos mais eficientes (LEE *et al.*, 2008; ADEBAYO; KRETTLI, 2011; NOURAIN; BEWAJI, 2017).

O mogno pode ser compreendido como uma planta que se beneficia quando ocupa o estrato alto. Reis *et al.* (2019), citando Praciak *et al.* (2013), afirmam que existe uma certa tolerância ao sombreamento. Os mesmos autores pontuam que é uma árvore de sistemas com fortes distúrbios, como os sistemas sintrópicos de produção. Somado a isso,

existem relatos de empresas que utilizam espécies de mogno-africano (*K. ivorensis* e *K. senegalensis*) consorciados, em sistemas agroflorestais, com palmito (*Euterpe* sp.), pupunha (*Bactris gasipaes*), guanandi (*Calophyllum brasiliense*) e café (*Coffea* sp.) (REIS *et al.*, 2019).

### **5.7 Citros tropicais: limão taiti (*Citrus latifolia* Tanaka) e ponkan (*Citrus reticulata* Blanco cv. Ponkan)**

Na classificação botânica de Tanaka (TANAKA, 1969, 1977; SANTOS FILHO; MAGALHÃES; COELHO, 2005), os citros são classificados como pertencentes à classe Magnoliopsida, à ordem Sapindales e à família Rutaceae, esta possuindo 13 gêneros. *Citrus* é o gênero mais expressivo desse grupo de plantas e suas espécies possuem origem principalmente nos centros indiano e birmanês (BORÉM; MIRANDA, 1967). Globalmente, os cítricos são cultivados em 114 países, entre os quais 53 países os cultivam comercialmente com uma produção total de mais de 115 milhões de toneladas (LIU; HEYING; TANUMIHARDJO, 2012). A citricultura brasileira produziu, em 2019, aproximadamente 2,5 Mt de acordo com a FAO (2019), correspondendo a 3,2% da produção mundial deste ano, que atingiu 78,1 Mt.

Com folhas, flores e frutos aromáticos e ricos em vitamina C, espécies de citros atingem porte médio (COELHO *et al.*, 1998; MATTOS JUNIOR *et al.*, 2005) e podem ser comercialmente exploradas com a produção de frutos, sucos e óleos essenciais (LOTA *et al.*, 2002; TAYLOR; LINFORTH, 2010). O Brasil é um expoente, juntamente com a Flórida, no mercado de produção de laranja, que movimenta mais de 2 bilhões de dólares por ano e produz mais de 75 mil toneladas por ano de óleos e terpenos extraídos, que futuramente são utilizados na indústria alimentícia como aromatizantes, corantes e realçadores de sabor (LOTA *et al.*, 2002; TAYLOR; LINFORTH, 2010).

A lima ácida conhecida como limão Taiti (*C. latifolia*) (SANTOS FILHO; MAGALHÃES; COELHO, 2005) tem origem tropical em cultivos californianos, os quais foram estabelecidos através da importação de plantas provindas do Taiti (COELHO *et al.*, 1998) e não apresenta sementes aparentes por ser um híbrido triplóide com óvulos e grãos de pólen inviáveis (PINTO; SOUSA; RAMOS, 2004; MATTOS JUNIOR *et al.*, 2005; ALMEIDA, 2018).

O ciclo de produção dessa lima é constante se houver disponibilidade hídrica (SANTOS FILHO; MAGALHÃES; COELHO, 2005), possibilitando várias colheitas no ano e períodos de produção baixa a depender da estratégia de fornecimento do produtor

e do movimento do mercado (COELHO *et al.*, 1998; ALMEIDA, 2018). Apesar disso, Coelho *et al.* (1998) e Rodrigues *et al.* (2018) reforçam que o solo deve ser bem drenado a fim de evitar ocorrência de gomose (fungos do gênero *Phytophthora* spp). Por ser um híbrido precoce, *C. latifolia* começa a produzir a partir do terceiro ano (ALMEIDA, 2018), com rendimento relatado, no quarto ano, de 23 a 37 kg/planta em São Paulo e 27,2 a 40,9 kg/planta na Flórida (COELHO *et al.*, 1998). No sexto ano, Coelho *et al.* (1998) mostra rendimentos de 67 a 141 kg/planta em São Paulo e 90,8 a 113,5 kg/planta na Flórida. Os frutos podem ser colhidos de 120 (COELHO *et al.*, 1998) a 170 dias (ALMEIDA, 2018) após a ocorrência da florada.

Se em 1998, Coelho *et al.* afirmavam haver uma área aproximada de 40 mil ha de produção de taiti, atualmente essa área abrange mais de 56 mil ha, sendo São Paulo o estado expoente na produção do fruto (PINTO; SOUSA; RAMOS, 2004; ALMEIDA, 2018; IBGE, 2020).

A mexerica Ponkan, (*Citrus reticulata* Blanco cv. Ponkan), que apresenta frutos não climatéricos (LEE; ZHONG; CHANG, 2015) e mais doces, é uma cultivar de tangerina muito popular na China e a mais cultivada no Brasil (MENDONÇA *et al.*, 2006; BAO *et al.*, 2015; COLODEL; VRIESMANN; PETKOWICZ, 2018). A facilidade de se descascar frutos de Ponkan conferem característica desejável e atraente para o consumo *in natura* (MENDONÇA *et al.*, 2006; VALE *et al.*, 2006; COLODEL; VRIESMANN; PETKOWICZ, 2018). Segundo o IBGE (2020), a área total cultivada de tangerinas excedeu os 55,6 mil ha, produzindo aproximadamente 1 Mt de frutos.

Os plantios de citros consorciados com leguminosas e plantas anuais é uma prática consolidada e recomendada, contribuindo-se assim com a descompactação do solo e a entrada de N no sistema citricultural (SANTOS FILHO; MAGALHÃES; COELHO, 2005). Coelho *et al.* (1998) cita o feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) como espécie que ajuda a controlar a vegetação indesejável e a melhorar a fertilidade do solo.

As plantas cítricas de pomares produtivos normalmente são compostas por um porta-enxerto, responsável pela absorção de nutrientes, tolerância ao estresse hídrico, resistência a doenças, taxas de crescimento da copa e maturação dos frutos e um enxerto que trará as características genéticas para a parte aérea da planta a ser cultivada (MATTOS JUNIOR *et al.*, 2005; RODRIGUES *et al.*, 2018). A vasta maioria dos porta-enxertos é composta pelo limão cravo (*Citrus limonia*) que apresenta boa resistência e adaptação a condições bióticas e abióticas (COELHO *et al.*, 1998).

Por fim, classifica-se a maioria das espécies de *Citrus* como plantas de estrato médio/alto e a temperatura ideal produtiva gira em torno de 25°C a 31°C. Assim, beneficia-se de sombreamento parcial. Temperaturas maiores ou menores paralisam a produção. Em termos estruturais, busca-se conduzir a planta para obter-se 2, 3 ou 4 ramos a uma altura de 0,5 a 0,6 m (COELHO *et al.*, 1998; SANTOS FILHO; MAGALHÃES; COELHO, 2005).

### **5.8 Capins Mombaça (*Megathyrsus maximus* Jacq. cv. Mombaça) e Marandu (*Urochloa brizantha* Hochst. ex A. Rich. Webster cv. Marandu)**

A utilização de capins de origem africana de rápido crescimento e alta produção de biomassa justifica-se por conta da otimização da fotossíntese do sistema como um todo e por proporcionar cobertura do solo em diferentes momentos. Enquanto vivo, o capim pode se associar com diversos microrganismos simbióticos solubilizadores de minerais e gerar habitats para fauna do solo em sua rizosfera (ARAUJO; PEDROSO, 2013). Por apresentarem um sistema radicular que se renova mensalmente independente de manejo, essas plantas cumprem um importante papel como condicionadoras de solo. Sendo assim, se encaixam muito bem como “plantas de serviço”.

É importante destacar que há preferência por se utilizar capins entouceirantes ao invés de decumbentes, pois seu crescimento cespitoso, focalizado e adensado facilita o manejo e dispensa cuidados com a invasão do capim nas linhas de cultivo (REBELLO, 2018).

O capim Marandu (*U. brizantha* Hochst. ex A. Rich. Webster cv. Marandu) está classificado como pertencente à família Poaceae (Classe Liliopsida, Ordem Poales). Ecotipo lançado pela Embrapa Gado de Corte em 1984, Marandu é uma variedade originária de regiões vulcânicas com solos férteis do continente Africano, relata Paula Júnior (2007).

O gênero *Brachiaria* (syn. *Urochloa*) foi responsável por permitir a expansão da pecuária brasileira a partir da década de 60. Por conta da rusticidade dessas espécies, tolerância a solos ácidos e de baixa fertilidade, e adaptações edafoclimáticas, essa expansão de pastos com *Brachiaria* foi intensa no Cerrado (PAULA JÚNIOR, 2007;

CECCON, 2013). Dessa forma, a produção de animal em peso vivo/ha/ano pôde saltar de 20 kg a 180 kg (ARAÚJO; PEDROSO, 2013).

Em contrapartida, a cultivar Marandu é, dentre as opções de seu gênero, uma variedade mais exigente em fertilidade e correção de acidez (PAULA JÚNIOR, 2007). Se essas condições estiverem adequadas, a facilidade de estabelecimento do capim é notável. Não exclusivamente, o autor menciona outras características desejáveis que estão presentes nessa variedade são seu comportamento entouceirante, diferente da maioria do gênero; sua tolerância à seca, podendo suportar 5 meses de estiagem; e produção de biomassa seca podendo ultrapassar 30 t/ha/ano.

O capim Mombaça (*M. maximus* Jacq. cv. Mombaça) pertence ao gênero *Megathyrsus* (syn. *Panicum*), incluído na mesma família de *U. brizantha*. Inicialmente difundido pela cultivar Colômbio, a espécie foi ganhando novas cultivares, inclusive a cv. Mombaça. *Panicum* é um gênero com distribuição pantropical ampla em diversos continentes (PAULA JÚNIOR, 2007).

Esse gênero tem comportamento semelhante a *U. brizantha*, exige pastagens mais férteis e corrigidas para uma resposta mais expressiva em produtividade, lembram Araujo e Pedroso (2013) e Oliveira *et al.* (2016). A cultivar Mombaça também foi lançada pela Embrapa Gado de Corte, em 1993, sendo, portanto, mais recente que o capim Marandu e podendo atingir uma produção de 33 t/ha/ano de biomassa seca (PAULA JÚNIOR, 2007).

Apesar de serem considerados ocupantes do estrato baixo de sistemas agroflorestais (são plantas rasteiras), os capins são exigentes em luz e não toleram sombreamento. Assim, pode-se dizer que são espécies idealmente de estrato alto. Então, a rebrota pode ser atrasada para cultivo de grãos semeados logo após a roçada das touceiras e que logo sombreiam o capim (NETO *et al.*, 2016; PASINI, 2017; REBELLO, 2018).

## **5.9 Feijão de porco (*Canavalia ensiformis* [L.] DC)**

O feijão de porco (*C. ensiformis* [L.] DC) é uma espécie anual (podendo ser bianual), com centro de origem na América Central, sendo, todavia, encontrado em sua forma selvagem nas regiões tropicais de outros continentes (PAULA JÚNIOR, 2007). Pertencente à família Fabaceae (Classe Magnoliopsida, Ordem Fabales), *C. ensiformis* é uma planta bastante utilizada como cultura de cobertura para adubação verde (LOPES, 1998; BALIGAR; FAGERIA, 2007; BUYER *et al.*, 2017). Segundo Lopes (1998), sua

produção de biomassa seca pode atingir 7 t/ha/ano e o destaque nutricional dessa palhada é a quantidade de N fornecido, podendo atingir 220 kg/ha e diminuindo, assim, custos com fertilizantes e insumos.

Por possuir efeito alelopático em relação a outras plantas espontâneas (como *Cyperus rotundus*, ou tiririca; *Spermacoce verticillata*, ou vassourinha de botão), o feijão de porco se apresenta, então, como uma planta de múltiplas utilidades em sistemas consorciados e agroflorestais, sendo muito cultivado em conjunto com milho, mandioca, café e outras plantas frutíferas (PAULA JÚNIOR, 2007; VARGAS *et al.*, 2018). Baligar e Fageria (2007) apontam outros efeitos benéficos de culturas de cobertura nos teores de MOS, controle de erosão, melhoria da estrutura do solo (com redução de compactação e erosão), maior capacidade de retenção hídrica, aumento da atividade biológica e menor incidência de doenças na cultura foco.

Destaca-se a importância do manejo das plantas a partir de seu estágio de florescimento, caso o objetivo seja a produção de palhada para cobertura vegetal morta. O corte pode ser parcial, visando o estímulo à rebrota, atraso da floração e da produção de grãos. Se a intenção é produção de sementes, pode-se obter um rendimento de até 1.200 kg/ha (LOPES, 1998; PAULA JÚNIOR, 2007).

Considerada uma espécie ocupante do estrato baixo, *C. ensiformis* coloniza rapidamente a parte rasteira de onde foi semeado (BUYER *et al.*, 2017). Dessa forma, pode-se otimizar a fotossíntese do sistema de plantio, principalmente em linhas de árvore, gerando o que vem se convencendo a se chamar de “placenta” das mudas arbóreas jovens, pois protege e nutre esse “embrião” florestal (PASINI, 2017).

### **5.10 Guandu (*Cajanus cajan* [L.] Millsp.)**

Pertencendo à família das leguminosas (Classe Magnoliopsida, Ordem Fabales, Família Fabaceae), o guandu (*Cajanus cajan* [L.] Millsp.) é um arbusto anual, bianual ou semi perene que pode atingir 3 m de altura (SEIFFERT; THIAGO, 1983; RAMOS, 1994; PAULA JÚNIOR, 2007). Não há certezas sobre sua origem, mas a espécie é amplamente cultivada na Ásia (especialmente Índia, onde é possível encontrar mais de 5 mil variedades da planta) e África Tropical Ocidental (de onde vieram as primeiras sementes trazidas ao Brasil por rotas escravagistas) (SEIFFERT; THIAGO, 1983; PAULA JÚNIOR, 2007; PAL *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2020). Pal *et al.* (2011) afirmam que o cultivo do guandu remonta a mais de 3 mil anos, sendo focado tanto para alimentação



humana como para fins forrageiros, como complemento. Os grãos verdes são comestíveis e, apesar de não possuírem os aminoácidos metionina, cistina e triptofano, apresentam de 18% a 33% de proteína em sua composição (SEIFFERT e THIAGO, 1983; PAULA JÚNIOR, 2007; SANTOS *et al.*, 2020).

De acordo com a FAO (2019), a área plantada de guandu em 2019 ultrapassou 7,07 milhões de ha com uma produção anual de 90 milhões de toneladas. Os países que se destacam na produção deste grão são a Índia, Malawi e Myanmar (FAO, 2019). Além disso, *C. cajan* é amplamente cultivado como adubação verde e planta condicionadora de solo. Apresentando uma raiz pivotante com potencial descompactador de solo e raízes secundárias com potencial de associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio (PRIMAVESI, 2016), o guandu é uma espécie tolerante a estiagens e pode atingir uma produção de matéria seca de até 14 t/ha/ano. Se bem manejada, a cultura chega a fixar de 40 a 280 kg de N/ha/ano, o que se compara a aplicação de 1,4 t de sulfato de amônio. Somado a isso, o fornecimento de matéria orgânica melhora as qualidades biológicas edáficas e aumenta a CTC do solo (SEIFFERT; THIAGO, 1983; RAMOS, 1994; PAULA JÚNIOR, 2007).

Um outro tipo de uso de *C. cajan* é para fins medicinais. Pal *et al.* (2011) citam efeitos anestésicos, antimicrobianos, antibacterianos, hipocolesterolêmicos, antidiabéticos, antioxidantes, anticancerígenos, hepatoprotetores e vermícidas. Os autores também citam usos para tratamentos de osteonecrose da cabeça femoral, aftas e outras feridas.

O ciclo de vida das plantas está diretamente ligado à latitude da área. *C. cajan* é uma espécie sensível ao fotoperíodo (sendo uma planta de dias longos) (PAULA JÚNIOR, 2007). Normalmente, o florescimento acontece de 150 a 180 dias após o plantio, sendo que isso ocorre, geralmente, quando os dias apresentam de onze a doze horas de luz (SEIFFERT; THIAGO, 1983). Por fim, os autores afirmam ser possível se cultivar o guandu sem combate a plantas espontâneas. Porém, é recomendada uma única capina após o primeiro mês de semeadura, visto que o desenvolvimento das plantas no estágio inicial é mais lento.

Na AS o guandu é amplamente utilizado como uma planta multifuncional. Considerada de estrato alto, pode ser podada diversas vezes até perder seu vigor e ser eliminada do sistema (MICCOLIS *et al.*, 2016). O guandu também fornece alimento para muitas espécies de abelhas nativas e exóticas, com destaque para possibilidade de compor campos de forrageamento para abelhas sem ferrão (tribo Meliponini) (AZEVEDO *et al.*,

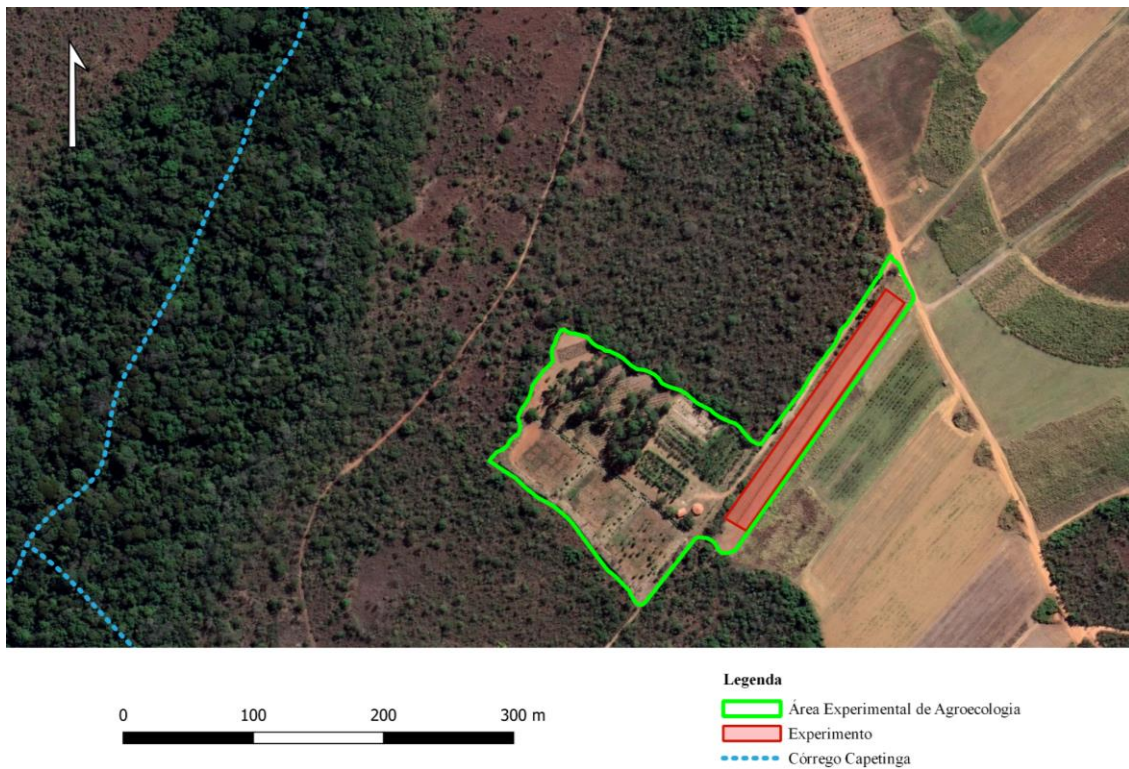
2007). É também uma espécie bastante visada por formigas cortadeiras do gênero *Atta*, podendo ser uma planta que amortece os impactos do forrageamento desses insetos.

## 6 MATERIAL E MÉTODOS

### 6.1 Reconhecimento do ambiente

A área onde será realizado o experimento está inserida na Fazenda Água Limpa (FAL), da Universidade de Brasília (UnB), localizada no Núcleo Rural Vargem Bonita, Quadra 17, Setor de Mansões Park Way, Brasília, DF (**Figuras 11 e 12**). A FAL faz parte da Área de Proteção Ambiental (APA) Bacia do Gama, Cabeça de Veado, possuindo uma área de aproximadamente 4.340ha, destinados à preservação (2.340ha), conservação (800 ha), e a produção (1.200 ha).

**Figura 11** - Área Experimental de Agroecologia da FAL/UnB.



Fonte: Autor e Google Satellite.

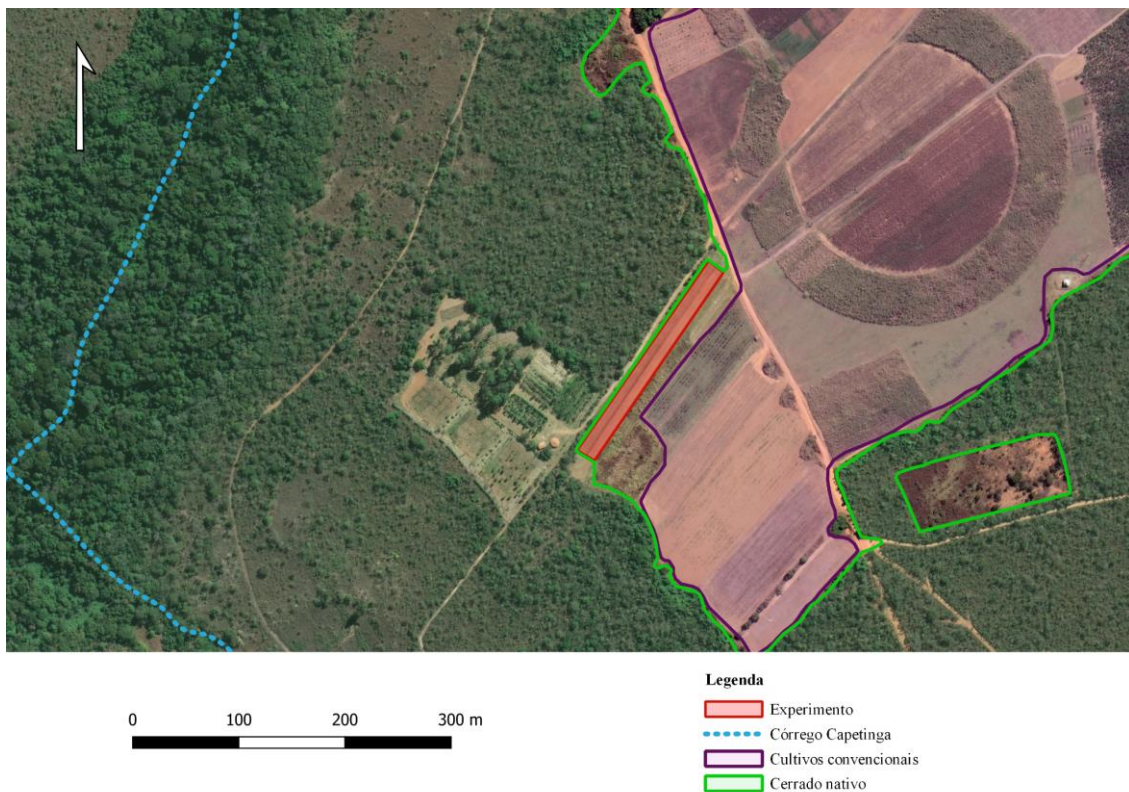
**Figura 12** - Imagem de drone da Área Experimental de Agroecologia da FAL/UnB.



Fonte: Foto de drone por L.de F. A. Abreu (2021).

Os ensaios foram produzidos dentro da Área Experimental de Agroecologia, localizada na latitude 15°57'12,35"S e longitude 47°56'8,02"O, tendo 1.099 m de altitude em relação ao nível do mar (**Figura 13**). A área total do experimento é de aproximadamente 0,5 ha (253 m x 20 m), sendo que a área útil corresponde a 0,168 ha (210 m x 8 m).

**Figura 13** - Áreas de influência ao redor do experimento.

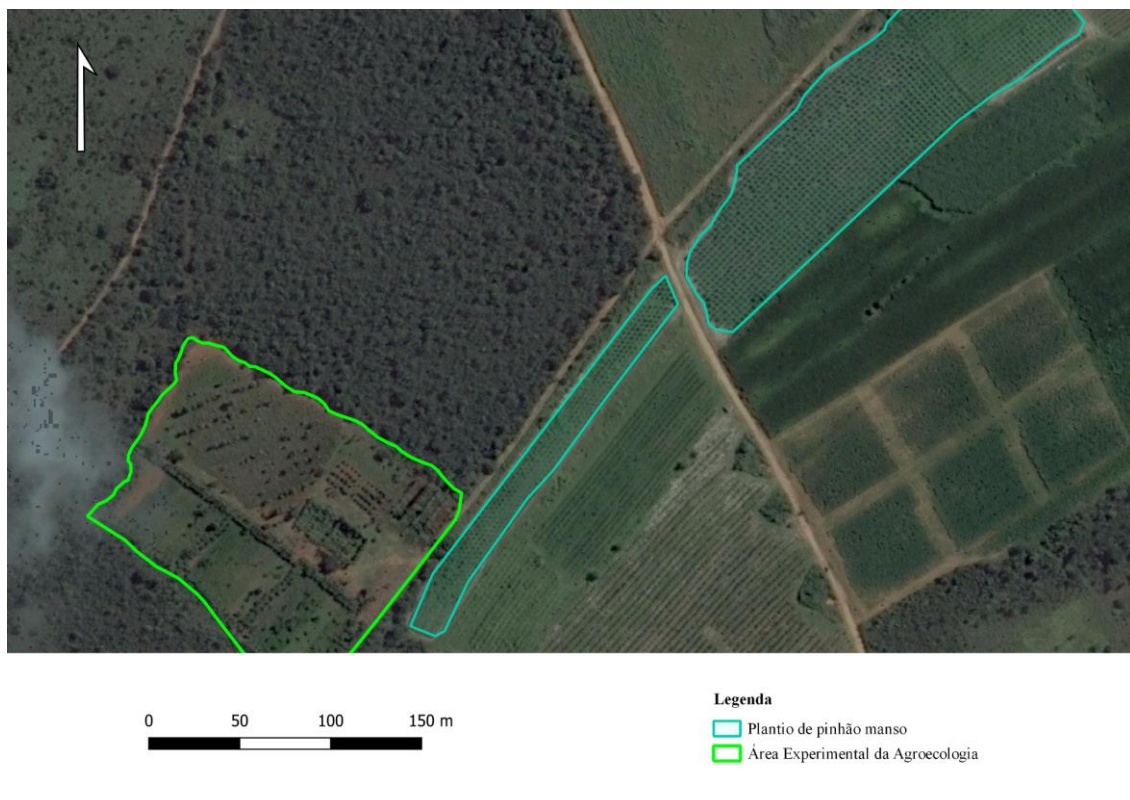


Fonte: Autor e Google Satellite.



Antes da implantação do experimento proposto, foram realizadas por outros pesquisadores, algumas pesquisas para avaliar a cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas*), no mesmo ambiente (**Figura 14**). O experimento contava com manejo convencional com utilização de adubos químicos e herbicidas, porém desde o ano de 2015 a área deixou de ser manejada. As intervenções aconteciam somente com o corte das plantas espontâneas utilizando roçadeiras com lâminas.

**Figura 14** - Área de cultivo de pinhão manso em abril de 2016.



Fonte: Autor e Google Earth.

De acordo com a classificação de Köppen (KÖPPEN, 1936; KOTTEK *et al.*, 2006), o clima desta região é considerado tropical de savana (Aw), com duas estações do ano bem definidas: verões quentes e de chuvas intensas e inverno rigorosamente seco.

A fitofisionomia que cerca a área é mais bem enquadrada como Cerrado de sentido restrito, apresentando árvores clássicas como: sucupira (*Pterodon emarginatus*), embaúba (*Cecropia pachystachya*), araticum (*Annona coriacea*) maria preta (*Blepharocalyx salicifolius*), copaíba (*Copaifera langsdorffii*), pequi (*Caryocar brasiliense*), jacarandá (*Machaerium acutifolium*), carvoeiro (*Sclerolobium paniculatum*), paineira do cerrado (*Eriotheca pubescens*), lobeira (*Solanum lycocarpum*), pau terra (*Qualea* spp.), gomeira

(*Vochysia thyrsoidea*), barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*), jatobá da mata (*Hymenaea courbaril*) e pau santo (*Kielmeyera coriacea*); e estrato herbáceo contando com: carobinha (*Jacaranda ulei*), breuzinho (*Protium* sp.) vassoura de bruxa ou cabelo de negro (*Ouratea hexasperma*), bacupari do cerrado (*Salacia crassifolia*) e cereja do mato (*Eugenia involucrata*) (SANO; ALMEIDA; RIBEIRO, 2008).

A vegetação rasteira da área do experimento é predominantemente ocupada pelas espécies *Melinis minutiflora*, conhecido como capim gordura ou capim meloso, uma gramínea nativa da África, da família Poaceae, rústica e de rápido crescimento; e *Megathyrsus maximus* cv. Colonião, ou capim colonião, outro exótico africano, distribuído em algumas “manchas” provenientes das áreas agrícolas vizinhas.

Durante a realização do experimento, algumas espécies-chave da fauna do Cerrado puderam ser reconhecidas e vistas interagindo fora e dentro do ambiente do experimento. Alguns mamíferos como lobo guará (*Chrysocyon brachyurus*) e veado campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*); e pequenos primatas como mico estrela (*Callithrix penicillata*), foram frequentemente encontrados se alimentando nas áreas experimentais. Espécies de aves como seriemas (*Cariama cristata*), tucanos (*Ramphastos toco*), pica pau de topete vermelho (*Campephilus melanoleucos*), gralhas, jaó (*Crypturellus undulatus*) e diversas outras espécies da família *Psittacidae*, como araras, papagaios e maritacas. Alguns indivíduos da herpetofauna como cobras coral, cascavéis, jararacas, rãs e lagartos também marcam constante presença na região.

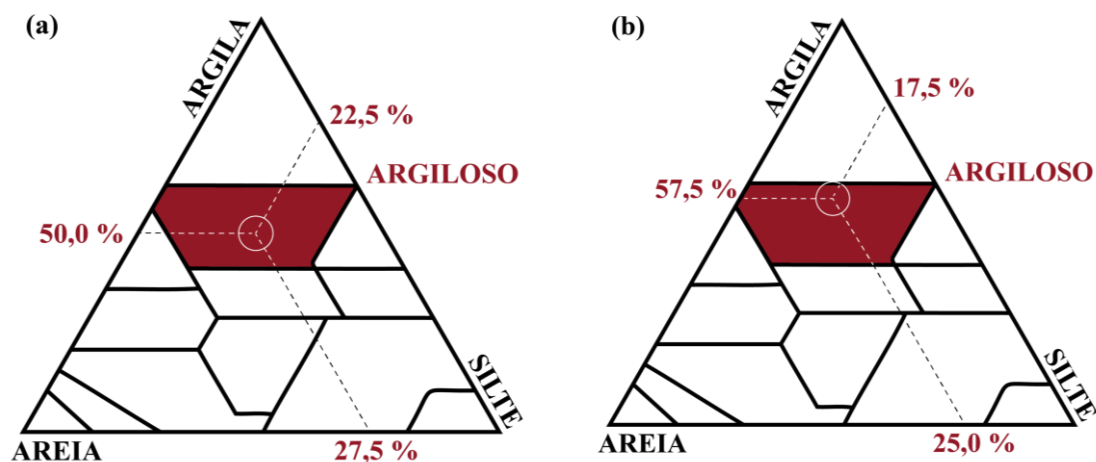
## 6.2 Análise de solo e esterco bovino

Fez-se uma análise física e química do solo, em profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, para posterior acompanhamento desses atributos no decorrer do tempo e para correção da acidez do solo. Os resultados da análise física na profundidade de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm apresentaram granulometria elucidada na **Figura 15**.

O solo da área é bastante homogêneo e foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico (LEd) com horizonte A moderado, textura argilosa, relevo variando de plano a suave ondulado (EMBRAPA, 1978, 2006, 2018; REATTO *et al.*, 2004).

O solo da área é bastante homogêneo e foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico (LEd) com horizonte A moderado, textura argilosa (**Figura 15**), relevo variando de plano a suave ondulado (EMBRAPA, 1978, 2006, 2018; REATTO *et al.*, 2004).

**Figura 15** - Triângulo textural das amostras de 0 - 20 cm (a) e 20 - 40 cm (b).



Fonte: Autor, com base em amostras analisadas pela Soloquímica, DF,

**Tabela 1** - Macronutrientes, sódio (Na) e Al.

<i>Profundidade</i>	<b>Fósforo (P Mehlich-1)</b>	<b>Cálcio (Ca<sup>2+</sup>)</b>	<b>Magnésio (Mg<sup>2+</sup>)</b>	<b>Potássio (K<sup>+</sup>)</b>	<b>Sódio (Na<sup>+</sup>)</b>	<b>Alumínio (Al<sup>3+</sup>)</b>
	- mg/dm <sup>3</sup> -	----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----				
<i>0 - 20 cm</i>	5,5	2,2	0,6	0,21	0,05	0,1
<i>20 - 40 cm</i>	3,1	1,8	0,4	0,15	0,04	0,1

Fonte: Autor, com base em amostras analisadas pela Soloquímica, DF

**Tabela 2** - Indicadores químicos e de fertilidade (acidez, soma das bases, CTC e pH em água) nas camadas de 0 -20 e 20-40 cm de profundidade do solo.

<i>Profundidade</i>	<b>Acidez (H + Al)</b>	<b>Soma das Bases</b>	<b>CTC/T, a pH 7</b>	<b>pH em H<sub>2</sub>O</b>
	----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----			
<i>0 - 20 cm</i>	2,4	3,1	5,5	5,7
<i>20 - 40 cm</i>	2,4	2,4	4,8	5,8

Fonte: Autor, com base em amostras analisadas pela Soloquímica, DF

**Tabela 3** - Indicadores químicos e de fertilidade (saturação por base, saturação por alumínio, saturação com sódio, carbono orgânico e matéria orgânica do solo) nas camadas de 0 -20 e 20-40 cm de profundidade do solo

<i>Profundidade</i>	<b>Saturação por bases (V)</b>	<b>Saturação por Al (m)</b>	<b>Saturação com sódio (ISNa)</b>	<b>Carbono orgânico (C)</b>	<b>Matéria orgânica (MOS)</b>
	----- % -----				
<i>0 - 20 cm</i>	56	3	2	3,81	6,55
<i>20 - 40 cm</i>	50	4	2	2,76	4,75

Autor, com base em amostras analisadas pela Soloquímica, DF

**Tabela 4** - Micronutrientes, ferro (Fe) e enxofre (S).

<i>Profundidade</i>	<b>Boro (B)</b>	<b>Cobre (Cu)</b>	<b>Ferro (Fe)</b>	<b>Manganês (Mn)</b>	<b>Zinco (Zn)</b>	<b>Enxofre (S)</b>
	----- mg/dm <sup>3</sup> -----					
<i>0 - 20 cm</i>	0,04	0,8	47,8	19,6	3,1	6,8
<i>20 - 40 cm</i>	0,04	0,8	45,0	14,3	1,7	9,2

Fonte: Autor, com base em amostras analisadas pela Soloquímica, DF

**Tabela 5** - Análise de esterco bovino.

<i>Base</i>	<b>Nitrogênio (N)</b>	<b>Fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</b>	<b>Potássio (K<sub>2</sub>O)</b>	<b>Carbono orgânico</b>	<b>Relação C/N</b>
	----- % -----				
<i>Úmida 65°</i>	0,74	0,61	0,52	33,4	30
<i>Natural</i>	1,10	0,90	0,78		

Fonte: Autor, com base em amostras analisadas pela Soloquímica, DF

### 6.3 Primeira etapa, experimento piloto - Abertura, colonização e testes

#### 6.3.1 Uso, preparo e manejo do solo

Em setembro de 2020, iniciou-se o processo de transição dos restos experimentais de pinhão manso (*J. curcas*) para o atual experimento proposto. Primeiramente com o intuito de abrir a área para o cultivo agroflorestal de grãos, foi realizada a derrubada e retirada das plantas de *J. curcas* com auxílio de motosserras e tratores. Posteriormente utilizou-se um roçadeira agrícola, acoplada à traseira de um trator, com propósito de roçar o capim espontâneo estabelecido e triturar os restos vegetais presentes na área.



Para iniciar o preparo e manejo do solo utilizou-se, por duas vezes, o arado de disco com bordas recortadas, na regulagem de 30 cm de profundidade à velocidade média de 5 km/h, a fim de mobilizar a camada superficial do solo em torrões maiores e receber os insumos necessários. Na sequência ao uso do arado, foi utilizado um distribuidor de fertilizante e insumos, para espalhar homogeneamente sobre o solo: 90 g de calcário dolomítico (PRNT 100%) com o objetivo de se elevar a saturação de bases a 65% e suplementar a adubação de cálcio e magnésio; termofosfato (Yoorin Master®) e 2,5 kg/m<sup>2</sup> de esterco bovino, (**Figura 16**), de acordo com as recomendações e exigências do milho BR 106. O esterco foi distribuído manualmente. Após a distribuição dos insumos, foi utilizada a grade niveladora para incorporar a camada superior do solo e os fertilizantes utilizados, e para nivelar a área do plantio (**Figura 17**).

**Figura 16** - Calcário dolomítico e termofosfato.



Fonte: Autor.

**Figura 17** - Grade niveladora.



Fonte: Autor.

Para deixar o solo apto à utilização da plantadeira e adubadeira de plantio direto (PD), utilizou-se o implemento rolo destorroador e compactador, a fim de retirar o excesso de ar do solo e assentar a terra ao ponto de melhor funcionamento do implemento de semeadura. (**Figura 18**).

**Figura 18** - Destorroador e compactador.



Fonte: Autor.

### **6.3.2 Delineamento experimental**

O delineamento utilizado no experimento piloto foi de blocos casualizados com 3 repetições e 3 tratamentos, sendo os tratamentos: Tratamento Mombaça (TR-Mo), composto por milho + capim mombaça; o Tratamento Marandu (TR-Ma), composto por milho + capim marandu; Tratamento Testemunha (TR-Te), não consorciado com nenhum capim.

### **6.3.3 Cultivo do milho**

Para o plantio do milho, foi utilizada a plantadeira e adubadeira Magnum JM3060 para PD com sistema de arrasto (**Figura 19**), da fabricante Jumil, com 7 linhas de semeadura e largura útil de trabalho de 3,5 m.

O espaçamento entre as linhas de milho foi de 0,7 m. Utilizou-se um disco com 28 furos indicado para a cultura do milho (**Figuras 20 e 21**), e regulado para plantar 5,5 sementes de milho por metro linear, a uma profundidade de 4 a 5 cm.

**Figura 19** - Plantadeira Magnum 3060 PD.



Fonte: Autor.

**Figuras 20 e 21** - Disco de 28 furos para semeadura de milho.



Fonte: Autor.

As sementes utilizadas foram da variedade BR 106 (Embrapa) e doadas pela Embrapa Cerrados – DF. Segundo o Comunicado Técnico 109 da Embrapa, publicado em 2004, esse genótipo possui maior rusticidade, em relação aos milhos híbridos no geral, apresenta boa estabilidade de produção, boa adaptabilidade às regiões brasileiras, resistência ao acamamento e às principais pragas. Por não ser um milho híbrido, os agricultores conseguem salvar suas próprias sementes e utilizá-las nas safras posteriores, o que diminui os custos e a dependência dos mercados para aquisição de novas sementes. (NOCE, 2004)

#### 6.3.4 Plantio dos capins entre as linhas de grãos

Após 25 dias da emergência do milho, efetuou-se uma capina manual entre as linhas de grão e abriu-se, com auxílio de enxadas, um pequeno sulco com profundidade de 3 a 5 cm para depositar as sementes dos capins e para efetuar o plantio. A densidade de sementes de capim mombaça utilizada nesta etapa foi de 1 g de sementes por metro linear, seguindo as recomendações de Meirelles *et al.* (1999) e Marchão *et al.* (2021). As sementes de capim Mombaça (*M. maximus* cv. Mombaça) utilizadas para o plantio pertencem ao fabricante São Mateus. Possuem peletização tripla, pureza de 40% e são categorizadas como S2 (semente não certificada de segunda geração). Ainda do mesmo fabricante, igualmente peletizadas e de mesma categoria, utilizou-se as sementes de capim braquiarião Marandu (*U. brizantha* cv. Marandu) do lote P 19, com 60% de pureza.

O objetivo de utilizar a semeadura em sulco para o capim, ao invés da semeadura a lanço, é estabelecer linhas contínuas, permanentes e com alta densidade de plantas por metro linear entre as linhas de grãos. Com isso, essas linhas terão maior potencial de inibir o crescimento de plantas espontâneas durante os cultivos ao longo dos anos (SODRÉ FILHO *et.al.*; 2020), seja por incrementar o aporte de biomassa vegetal do sistema e garantir uma cobertura viva e morta na superfície do solo, ou por se sobressair na competição dos recursos com outras espécies, diminuindo os custos com capina (MARCHÃO *et.al.*; 2021)

#### 6.3.5 Plantio e manejo das linhas de árvores

Após a marcação das linhas de árvores com 210 m de comprimento e 8 m entre linhas, realizada no dia 22/01/2021 (**Figura 22**), utilizou-se um microtrator com enxada rotativa de 70 cm de largura regulada para funcionamento de 10 a 15 cm de profundidade.



**Figura 22** - Microtrator com enxada rotativa.



Fonte: Autor.

Para fazer o berço e receber as mudas de árvores foi utilizado um perfurador com broca acoplado ao trator (**Figura 23**), com profundidade de 60 cm e diâmetro de 30 cm.

**Figura 23** - Perfurador abrindo berços para mudas.



Fonte: Autor

Para as mudas de citros, foi distribuído 50 g de calcário dolomítico (PRNT 100%) por berço, 50 g de termofosfato magnésiano (Yoorin Master) e 5 L do mesmo esterco demonstrado na análise anterior. O calcário foi depositado majoritariamente nas camadas mais profundas do berço, enquanto o termofosfato de rocha e esterco foram misturados com a terra retirada para fazer os berços. As mudas de citros foram distribuídas e

plantadas alternadamente entre limão Taiti e mexerica Ponkan ao longo da linha de árvores (**Figuras 24 e 25**), com espaçamento final de 6 x 8 m (208 plantas/ha).

As mudas de eucalipto e mogno africano foram adquiridas no viveiro Plante Roots (Unidade Jatobá) localizado na BR-153, km 8,5, Aparecida de Goiânia (GO). O viveiro produz mudas clonadas em tubetes a partir de matrizes melhoradas fornecidas por empresas credenciadas no MAPA, dentro do rigor da legislação vigente. Para cada berço de eucalipto e mogno, foram utilizados 3 L de esterco bovino, 70 g de calcário dolomítico (predominantemente em maiores profundidades dos berços) e 40 g de termofosfato magnésiano (Yoorin Master). O mogno foi plantado na linha de árvores entre os citros, espaçados a 3m, (a 3 m de cada), com espaçamento final de 6 x 8 m (208 plantas/ha). O eucalipto foi plantado mais adensado, entre cada mogno e citros, espaçados a 1,5 m, com espaçamento final de 3 x 8 m (416 plantas/ha). A **Figura 26** resume a disposição do plantio em um desenho esquemático em escala.

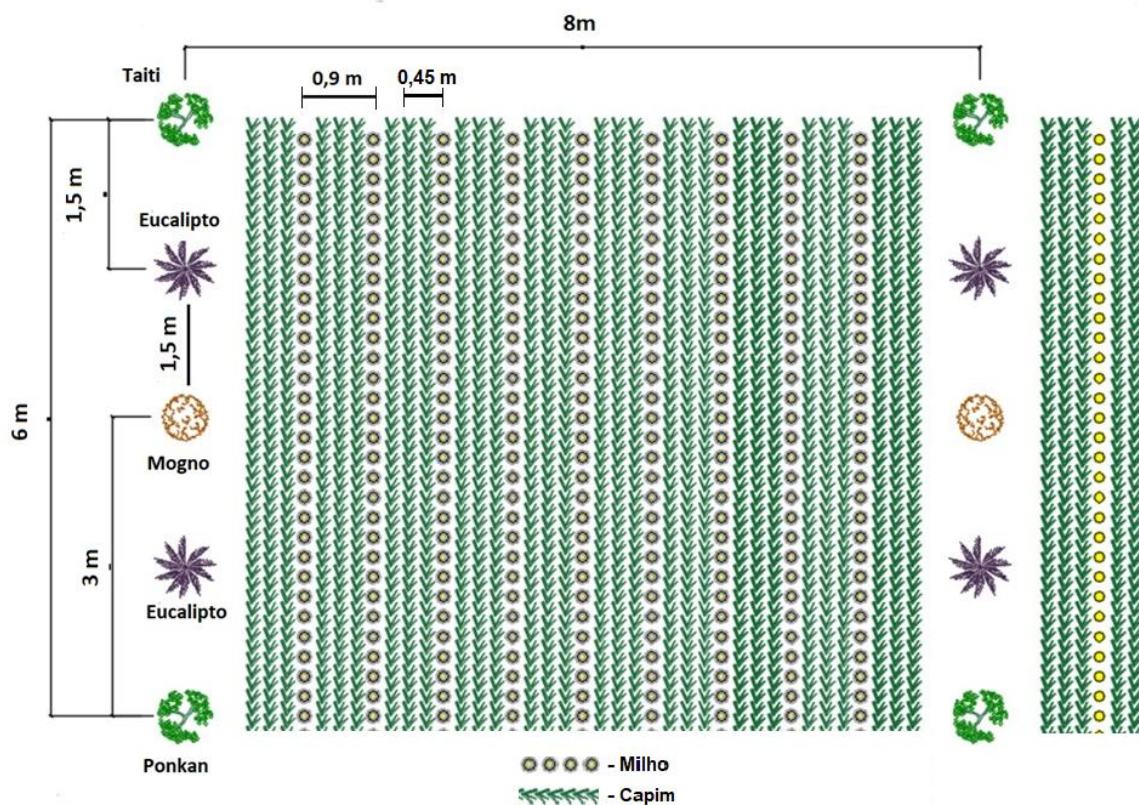
**Figuras 24 e 25** - Muda de citros posicionada ao lado do berço já perfurado e adubado (esquerda) e plantada (direita).



Fonte: Autor.



Figura 26 - Desenho esquemático do plantio.



Fonte: Autor

Entre cada muda de árvore plantada ao longo da linha, abriu-se um sulco com profundidade aproximada de 4 a 7 cm (**Figura 27**). Neste sulco foram plantadas sementes de feijão de porco (*C. ensiformis*), colhidas e beneficiadas na própria área de pesquisa da Agroecologia na FAL, com densidade média de dez sementes por metro linear. Juntamente com o feijão de porco plantou-se uma mistura de sementes de árvores de espécies nativas do Brasil e do Cerrado como *C. langsdorffii* (copaíba, estrato emergente), *Dipteryx alata* (baru, estrato alto), *H. courbaril* (jatobá da mata, estrato alto/emergente), *Parkia multijuga* (faveira benguê, estrato emergente) e *Terminalia argentea* (capitão do cerrado, estrato emergente), com densidade média de 5 sementes de cada espécie por metro linear.

**Figura 27** - Sulco com mistura de sementes.



Fonte: Autor.

No início do período de estiagem das chuvas no cerrado (abril/maio), instalou-se uma fita gotejadora em cada linha de árvore, com espaçamento de 30 cm entre cada gotejador. A vazão nominal de cada gotejador é de 1,4 L/h (litros por hora), com espessura nominal de 0,250 mm. Os turnos de rega foram alternados a cada 2 dias, por pelo menos 3 horas em cada operação de irrigação.

#### **6.4 Segunda etapa, experimento estabelecido - Direcionamentos através do experimento piloto**

##### **6.4.1 Uso, preparo e manejo do solo**

Após a colheita do milho do experimento piloto, utilizou-se no dia 07/06/2021 uma desintegradora de palhada, modelo Tritton 2300 (fabricante Jan), com a finalidade de triturar os restos culturais da lavoura. Posteriormente, usou-se uma roçadeira acoplada ao trator com intuito de ceifar as plantas espontâneas remanescentes e diminuir o tamanho da palhada triturada do milho. Toda a matéria orgânica acumulada entre as linhas de árvores na primeira etapa experimental foi enleirada e distribuída nas margens das próprias linhas de árvores. Para realizar esta operação, foi utilizado o enleirador/espalhador HAYNOG 300 da fabricante Nogueira, com 3 m de largura, acoplada a um trator (**Figura 28**).

Esse manejo de retirada da matéria orgânica na superfície do solo e seu direcionamento para as linhas de árvores teve como objetivo preservar a cobertura vegetal



morta e evitar que esse material seja rapidamente decomposto com o posterior preparo da camada superficial do solo. Consecutivo ao manejo de retirada da palhada, foi utilizado uma enxada rotativa, a uma profundidade média de 10 cm, com o intuito de preparar o solo para receber os cultivos sucessivos de grãos (guandu e milho) e implementar as linhas permanentes de capins. Após essa operação, não foi mais realizado preparos com revolvimento do solo, buscando assim um manejo do solo ecológico, que de fato seja sustentável e que preserve sua estrutura e MOS.

**Figura 28** - Enleirador/espalhador HAYNOG 300 da fabricante Nogueira.



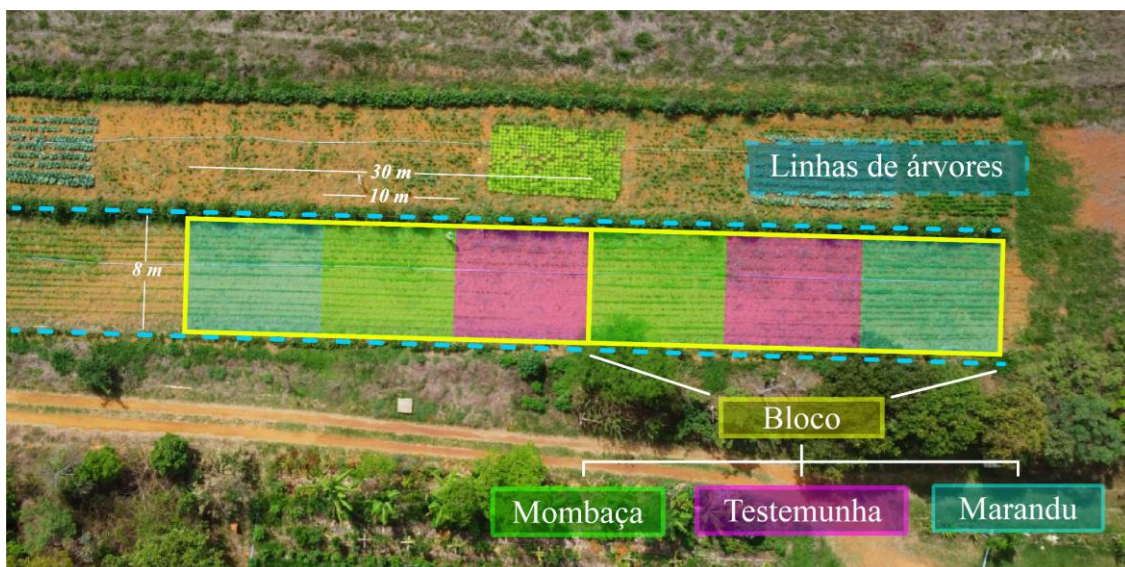
Fonte: Autor.

#### **6.4.2 Delineamento experimental**

Para testar a hipótese experimental, lançou-se mão de três tratamentos distribuídos em um delineamento de blocos casualizados (DBC) com sete blocos e três tratamentos (**Figura 29**). Os tratamentos são os mesmos do experimento piloto, sendo eles: Tratamento Mombaça (TrMo), composto por milho + capim mombaça; o Tratamento Brizantha (TrBr), composto por milho + capim marandu; Tratamento Testemunha (TrTe), não consorciado com capim. Os tratamentos foram sorteados aleatoriamente dentro de cada bloco.

O experimento possuía 21 parcelas experimentais, cada uma com 10 metros de comprimento por 8 metros de largura ( $80\text{m}^2$ ) e com 8 linhas de milho intercaladas com 9 linhas de capim (exceto o tratamento testemunha), tendo 0,45 m de distância entre cada espécie.

**Figura 29** - Representação de parte do delineamento do experimento com dimensões dos blocos e tratamentos.



Fonte: Autor e imagem de drone por L. de F.A. Abreu (2021).

As informações colhidas foram tabuladas, revisadas, organizadas e submetidas ao teste de normalidade dos dados. Realizou-se posteriormente a análise de variância desses dados (ANOVA) para determinar se há pelo menos uma diferença contrastante entre os tratamentos. Em seguida, efetuou-se o um teste de comparação de médias (Tukey;  $P < 0,05$ ), com o intuito de verificar o tratamento com melhor eficácia comparada entre eles.

#### 6.4.3 Cultivo de inverno/primavera: guandu como adubação verde

No dia 09/09/2021 foi utilizada a mesma semeadora da primeira etapa experimental para efetuar a operação de plantio de feijão guandu (*C. cajan*) e para realizar a abertura de um sulco, entre as linhas de guandu, planejado para estabelecer as linhas de capim com adensamento desejado. Para executar esse processo, regulou-se as linhas de semeadura do implemento a uma distância de 0,45 m entre cada uma, sendo que as sementes de guandu foram utilizadas alternadamente entre as linhas. Dessa forma o plantio de *C. cajan* ficou com espaçamento final de 0,9 m entre fileiras (**Figura 30**), totalizando as 8 linhas de grãos entre as linhas de árvores.

Utilizou-se um disco de semeadura indicado para a cultura da soja, com 38 furos. A regulagem das engrenagens motora e movida foram acertadas para efetuar a deposição de 10,4 sementes de guandu por metro linear, a uma profundidade de 2 a 4 cm.

**Figura 30** - Plantadeira preparada para plantio de guandu e abertura de sulcos intercalados para posterior semeadura manual de capins.



Fonte: Autor.

#### 6.4.4 Cultivo dos capins

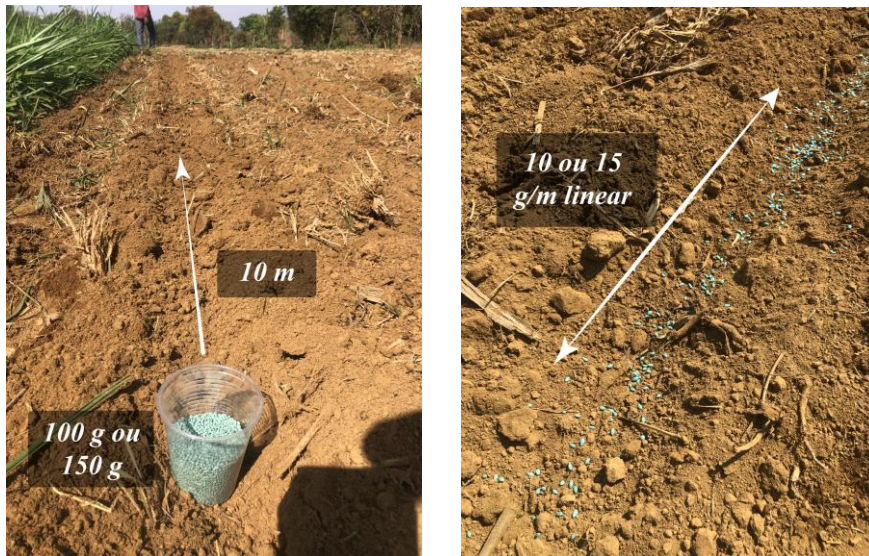
As linhas da plantadeira que não receberam as sementes de guandu foram erguidas do solo e reguladas para não realizarem o fechamento final do sulco, com o objetivo de utilizar a mesma operação de plantio dos grãos para a abertura do sulco de semeadura dos capins. Essa última operação foi realizada manualmente no mesmo dia por conta da complexidade do delineamento experimental, impossibilitando a mecanização do plantio.

Visto às observações e experiências adquiridas no experimento piloto, juntamente com a carência de estudos e experimentos que representem a proposta de consórcio desta pesquisa, utilizou-se 10 g de sementes de capim Mombaça e 15 g de sementes de Marandu por metro linear (**Figuras 31 e 32**).

Para efetuar o semeio, pesou-se a quantidade de sementes necessárias para cada linha dentro de cada repetição com o auxílio de uma balança digital com precisão de  $\pm 1$  g. A seguir, as sementes foram distribuídas manualmente nos sulcos realizados pela própria plantadeira e fechados com enxada para garantir uma profundidade máxima de semeadura de 1,5 cm.



**Figuras 31 e 32** - Copos dosados com a quantidade total de sementes para um sulco de 10 m no início de cada parcela: 100 g de Mombaça ou 150 g de Marandu cada (esquerda); e sementes peletizadas de capim distribuídas no sulco (direita).



Fonte: Autor.

Neste período do ano (setembro), em que se inicia a estação chuvosa no Cerrado, as precipitações ainda não possuem uma frequência desejável para os cultivos. Portanto, após o plantio dos capins, instalou-se um sistema de irrigação com aspersores convencionais no centro médio entre as linhas de árvores. O intuito foi complementar as precipitações e garantir o fornecimento de água para as culturas, que são suscetíveis a fortes distúrbios ambientais nos primeiros estágios fenológicos de desenvolvimento.

#### **6.4.5 Coleta, manejo e amostragens dos capins**

Para avaliação da biomassa produzida, foram coletadas duas amostras aleatórias de 0,5 metros lineares por cada parcela, perfazendo um total de catorze (14) amostras por cada tratamento (SALMAN *et al.*, 2006). As diretrizes que conduziram a tomada de decisão para escolher o momento de cada corte, foram principalmente pela preferência do desenvolvimento agrônômico do milho e evitar possíveis eventos de competição. Sempre que os capins pudessem vir a competir com o milho por recursos (espaço, luz, água, nutrientes), ceifava-os em sua base, conduzindo a palhada resultante para as linhas do milho.

Foram realizados três cortes dos capins no período entre setembro de 2021 a maio de 2022. O primeiro corte foi realizado no dia 23 de dezembro de 2021 (antes do plantio

do milho), 105 dias após a sua semeadura, com o intuito de preparar o sistema para receber a o implemento de semeadura do milho (**Figura 33**). O segundo, realizado no dia 7 de fevereiro de 2022, com 46 dias após o corte anterior e o terceiro corte no dia 22 de março de 2022, 43 dias após o corte antecessor.

**Figura 33** – Aparência do sistema após o primeiro corte do capim, antecedendo o plantio do milho.



Fonte: Autor.

A coleta de ambos os capins foi realizada utilizando facões amolados, ceifando 0,5 metros lineares de cada espécie, a uma altura do solo próxima a 5cm. Os materiais coletados de cada amostra foram armazenados em sacos ainda no campo, para posterior pesagem em laboratório (SALMAN *et al.*, 2006). Após a amostragem, todas as linhas foram uniformizadas com corte de roçadeira costal devidamente afiadas.

**Figura 34** – Homogeneização dos capins com ceifadeira costal após coleta dos dados.



Fonte: Autor.



#### 6.4.6 Amostragem e secagem dos capins

Após a coleta em campo, as amostras frescas foram pesadas em balança de precisão semi-analítica modelo AD5002, obtendo-se a matéria verde-MV (DOS SANTOS *et al.*, 2021). Posteriormente, foram pesadas amostras menores e depois transferidas para sacos de papel e encaminhadas para estufa de circulação forçada de ar, a 65°C (**Figura 35**), por três dias, quando ocorre a estabilização da perda de massa. Após a retirada dos capins da estufa, efetuou-se novamente a pesagem de cada amostra (**Figura 36**) para obter o Teor de Massa Seca, expresso em porcentagem (%). Após análises dos dados das amostras, foi obtido de cada tratamento a produtividade de MV e MS, além do teor de MS, convertendo-se os pesos obtidos para toneladas por hectare (t/ha) (SBRISSIA *et al.*, 2018).

**Figuras 35 e 36** – Amostras de capim inseridas na estufa para secagem (a esquerda) e pesagem das amostras de capim após retirada da estufa (a direita).



Fonte: Autor.

#### 6.5 Cultivo de verão: milho em sucessão para produção de grãos

Todo o capim e feijão guandu com pelo menos 5 dias antecedentes ao plantio do milho, foram ceifados, visando um bom funcionamento dos discos de corte da semeadora de PD para o milho, além de gerar palhada para cobertura do solo. Foi utilizada a mesma semeadora do experimento piloto, porém com ajuste de 90 cm entre linhas de semeadura (20 cm a mais que utilizado no experimento prévio). As únicas modificações consistiram em não utilizar os discos frontais de corte da palhada e os sulcadores adubadores presentes em cada linha semeadora (**Figura 37**). Ajustou-se a regulagem das engrenagens para aumentar a densidade de plantas de milho na fileira e para compensar o aumento do

espaçamento entre as linhas de milho, mantendo o stand de plantas próximo ao planejado no experimento piloto, que foi de 61000 plantas/ha.

**Figura 37** – Adaptação feita na semeadora de plantio (retirada dos discos de corte e sulcadores) para viabilizar o plantio do milho sem prejudicar as linhas de capim já estabelecidas no sistema.



Fonte: Autor.

O milho foi semeado no dia 18 de janeiro de 2022, entre as linhas de capim já estabelecidas, sucessivamente nas mesmas fileiras em que foi cultivado o feijão guandu. O espaçamento final foi de 0,15 m (6,4 plantas/m linear) x 0,9m, totalizando 68750 plantas/ha.

**Figura 38** – Imagem do experimento retirada de cima do implemento de semeadura durante operação de plantio do milho.



Fonte: Autor.

**Figura 39** – Detalhes do resultado da operação de plantio do milho, realizada entre as linhas de capim, no dia 18/01/2022.



Fonte: Autor.

Durante essa safra não foi utilizado nenhum adubo externo, sejam eles no momento da implementação ou posteriormente em cobertura, com o intuito de analisar a produção sem *inputs* (insumos) nutritivos externos. O único manejo empregado durante toda a cultura do milho foi o do corte dos capins, garantindo o fornecimento constante de matéria orgânica para cobertura do solo.

### 6.5.1 Coleta de dados agronômicos

Para avaliação do desenvolvimento agronômico do milho foram coletadas amostras do diâmetro do colmo (mm), da altura total da planta, número de folhas, altura da inserção da espiga e número de espiga por plantas (ARAÚJO *et al.*, 2013) em dois períodos: no dia 18 de março de 2022 (59 DAS) e no dia 3 de junho de 2022 (136 DAS). Foram analisadas 15 plantas aleatórias de cada parcela, perfazendo um total de 105 amostras de cada parâmetro nos três tratamentos. Com o objetivo de evitar os efeitos adversos de um tratamento sob o outro, não se coletou os dados das plantas de milho localizadas nos perímetros (borda) das parcelas, com uma margem de segurança de pelo menos 1 m em todas as bordas.

Com o auxílio de um paquímetro digital, aferiu-se o diâmetro do colmo, na altura entre o primeiro e o segundo internódio de cada planta (**Figura 40**). Para medir a altura total da planta e altura da inserção da espiga, utilizou-se uma trena milimetrada, medindo as duas alturas ao nível do solo (**Figura 41**). O número de folhas e o número de espigas



foram contabilizadas “manualmente” no momento das coletas dos parâmetros anteriores. (ARAÚJO *et al.*, 2013)

**Figuras 40 e 41** – Aferição do diâmetro do colmo do milho, com auxílio de paquímetro digital (esquerda) e altura da planta milho utilizando uma trena milimetrada (direita)



Fonte: Autor.

### 6.5.2 Colheita das espigas, secagem e avaliações

No dia 6 de junho de 2022 (136 DAS) as espigas de milho foram colhidas manualmente, em todas as parcelas, e alocadas em sacos de nylon devidamente identificados (**Figura 42**). Assim como na coleta para avaliar os dados agrônômicos do milho, foram coletadas todas as espigas de 15 plantas aleatórias em todas as parcelas experimentais. Posteriormente a operação de colheita e organização, as espigas foram imediatamente submetidas a um processo de secagem natural, alocadas dentro de uma estufa de vegetação, sem sistema de irrigação, com cobertura superior (plástica e transparente) e paredes de sombrite, que permitem a circulação do ar e garante proteção contra chuvas e possíveis predadores (**Figura 43**). Este processo visa reduzir a umidade presente nas espigas, e conseqüentemente a dos grãos, antes de submetê-las à coleta de dados dos parâmetros produtivos.

**Figuras 42 e 43** – Espigas coletadas e alocadas em sacos de nylon (à esquerda) e organização das espigas de milho para secagem natural em estufa (à direita).



Fonte: Autor.

Após a secagem, as espigas foram levadas ao laboratório onde foram retiradas as palhas, e posteriormente organizou-as em bandejas, em fileiras facilitando assim a medição dos dados. De cada espiga despalhada, aferiu-se a massa da espiga (g), o diâmetro médio da espiga (mm) e seu comprimento (cm) (CRUZ *et al.*, 2006) Para auxiliar essas medidas, utilizou-se uma balança de precisão, um paquímetro digital e uma régua milimetrada.

Após a tabulação desses dados, as espigas foram debulhadas manualmente e seus grãos reservados em bandejas individuais (**Figuras 44 e 45**), com o intuito adquirir os valores das massas de grão por espiga e retirar amostragem para massa de mil grãos. Por consequência, com o auxílio da balança avaliou-se as massas das sementes de todas os tratamentos e uniu-se o resultante final de grãos de cada repetição no mesmo recipiente. Para calcular a produtividade do milho em cada tratamento, multiplicou-se a média da massa de grãos por espiga pela população total de plantas, igual a 64000 plantas/ha.

**Figuras 44 e 45** – Debulhagem manual do milho (à esquerda) e organização das amostras em bandejas individuais (à direita).



Fonte: Autor.

Os grãos em cada recipiente foram misturados com a finalidade garantir que no momento de retirada das amostras para analisar a massa de mil grãos, elas sejam retiradas de forma aleatória. Retirou-se então, quatro amostras de cada parcela, contendo 100 sementes, totalizando 28 amostras por tratamento. Na sequência, misturou-se todas as amostras de grãos, e retirou-se mais 6 amostras, que foram pesadas em balança de precisão e colocadas em estufas elétricas a 60°C por 4 dias, para retirar o excesso de umidade dos grãos. Na sequência desse período, retirou-se as amostras e pesou-as novamente, obtendo assim o valor final da massa de grãos corrigida sem a presença de água livre. Para calcular o fator de correção, utilizou-se como referência a média das porcentagens de peso perdida das seis amostras após a secagem em estufa.

## **6.6 Linhas de árvores biodiversas - tratos culturais, amostragem e diretrizes para um manejo continuado**

Durante os seis meses que sucederam o plantio das linhas de árvores, foi efetuado o raleamento manual das plantas de feijão de porco com auxílio de tesouras de podas e facão. Este manejo teve como objetivo aumentar a luminosidade, evitar possíveis competições por recurso, fornecer matéria orgânica de cobertura tanto para as árvores plantadas por mudas quanto para as sementes de árvores nativas do Cerrado.

Posteriormente a esse manejo foi realizada a poda de estratificação dos eucaliptos, quando se retirou em média  $\frac{2}{3}$  dos ramos plagiotrópicos inferiores, visando a condução da planta para ocupação do estrato emergente (**Figura 46**). O patamar que se espera alcançar com o manejo dos eucaliptos é estabelecer uma altura de fuste de 5 a 6 metros onde sejam realizadas de duas a três podas drásticas ao ano. Essas podas visam a retirada total da copa das árvores, com o objetivo de fornecer matéria orgânica na superfície do solo para as entrelinhas produtoras de grãos, ao decorrer dos anos. Vale ressaltar a extrema importância da diversificação da palhada para cobertura. Outro principal objetivo desse manejo é efetuar um distúrbio planejado com a finalidade de permitir a entrada de luz no sistema como um todo, favorecendo o crescimento das outras árvores e dos cultivos anuais ao longo do tempo.

Sejam eles realizados no verão/outono, ou no inverno/primavera, a rebrota dos eucaliptos é praticamente garantida, tendo em vista que são árvores que toleram podas de forma intensiva e sucessiva. Assim, pode-se abrir luminosidade todo ano para cultivo nas entrelinhas.

Intenciona-se conduzir a altura de formação das copas dos citros a 0,5 m de altura em relação ao nível do solo (**Figura 47**), com duas ou três hastes por planta (COELHO *et al.*, 1998; SANTOS FILHO; MAGALHÃES; COELHO, 2005). O objetivo é formar uma copa esférica e de baixa estatura, facilitando colheitas, manejos e a própria estratificação, visto que os citros possuem originalmente um hábito de vida originalmente de estrato médio/alto e alcançam sua produtividade ótima em temperaturas mais amenas e em abrigo da insolação direta.

Além disso, os mognos que possuíam folhas com sinais de senescência e ou danificados tiveram seus ramos plagiotrópicos inferiores podados, a fim de manter a sanidade vegetal e proporcionar estímulo ao direcionamento de seu estrato.

Toda a matéria orgânica foi depositada na base das árvores e organizada de forma a ficar em contato com o solo. O objetivo é promover a ciclagem mais eficiente de nutrientes e fornecimento dessa cobertura fresca à fauna edáfica e aos microrganismos que irão se beneficiar com essa entrada de biomassa vegetal. Não somente, mas a renovação aérea trás renovação radicular, essencial para as plantas buscarem novos focos de nutrientes no solo.



**Figuras 46 e 47** - Eucalipto estratificado (esquerda) e citros com poda de formação executada (direita).



Fonte: Autor.

No dia 15 de fevereiro de 2022, quase 14 meses após o plantio (414 dias), utilizou-se uma vara graduada para medir a altura total dos eucaliptos (**Figura 48**). Neste mesmo dia, com o auxílio de um paquímetro digital, mediu-se o diâmetro a altura do peito (DAP) a 1,30 m do nível do solo com finalidade acompanhar o desenvolvimento da espécie (**Figura 49**). Como não houve diferentes tratamentos no delineamento das linhas de árvore, os cálculos apresentados nos resultados são expressos pela média dos dados obtidos em cada parâmetro analisado.

**Figuras 48 e 49** – Medição da altura total das plantas com auxílio de uma vara milimetrada (esquerda) e DAP a 1,30m do nível do solo utilizando paquímetro digital (direita).



Fonte: Autor.

No momento posterior à coleta dos dados do eucalipto, foram conduzidos alguns manejos nas linhas de árvore. O primeiro deles foi a realização de mais uma poda de estratificação dos eucaliptos, no dia 6 de maio de 2022, onde novamente retirou-se os ramos plagiotrópicos até uma altura que correspondesse a aproximadamente  $\frac{2}{3}$  da altura total da planta (**Figura 50**), com o objetivo de conduzir a planta ao seu estrato, tendo como consequência o aumento na disponibilidade luminosa para o sistema como um todo. O material podado foi depositado ao longo das linhas arbóreas logo após essas linhas sofrerem uma capina seletiva. Posteriormente, dando sequência aos manejos das outras espécies, efetuou-se o retoque da poda de formação e limpeza dos citros, reforçando a abertura da copa a 0,5 m de altura do nível do solo e retirando os ramos que se direcionavam ao centro da copa (**Figura 51**).

**Figuras 50 e 51** – Poda de estratificação dos eucaliptos resultando na abertura de luz para o sistema (esquerda) e poda realizada nos citros para formação, e limpeza, da copa a 0,5m do nível do solo (direita).



Fonte: Autor.

### 6.6.1 Manejo continuado

Ao contrário do que se espera de um sistema de Integração Lavoura Floresta (ILF), onde os eucaliptos são conduzidos ao crescimento máximo em altura e com poucos manejos de poda, o sistema proposto nesse experimento oferece um manejo alternativo, tanto da disposição das espécies (design), quanto na continuidade dos manejos. A utilização dos eucaliptos nos sistemas agroflorestais sintrópicos se justifica, além da geração de produtos florestais (madeira, celulose, óleos essenciais), pela sua excelente capacidade em oferecer diversos serviços ao próprio sistema.

As podas drásticas, que serão feitas nos eucaliptos, a uma altura média entre 4 e 6 m, visam prover matéria orgânica, rica em lignina, para as linhas de árvore e principalmente para as faixas produtoras de grão. Além disso, o distúrbio gerado pela retirada total das copas permitirá a entrada de luz no sistema, aumentando assim a quantidades de ciclos produtivos das culturas anuais entre as linhas de árvore no decorrer do tempo. Além do mais o plantio e manejo do eucalipto só se justificam se associados ao plantio biodiverso de outras árvores e espécies nativas.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.1 Produtividade dos capins

No primeiro corte dos capins (23/12/2021) não houve diferença significativa (**Tabela 6**) entre os tratamentos nos três parâmetros analisados: Matéria Verde (MV - t/ha), Teor de Massa Seca (%) e Massa Seca (MS - t/ha). As médias na produção de MV foram 21,72 t/ha e 20,52 t/ha para o TrMo e TrBr respectivamente. As diferenças fenotípicas entre as duas espécies de capim não interferiram nas produções de MV e MS em nenhum intervalo de corte.

No segundo corte (07/02/2022), também não foi observada diferença significativa na MV dos capins nos diferentes tratamentos. A MV produzida pelos capins Mombaça e Marandu neste período foi de 21,72 t/ha e 20,52 t/ha respectivamente. Nota-se que nesta variável o TrMo mostrou-se numericamente superior ao TrBr, porém não se diferenciaram significativamente entre si. Já as médias de MV obtidas no terceiro corte (22/03/2022) foram 21,53 e 21,01 t/ha para o TrMo e TrBr respectivamente, e não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, o que reforça a evidência das duas espécies apresentarem características fenotípicas semelhantes. O total de MV acumulada nesses três cortes foi de 64,99 t/ha para o capim Mombaça e 62,06 t/ha para o Brizantha.

**Tabela 6** - Produção de Matéria Verde (MV - t/ha), Massa Seca (MS - t/ha) e Teor de MS (MS - %) dos três cortes, em diferentes datas efetuados nos dois tratamentos.

Data	Tratamento	MV (t/ha)	(%) MS	MS (t/ha)
1º Corte 23/12/2021	Mombaça	21,72a	21,56a	4,68
	Brizantha	20,52a	20,78a	4,26
	CV%	20,44	5,56	5,56
2º Corte 07/02/2022	Mombaça	21,72a	22,59a	4,90
	Brizantha	20,52a	23,44a	4,81
	CV%	10,29	5,53	-
3º Corte 22/03/2022	Mombaça	21,53a	19,93a	4,29
	Brizantha	21,01a	19,10b	4,01
	CV%	19,11	3,56	-
	Acumulado Mombaça	64,99	-	13,98
	Acumulado Brizantha	62,06	-	13,08

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

TrMo (Tratamento Mombaça); TrBr (Tratamento Brizantha); CV% (Coeficiente de Variação)



Da Silva florentino (2022), com o objetivo de avaliar a produção da biomassa do capim Mombaça plantado em sulcos, sob diferentes adubações e períodos do ano, encontrou médias máxima de produção no primeiro corte de 20,97 t/ha de MV, com 19,35% no TMS, obtidas no tratamento com adubação de esterco de aves. Os valores encontrados pela autora na produção de MV se mostram próximos aos encontrados no primeiro corte deste trabalho. Porém, ao longo dos 8 sucessivos cortes de capim, foi observada a diminuição na produção de biomassa, chegando à média mínima de 1,75 t/ha, coincidindo com o período de redução do regime de chuvas.

Outros trabalhos que buscaram avaliar o potencial de espécies gramíneas na produção de biomassa, também encontraram médias próximas a 20 t/ha de MV de capim Mombaça (23,56 % de TMS), mostrando resultados semelhantes aos desta pesquisa (MAGALHÃES *et al.*, 2020; RODRIGUES e NAKAO, 2020).

Ainda observando os resultados obtidos nos trabalhos de Rodrigues e Nakao (2020), a cultivar Marandu produziu média 17,49 t/ha de MV no primeiro corte analisado, diminuindo consideravelmente sua produção ao longo dos cortes subsequentes, chegando a alcançar média mínima de 3,23 t/ha no quinto corte. Esses valores observados contrariam os resultados encontrados no trabalho onde diminuição na produção não foi percebida até o terceiro corte efetuado. Esses resultados discrepantes podem estar associados a densidade de sementes de capim plantadas, tendo em vista como diferencial a alta densidade de sementes utilizada nesta pesquisa.

A variável TMS (**Tabela 7**) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos no primeiro e segundo corte. No primeiro corte o TrMo apresentou média igual a 21,56 %, totalizando 4,68 t/ha de Massa Seca (MS) enquanto no TrBr observou-se uma média de 20,78 %, representando 4,26 t/ha de MS. Os maiores valores de TMS foram obtidos no segundo corte, tendo o capim Brizantha 23,59 % e o capim Mombaça com média igual a 22,59 %. Nota-se que apesar dos valores de TMS do TrBr terem sido numericamente superiores ao TrMo, a produtividade de MS do capim Mombaça, nesse intervalo, foi superior ao capim Brizantha, porém eles não diferiram estatisticamente entre si.

No terceiro corte, o TrMo mostrou-se estatisticamente superior ao TrBr, com médias de TMS iguais a 19,93 e 19,10 % respectivamente. Essas mesmas médias forneceram 4,292 t/ha de MS no TrMo enquanto o TrBr produziu 4,01 t/ha. O somatório total da MS acumulada ao longo dos três cortes foi de 13,98 e 13,08 t/ha para o TrMo e TrBr, nessa ordem.

Rodrigues e Nakao (2020), apesar de observarem valores próximos na produtividade de MS entre as cultivares Mombaça e Marandu, relatam que o capim Mombaça se mostrou superior a cultivar Marandu até o quinto corte, quando eles não diferiram mais entre si.

Ainda é difícil estabelecer uma discussão com as produtividades apresentadas na literatura, considerando que as produções publicadas para capins estão começando agora a serem direcionadas para a realidade do plantio em entrelinhas de SAFs, condição essa que dificilmente recebe adubação, já que as gramíneas são espécies utilizadas nestes sistemas para produção abundante de biomassa, cumprindo funções ao fornecer carbono, minerais e diversos outros serviços para o sistema.

## 7.2 Milho

### 7.2.1 Estágio Fenológico

O desenvolvimento nos ciclos da cultura do milho foi idêntico entre todos os tratamentos, não diferenciando entre si em relação a duração dos períodos de cada estágio fenológico. O milho teve sua emergência constatada no dia 26/01/2022, 8 dias após a sua semeadura (**Figura 52**) e se desenvolveu vegetativamente até o dia 23/03/2022 (63 DAS), quando foi observada a exposição dos primórdios florais da espécie, instaurando-se, assim, o início da fase reprodutiva (**Figura 53 e 54**).

**Figura 52** – Emergência das plântulas de milho semeadas entre as linhas de capim 8 DAS (26/01/2022).



Fonte: Autor.

**Figuras 53 e 54** – Início do período reprodutivo do milho aos 63 DAS (23/03/2022) com o começo da formação dos primórdios do estilo-estigma (a esquerda) e pendão (a direita).



Fonte: Autor.

O período em que ocorreu o início da formação e polinização das espigas se deu próximo aos 80 DAS (08/04/2022), quando o estilo-estigma das plantas já havia iniciado o processo de secagem após serem fecundadas (**Figura 55**). No dia 28/04/2022, 100 DAS, a cultura do milho se apresentava no começo da fase de maturação dos grãos, no ponto comercial para milho verde (fresco), onde as matrizes de açúcares líquidos dos grãos são abundantes e possuem consistência leitosa (**Figura 56**)

**Figura 55 e 56** – Espiga de milho, em fase inicial de desenvolvimento e fecundação, 80 DAS (esquerda) e espigas de milho verde (frescas) em fase de maturação dos grãos, 100 DAS.



Fonte: Autor.

A maturidade fisiológica dos grãos de milho foi constatada no dia 28/05/2022, 130 DAS, quando se observou o achatamento da coroa dos grãos (**Figura 57**), as manchas

pretas (*black layer*) no ponto de inserção dos grãos com o sabugo e a linha de leite favorável à colheita (**Figura 58**).

**Figura 57 e 58** – Espiga de milho seca, no ponto de colheita aos 136 DAS (esquerda) e corte longitudinal do grão de milho seco para identificação da linha de leite e maturidade fisiológica (direita).



Fonte: Autor.

### 7.2.2 – Desenvolvimento agrônômico

Em relação à variável altura da planta, houve diferença significativa entre os tratamentos nos dois períodos analisados. Aos 59 dias após semeadura (DAS) o tratamento contendo capim Brizantha obteve média superior, igual a 111,7 cm, diferindo estatisticamente apenas ao tratamento Mombaça que teve média de 100,3 cm (**Tabela 7**). O tratamento Testemunha, não consorciado com nenhuma espécie de capim, obteve média da altura de 106,2 cm, não diferenciando significativamente dos outros dois arranjos.

**Tabela 7** - Parâmetro agrônômicos da cultura do milho, 59 e 136 dias após semeadura.

DAS	Tratamento	Altura (cm)	Nº Folhas	Diâmetro (mm)	A.I.A (cm)	Nº E/P
59	Mombaça	100,3b	11,92 <sup>a</sup>	16,61a	-	-
	Brizantha	111,7a	11,15 <sup>a</sup>	16,33a	-	-
	Testemunha	106,2ab	11,13 <sup>a</sup>	14,67b	-	-
	CV%	20,07	10,93	21,08	-	-
136	Mombaça	206,5a	12,72 <sup>a</sup>	26,20a	87,63a	1,32a
	Brizantha	202,3a	13,15 <sup>a</sup>	24,96a	83,88ab	1,23a
	Testemunha	191,7b	13,13 <sup>a</sup>	27,41a	79,88c	1,20a
	CV%	10,31	11,74	19,22	16,81	28,47

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

CV% (Coeficiente de Variação)

DAS (Dias após Semeadura)

A.I.A (Altura inserção da espiga)

Nº E/P (Número de espigas por planta)

Aos 136 DAS, a altura média máxima foi de 206,5 cm (**Tabela 7**), obtida no consórcio com capim Mombaça, entretanto sua média não diferiu estatisticamente do consórcio com capim Brizantha. Como as únicas médias que diferiram estatisticamente umas das outras foi obtida pelo tratamento Testemunha (191,7 cm), pode-se concluir que o TrT é significativamente inferior aos demais tratamentos.

Resultados divergentes foram encontrados nos trabalhos realizados por Alves (2013) e Silva et al. (2013), que constataram a redução da altura de plantas de milho quando consorciadas com altas populações de capim braquiária.

Michta *et al.* (2016), com objetivo de estudar a influência de cultivares de *Urochloa brizantha* sobre o desempenho agrônômico do milho, não encontrou diferença significativa na altura do milho, tanto entre os tratamentos com diferentes densidades de gramíneas utilizadas, quanto em cultivos solteiros não consorciados. Resultados similares também foram obtidos por Lopes (2017), que ao consorciar milho com capins dos gêneros *Brachiaria* e *Megathyrsus* em três modalidades de semeadura: na linha, entrelinha e a lanço, não encontrou diferença na altura de plantas de milho, contradizendo os resultados encontrados nesta pesquisa.

No que se refere a variável N° de Folhas (**Tabela 7**), não foi observada diferença estatística significativa entre os três tratamentos no primeiro período analisado (59 DAS), o que evidencia a não interferência dos consórcios no desenvolvimento desse parâmetro no período analisado. Os números médios de folhas por planta analisadas nesse período foram iguais a 11,92, 11,15 e 10,93 para os tratamentos Mombaça, Brizantha e Testemunha, respectivamente.

Já no segundo período, realizado 136 DAS (03/06/2022), foi o TrBr que se mostrou numericamente superior aos outros arranjos (**Tabela 7**), com média igual a 13,15 folhas por planta, seguidos pelos TrT e TrMo com médias 13,13 e 12,72 folhas por planta, respectivamente. A não interferência dos capins com a quantidade do número de folhas também foi constatada por Lobo *et al.* (2021), que objetivou avaliar o desempenho agrônômico do milho consorciado com *Brachiara*.

O número de folhas pode ser caracterizado pelo estágio fenológico da cultivar e não necessariamente pelo consórcio com capins. O número de folhas também está ligado à altura das plantas, como praticamente não houve diferenças significativas neste parâmetro, o número de folhas também não sofreu alteração, conseqüentemente.

Para o milho todas as folhas e espigas que a planta possivelmente irá produzir estão sendo formadas no estágio fenológico V3. No estágio V5 o sistema radicular do milho está em pleno desenvolvimento e, para o desenvolvimento da cultura do cereal, recomenda-se o corte dos capins a fim de ser reduzida a competição por luz, fornecer matéria orgânica e estimular a microbiota nas raízes e solo.

O diâmetro médio máximo (**Tabela 7**) do colmo das plantas de milho, no primeiro período (59 DAS), foi de 16,61 mm, obtidos no TrMo, porém não diferindo estatisticamente do TrBr que obteve média igual a 16,33 mm. A menor média do diâmetro do colmo foi de 14,67 mm, obtida no TrT se mostrando-se estatisticamente inferior quando comparada com os demais tratamentos nesse mesmo período.

As médias do diâmetro do colmo aos 136 DAS (**Tabela 7**) não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos propostos. A maior média observada foi de 27,41 mm, obtidas pelo TrT, porém ele não diferiu estatisticamente dos outros tratamentos consorciados com capins. Este maior valor no tratamento testemunha, pode ser explicado pela maior incidência solar e menor competição por recursos comparados aos plantios consorciados.

Brito *et al.* (2019), objetivando avaliar o efeito de níveis de saturação por bases sobre o crescimento e a produção da cultura do milho, consorciado com Marandu e em plantio solteiro, observou que o diâmetro do colmo praticamente não foi influenciado pelos consórcios, apenas na saturação por base de 60%, onde o cultivo consorciado com o capim resultou em maior diâmetro quando comparado à monocultura. Os maiores valores encontrados pelos autores em saturação por bases próximas a 60% estão relacionados ao maior desenvolvimento da gramínea cultivada no ano anterior, deixando maior resíduo no solo.

O colmo é uma estrutura destinada a reserva de sólidos solúveis para emergências e quanto maior for seu diâmetro, maior será sua capacidade de armazenamento de fotoassimilados contribuindo para a produtividade de grãos (TSUMANUMA, 2004).

A altura da inserção da espiga (**Tabela 7**) foi diretamente influenciada pelos tratamentos, que demonstraram diferença estatística significativa entre si. A maior altura observada foi de 87,63 cm, obtidas no tratamento consorciado com capim Mombaça, sendo este superior ao TrBr (83,88 cm) que por sua vez mostrou-se superior ao TrT (79,88). Esses resultados contrastam com o encontrado por Paschoalete *et al.* (2021) que observaram esse parâmetro sofreu influência quando consorciado com o Mombaça, proporcionando menor altura da inserção da espiga que os plantios solteiros.

Referente ao parâmetro número de espiga por planta (**Tabela 7**), não houve diferença significativa entre os tratamentos propostos. Porém, a maior média foi observada no TrMo (1,32 espigas/planta), mesmo que esse não se diferenciou estatisticamente aos TrBr e TrT, possuindo médias iguais a 1,23 e 1,20 espigas/planta, respectivamente.

Os parâmetros intrínsecos à fisiologia das plantas são facilmente influenciados pelos fatores ambientais. A utilização da luz é um dos processos mais importantes para a produtividade e, geralmente, a eficiência da utilização da radiação solar pelas culturas é baixa. A luz promove respostas morfológicas antes mesmo da interferência de uma planta sobre outra ou do início da competição por recursos presentes no ambiente, o que pode afetar o índice de área foliar e o padrão de senescência foliar em manejos não sintrópicos.

### 7.2.3 – Parâmetros da espiga e produção dos grãos

Nos parâmetros massa da espiga, massa de grãos e conseqüentemente produtividade, foi constatada diferença significativa entre os três arranjos (**Tabela 8**), tendo o TrMo médias das massas superiores aos TrBr e TrT nesses mesmos parâmetros.

A média máxima da massa da espiga observada foi de 140,56 g, obtidas no TrMo mostrando superioridade ao TrBr (127,05 g) que por sua vez mostrou-se superior ao TrT (104,23 g). Com esses resultados é possível concluir que houve interferência dos tratamentos na massa da espiga. As médias maiores, encontradas nos consórcios com os capins, podem ser explicadas pelo aumento na disponibilidade de nitrogênio e carbono, fornecidos através do grande acúmulo de biomassa gerado pelos cortes dos capins.

**Tabela 8** – Parâmetros quantitativos do milho - massa espiga (g), diâmetro (mm), comprimento da espiga (cm), massa de grãos (g), massa de mil grãos (g), produtividade (t/ha)

	<b>TrMo</b>	<b>TrBr</b>	<b>TrTe</b>	<b>CV %</b>
<b>Massa da espiga (g)</b>	140,56a	127,05b	104,23c	21,89
<b>Diâmetro da espiga (mm)</b>	44,13a	43,29a	41,91a	8,260
<b>Comprimento da espiga (cm)</b>	14,61a	14,16a	13,85a	24,82
<b>Massa de grãos/espiga (g)</b>	116,06a	100,23b	81,35c	23,29
<b>Massa de mil grãos (g)</b>	316,7a	316,7a	309,2a	4,29
<b>Produtividade (t/ha) <sup>1</sup></b>	6,873a <sup>1</sup>	5,926b <sup>1</sup>	4,773c <sup>1</sup>	23,29

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

<sup>1</sup> Valores finais multiplicados pelo fator de correção de umidade (0,9253), obtidos após secagem forçada.

TrMo (Tratamento Mombaça); TrBr (Tratamento Brizantha); TrTe (Tratamento Testemunha)

CV% (Coeficiente de Variação)



Não houve diferença estatística significativa, em nenhum dos tratamentos propostos, entre as médias obtidas no diâmetro da espiga (**Tabela 8**). Mesmo assim, o TrMo mostrou-se numericamente superior aos demais tratamentos, com média igual a 44,13 mm de diâmetro. A menor média referente ao diâmetro da espiga foi de 41,91 mm, observada no TrT, não consorciado com as espécies de capins propostas.

Em relação ao comprimento da espiga não houve diferença estatística entre os arranjos propostos (**Tabela 8**). Os tratamentos de milho consorciados com capim Mombaça e Brizantha, obtiveram médias de 14,61 e 16,16 cm de comprimento respectivamente, numericamente maiores que as médias obtidas no TrT (13,85), mesmo não diferindo significativamente entre si.

O comprimento médio de espiga é um dos caracteres que pode interferir, diretamente, no número de grãos por fileira e, conseqüentemente, na produtividade do milho (KAPPES et al., 2009). Contudo, no presente estudo, esta característica agrônômica não foi influenciada pelas modalidades de cultivo, assim como o diâmetro de espiga e massa de mil grãos.

Na variável massa de grãos foi observada diferença estatística significativa entre todos os tratamentos sugeridos. O melhor desempenho entre as médias, foi constatado pelo arranjo consorciado com capim Mombaça (116,06 g/espiga), sendo superior ao TrBr (100,23 g/espiga) que por sua vez mostrou-se superior ao TrT (81,35 g/espiga). Esses resultados evidenciam o aumento da produtividade do milho quando consorciado com os capins, sob manejos sintrópico, tendo destaque para o capim Mombaça.

Não houve diferença significativa entre as médias da massa de mil grãos entre os três tratamentos (**Tabela 8**). Os tratamentos consorciados com capins (TrMo e TrBr) obtiveram a mesma média (316,7 g/1000 grãos), mostrando-se numericamente superiores ao TrT (309,2 g/1000 grãos).

O parâmetro da produtividade (t/ha) seguiu os mesmos resultados estatísticos da variável massa de grãos. Este fato pode ser explicado pela utilização dos valores da massa de grãos para calcular a produtividade por hectare, seguindo as mesmas diferenças observadas nos resultados estatísticos. Seguindo essa lógica, houve diferença estatística significativa entre os três tratamentos sugeridos (**Tabela 8**). O maior desempenho foi observado no TrMo (6,87 t/ha), seguido do TrBr (5,92 t/ha). Já a menor média obtida entre os tratamentos foi 4,77 t/ha, obtidas no TrT, diferenciando significativamente entre os tratamentos consorciados com capim. Isso pode ser explicado pelo grande acúmulo de biomassa dos dois capins ao longo dos cortes, mantendo o solo em condições mais



favoráveis para desenvolvimento de microrganismos de solo e pela ciclagem de nutrientes (LOPES; NETO, 2011), pois no monocultivo o solo não tem deposição abundante de palhada.

## **8 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com esses resultados, pode-se concluir que o milho consorciado com as espécies de capim, resultou em maior produtividade comparado ao tratamento testemunha. A maximização da interceptação da radiação obtida através dos cortes sucessivos dos capins e a abundante deposição de matéria orgânica, permitiram elevar o potencial de rendimento da produtividade do milho consorciado com os capins.

Todas as médias de produtividade de milho obtidas nos três tratamentos sugeridos foram maiores do que a produtividade média nacional, independente do desempenho dos capins.

Vale destacar, ainda, que a produtividade do milho nos arranjos de consórcio foi superior à média nacional, independente da espécie de capim proposta, reforçando a hipótese da influência positiva dos capins tropicais no milho, com incrementos expressivos em sua produtividade.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-WARETH, A. A. A.; HAMMAD, Seddik; AHMED, Hassan. Effects of *Khaya senegalensis* leaves on performance, carcass traits, hematological and biochemical parameters in rabbits. **EXCLI Journal**, v. 13, p. 502-512, 2014.

ADEBAYO, Joseph O.; KRETTLI, Antoniana Ursine. Potential antimalarials from Nigerian plants: a review. **Journal of ethnopharmacology**, v. 133, n. 2, p. 289-302, 2011.

ADEBAYO, J. O.; KRETTLI, A. U. Potential antimalarials from nigerian plants: a review. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 133, n. 2, p. 289–302, 2011.

ALMARAZ, Juan J. *et al.* Greenhouse gas fluxes associated with soybean production under two tillage systems in southwestern Quebec. **Soil and Tillage Research**, v. 104, n. 1, p. 134-139, 2009.

ALVES, V. B. **Milho safrinha consorciado com populações de braquiária e produtividade da soja em sucessão**. 2013. 27f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

ANA. Regiões Hidrográficas. 2017. Disponível em: <<https://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/b78ea64219b9498c8125cdef390715b7>>. Acesso em: 26 nov. 2021.

ANDRADE, Dayana Velozo Pastor. Agricultura, meio ambiente e sociedade: um estudo sobre a adotabilidade da Agricultura Sintrópica. 2019. 160 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Conservação, UFRJ, *campus* Macaé Aloísio Teixeira, Rio de Janeiro, RJ, 2019.

ARAÚJO, E. de O. *et al.* Produtividade do milho em resposta a aplicação de nitrogênio e à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae*. In: **Embrapa Agropecuária Oeste-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis. Ciência do solo: para quê e para quem: anais. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013., 2013.

ARAÚJO, Fabio Fernando de; PEDROSO, Ricardo Anderson Bizelli. Interação de *Bacillus* sp. com a rizosfera de três espécies de plantas forrageiras. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 1, p. 152-158, 2013.

AVIARA, N. A. *et al.* Effect of moisture content on some engineering properties of mahogany (*Khaya senegalensis*) seed and kernel. **Research in Agricultural Engineering**, v. 60, n. 1, p. 30-36, 2014.

AZEVEDO, Ruberval Leone *et al.* Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes das flores do feijão guandu no Recôncavo Baiano, Brasil. **Ciência Rural**, v. 37, n. 5, p. 1453-1457, 2007.

BALDUINO, Barbara Chrys Gomes. Milho orgânico consorciado com adubos verdes: alternativas para o manejo de plantas daninhas. 2020. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural, UFSCar, *campus* Araras, Araras, SP, 2020.

BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K. Agronomy and physiology of tropical cover crops. **Journal of Plant Nutrition**, v. 30, n. 8, p. 1287-1339, 2007.

BAO, Yani *et al.* Equilibrium and kinetic studies on the adsorption debittering process of ponkan (*Citrus reticulata* Blanco) juice using macroporous resins. **Food and Bioproducts Processing**, v. 94, n. December 2013, p. 199-207, 2015.

BAPTISTA, Vinícius Ferreira. A relação entre o consumo e a escassez dos recursos naturais: uma abordagem histórica. **Saúde & Ambiente em Revista**, v. 5, n. 1, p. 8-14, 2010.

BARBOSA, Altair Sales. “O Cerrado está extinto e isso leva ao fim dos rios e dos reservatórios de água”. Entrevista cedida a Elder Dias. Jornal Opção, 4 de out. 2014. Disponível em: <<http://www.jornalopcao.com.br/entrevistas/o-cerrado-es-ta-extinto-e-isso-leva-ao-fim-dos-rios-e-dos-reservatorios-de-a-gua-16970>>. Acesso em: 28 nov. 2021.

BARBOSA, Altair Sales. Peregrinos do Cerrado. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**, n. 5, p. 145-193, 1995.

BARBOSA, Altair Sales. Tópicos para construção da ocupação pré-histórica do Cerrado. **ComCiência**, n. 105, p. 0-4, 2009.

BELLEI, Margarida de Mendonça; GARBAYE, Jean; GIL, Márcio. Mycorrhizal succession in young *Eucalyptus viminalis* plantations in Santa Catarina (southern Brazil). **Forest Ecology and Management**, v. 54, n. 1-4, p. 205-213, 1992.

BOCQUET-APPEL, Jean-Pierre. The agricultural demographic transition during and after the agriculture inventions. **Current Anthropology**, v. 52, n. SUPPL. 4, p. S497-S510, 2011.

BORÉM, Aluízio; MIRANDA, Glauco Vieira. Melhoramento de plantas. 6. ed. Viçosa, MG: UFV, 1967.

BRITO, Arismar Ribeiro; PEREIRA, Henildo Sousa; BRACHTVOGEL, Elizeu Luiz. Saturação por bases na integração lavoura-pecuária com cultivo de milho nos dois primeiros anos. In: **Colloquium Agrariae. ISSN: 1809-8215**. 2019. p. 58-68.

BURNS, Tom R. The sustainability revolution: a societal paradigm shift. **Sustainability**, v. 4, n. 6, p. 1118-1134, 2012.

BUYER, Jeffrey S. *et al.* Soil microbial communities under cacao agroforestry and cover crop systems in Peru. **Applied Soil Ecology**, v. 120, n. March p. 273-280, 2017.

CAMPOS, Daniela Tiago da Silva *et al.* Colonização micorrízica em plantios de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 35, n. 5, p. 965-974, 2011.

CAMPOS, M. D'O. Fazer o Tempo e o Fazer do Tempo: ritmos em concorrência entre o ser humano e a natureza. **Ciência e Ambiente, Ed. Educ. Ambiental**, v. 8, p. 7-33, jan/jun, 1994

CARVALHO, Arminda Moreira de *et al.* Emissão de óxidos de nitrogênio associada à aplicação de uréia sob plantio convencional e direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 679-685, 2006.

CAVALHEIRO, Fernando Nunes. Caracterização de madeira de *Eucalyptus urograndis* e adesivo a base de óleos vegetais visando o emprego em peças de madeira laminada

colada. 2021. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Unioeste, *campus* Toledo, Toledo, PR, 2021.

CECCON, Gessí. Consórcio milho-braquiária. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013.

CEPF. 2020 Impact report. 2020. Disponível em: <<https://www.cepf.net/about/documents>>. Acesso em: 21 nov. 2021.

CIVEROLO, Kevin L.; DICKERSON, Russell R. Nitric oxide soil emissions from tilled and untilled cornfields. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 90, n. 4, p. 307-311, 1998.

CIRÍACO, Abílio da Paixão. Produtividade do milho e de forrageiras leguminosas e qualidade e produtividade do capim-marandu cultivados em sistema de integração lavoura-pecuária. 2020.

COELHO, Ygor da Silva *et al.* A cultura do limão-taiti. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1998.

COLODEL, Cristiane; VRIESMANN, Lúcia Cristina; PETKOWICZ, Carmen Lúcia de Oliveira de. Cell wall polysaccharides from Ponkan mandarin (*Citrus reticulata* Blanco cv. Ponkan) peel. **Carbohydrate polymers**, v. 195, n. April, p. 120–127, 2018.

CONAB. Série histórica das safras. Milho total (1ª, 2ª e 3ª safras). 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20>>.

Acesso em: 25 out. 2021.

CRUZ, José Carlos *et al.* Importância da produção do milho orgânico para a agricultura familiar. In: Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, 2.; SIMPÓSIO SOBRE COLLETOTRICHUM GRAMINICOLA, 1., 2006, Belo Horizonte. Inovação para sistemas integrados de produção: trabalhos apresentados. [Sete Lagoas]: ABMS, 2006., 2006.

DA SILVA FLORENTINO, Leandra et al. Avaliação da produção de biomassa de forragem do capim *Panicum maximum* cv. Mombaça submetido a adubação mineral e orgânica. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 1, p. 1131-1144, 2022.

DAVIDSON, E. A.; MATSON, P. A.; BROOKS, P. D. Nitrous oxide emission controls and inorganic nitrogen dynamics in fertilized tropical agricultural soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 60, n. 4, p. 1145-1152, 1 jul. 1996.

DIAS, Jaqueline Evangelista; LAUREANO, Lourdes Cardozo. Farmacopéia do Cerrado. 1. ed. Goiás: Articulação Pacari (Associação Pacari), 2009.

DE REZENDE, Adauton Vilela et al. Potencial agronômico e valor nutritivo de forrageiras implantadas na integração com a cultura do milho. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. e44511427318-e44511427318, 2022.

DOS SANTOS, Adriane Pereira da Silva et al. Métodos de avaliação de pastagem: uma breve revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 16, p. e52101622864-e52101622864, 2021.

DOS SANTOS, Cárilton Vieira et al. Potential impacts of climate change on agriculture and the economy in different regions of Brazil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 60(1), p.1-24, 2022.

DUTRA E SILVA, Sandro; BARBOSA, Altair Sales. Paisagens e fronteiras do Cerrado: ciência, biodiversidade e expansão agrícola nos chapadões centrais do Brasil. **Estudos Ibero-Americanos**, v. 46, n. 1, p. 1–18, 2020.

EHLERS, Eduardo. Agricultura Sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma. 2. ed. Guaíba, RS: Agropecuária, 1999. 157p.

EITEN, George. Brazilian “savannas”. In: **Ecology of tropical savannas**. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 25-47, 1982.

EITEN, George. The cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, v. 38, n. 2, p. 201-341, 1972.

ELLIS, Erle C. et al. Used planet: a global history. **PNAS of the USA**, v. 110, n. 20, p. 7978-7985, 2013.



- EMBRAPA. Mapa de reconhecimento dos solos do Distrito Federal. Embrapa, 1978.
- EMBRAPA. Mapa de reconhecimento dos solos do Distrito Federal. 2018. Disponível em:  
<[http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Amapa\\_solos\\_df\\_lat\\_long\\_wgs84](http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Amapa_solos_df_lat_long_wgs84)>.  
Acesso em: 06 nov. 2021.
- EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa-SPI, 2006.
- FAO. FAOSTAT. Crops and livestock products. 2019. Disponível em:  
<<https://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 06 nov. 2021.
- FLUGIE, Keith. Climate Change Upsets Agriculture. **Nature Climate Change**, v. 09, 293-299, 2021.
- FONTANETTI, Anastácia. Adubação e dinâmica de plantas daninhas em sistema de plantio direto orgânico de milho. 2007. Tese (Doutorado) - Programa de Pós- Graduação em Fitotecnia, UFV, Viçosa, MG, 2008.
- FOSTER, David *et al.* The importance of land-use legacies to ecology and conservation. **BioScience**, v. 53, n. 1, p. 77-88, 2003.
- FRANK, Stefan *et al.* Agricultural non-CO<sub>2</sub> emission reduction potential in the context of the 1.5°C target. **Nature Climate Change**, v. 9, n. 1, p. 66-72, 2019.
- FUENTES, Juan P. *et al.* Microbial activity affected by lime in a long-term no-till soil. **Soil and Tillage Research**, v. 88, n. 1-2, p. 123-131, 2006.
- GRAZIANO NETO, Francisco. A tragédia da terra: o fracasso da reforma agrária no Brasil. São Paulo, SP: Iglu/FUNEP/UNESP, 1991.
- GAZZOLA, Rosaura *et al.* Renta de agricultores y agroindustrias cooperados en Santa Catarina, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 1, p. 69, 2019.
- GRECCHI, Rosana Cristina *et al.* Land use and land cover changes in the brazilian Cerrado: A multidisciplinary approach to assess the impacts of agricultural expansion. **Applied Geography**, v. 55, p. 300-312, 2014.

GUÉNEAU, Stéphane; DINIZ, Janaína Deane de Abreu Sá; PASSOS, Carlos José Sousa. Alternativas para o desenvolvimento do bioma Cerrado: agroextrativismo e uso sustentável da sociobiodiversidade. 1. ed. Brasília, DF: IEB Mil Folhas, 2020.

HALLAM, Anthony. End-Cretaceous mass extinction event: argument for terrestrial causation. **Science**, v. 238, n. 4831, p. 1237-1242, 1987.

HELGREN, David. The world system and the Earth system: global socio-environmental change and sustainability since the Neolithic by Alf Hornborg; Carole L. **Journal of Anthropological Research**, v. 65, n. 1, p. 124-126, 2009.

HUNT, C. O.; RABETT, R. J. Holocene landscape intervention and plant food production strategies in island and mainland southeast Asia. **Journal of Archaeological Science**, v. 51, p. 22-33, 2014.

IBÁ. Infográficos. As árvores plantadas e seus múltiplos usos. 2017. Disponível em: <<https://iba.org/publicacoes/infograficos>>. Acesso em: 25 out. 2021.

IBÁ. Relatórios anuais. Relatório anual 2020 (Annual report). 2020. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios>>. Acesso em: 25 out. 2021.

IBGE. Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250.000. Série Relatórios Metodológicos. v. 45, Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2019.

IBGE. Produção Agrícola Municipal (PAM). Culturas temporárias e permanentes. 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes>>. Acesso em: 30 nov. 2021.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). 2010. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/pnadcm>>. Acesso em: 21 nov. 2021.

ISPN. Publicações. 2021. Disponível em <<https://ispn.org.br/biblioteca/publicacoes>>. Acesso em: 28 nov. 2021.

KICHEL, Armindo Neivo; COSTA, José Alexandre Agiova; ALMEIDA, Roberto Giolo de. Cultivo simultâneo de capins com milho na safrinha: produção de grãos, de forragem e de palhada para plantio direto. Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS, 2009.

KLINK, Carlos A.; MACHADO, Ricardo B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

KÖPPEN, Wladimir Peter. Das geographische system der klimat. **Handbuch der klimatologie**, p. 46, 1936.

KOTTEK, Markus *et al.* World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259–263, 2006.

KUHLMANN, Marcelo. Frutos e sementes do Cerrado: espécies atrativas para fauna. 2. ed. Santo André, SP: Ipsis, 2018. 463p.

LAL, Rattan. Challenges and opportunities in soil organic matter research. **European Journal of Soil Science**, v. 60, n. 2, p. 158-169, 2009.

LANDAU, Elena Charlotte; CAMPANHA, Mônica Matoso; MATRANGOLO, Walter José Rodrigues. Variação geográfica da ocorrência de produtores de milho orgânico cadastrados no Brasil. **Embrapa Milho e Sorgo-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 225, p. 36, 2021.

---

LEE, Sung-Eun *et al.* Antimalarial activity of anthothecol derived from *Khaya anthotheca* (Meliaceae). **Phytomedicine**, v. 15, n. 6-7, p. 533-535, 2008.

LEE, Tan-Cha; ZHONG, Pei-Juan; CHANG, Pai-Tsang. The effects of preharvest shading and postharvest storage temperatures on the quality of ‘Ponkan’ (*Citrus reticulata* Blanco) mandarin fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 188, p. 57-65, 2015.

LEWIS, Simon L.; MASLIN, Mark A. Defining the anthropocene. **Nature**, v. 519, n. 7542, p. 171-180, 2015.

LIU, YuQiu; HEYING, Emily; TANUMIHARDJO, Sherry A. History, global distribution, and nutritional importance of citrus fruits. **Comprehensive reviews in Food Science and Food safety**, v. 11, n. 6, p. 530-545, 2012.

LOBO, Cinthya Antonia Neves; MARQUES, Felipe Augusto; REZENDE, Cláudia Fabiana Alves. DIFERENTES DENSIDADES DA BRAQUIÁRIA NA PRODUTIVIDADE DO MILHO CONSORCIADO. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 423-429, 2021.

LOPES, H. R.; NETO, O. G. Benefícios da adoção da integração lavoura-pecuária. **Cadernos de Pós-Graduação da FAZU**, v.2, 2011. Disponível em:  
<http://www.fazu.br/ojs/index.php/posfazu/article/viewFile/434/326>

LOPES, M. M. Consórcio de duas espécies forrageiras com milho: características fitotécnicas, produtividade e composição bromatológica. Dissertação. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Candido Rondon, 2017, 77 p.

LOPES, Otávio Manoel Nunes. Feijão-de-porco leguminosa para adubação verde e cobertura de solo. **Embrapa-CPATU. Recomendações básicas**, 1998.

LOTA, Marie-Laure *et al.* Volatile components of peel and leaf oils of lemon and lime species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 4, p. 796-805, 2002.

MACHADO, Ricardo Bomfim *et al.* Caracterização da fauna e flora do Cerrado. **Palestras do XI Simpósio Nacional sobre o Cerrado e II Simpósio Internacional sobre Savanas Tropicais**, p. 12-17, 2008.

MACHADO, Ricardo Bomfim *et al.* Estimativa de perda da área do Cerrado brasileiro. 2004.

MACHADO, Luiz Carlos Pinheiro; MACHADO FILHO, Luiz Carlos Pinheiro. Dialética da agroecologia: contribuição para um mundo com alimentos sem veneno. São Paulo: **Expressão Popular**, 2014. 360p.

MAGALHÃES, T. M. *et al.* Avaliação da produção de biomassa por espécies adubadeiras arbóreas e gramíneas em um sistema agroflorestal. In: **Embrapa Meio Ambiente-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica, 14., 2020, Campinas. Anais... Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2020. RE20410., 2020.

MAPBIOMAS. Estatísticas. 2021a. Disponível em:  
<<https://mapbiomas.org/estatisticas>>. Acesso em: 21 nov. 2021.

MAPBIOMAS. Coleções MapBiomias. 2021b. Disponível em: <[https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama\\_set\\_language=pt-BR](https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR)>. Acesso em: 21 nov. 2021.

MARCHÃO, Robélio Leandro et al. Sorgo granífero consorciado com capim-braquiária na safrinha: estratégia para o manejo de plantas daninhas na soja em sucessão. **Embrapa Cerrados-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2021.

MARSCHNER, Horst; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and soil**, v. 159, n. 1, p. 89-102, 1994.

MATTOS JUNIOR, Dirceu de *et al.* Citros: principais informações e recomendações de cultivo. **Boletim técnico**, v. 200, 2005.

MATSUOKA, Yoshihiro *et al.* A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 99, n. 9, p. 6080-6084, 2002.

MAZOYER, Marcel; ROUDART, Laurence. História das agriculturas no mundo. Do Neolítico à crise contemporânea. **São Paulo, Editora UNESP**, 2010.

MEADOWS, Donella *et al.* Limites do crescimento: a atualização de 30 anos. Tradução de Celso Roberto Paschoa. Revisto por Maria Isabel Castro. **Rio de Janeiro: Qualitymark**, 2007.

MEIRELLES, PR de L.; MOCHIUTTI, S. Formação de pastagens com capim marandú (*Brachiaria brizantha* cv Marandú) nos cerrados do Amapá. Embrapa Amapá-Recomendação Técnica (INFOTECA-E), 1999.

MENDONÇA, Vander *et al.* Qualidade de frutos da tangerina 'Ponkan' após poda de recuperação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 271-276, 2006.

MEJSTRÍK, V. K.; CUDLÍN, P. Mycorrhiza in some plant desert species in Algeria. In: *Tree Root Systems and Their Mycorrhizas*. **Springer, Dordrecht**, p. 363-366, 1983.

MICCOLIS, Andrew *et al.* Restauração ecológica com sistemas agroflorestais: como conciliar conservação com produção: opções para Cerrado e Caatinga. **Embrapa Cerrados-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2016.

MICHTA, Rafael Junior *et al.* Produção de milho consorciado com duas cultivares de *Urocloa brizantha* em diferentes arranjos de semeadura. 2016

MILLER, G. Tyler; SPOOLMAN, Scott. Environmental science. **Cengage Learning**, 2015.

MONTGOMERY, David R. Dirt: The erosion of civilizations. **University of California Press**, 2012.

MORATELLI, Eliane Maria *et al.* Efeito da disponibilidade de água e de luz na colonização micorrízica e no crescimento de *Tabebuia avellanedae* Lorentz ex Griseb.(Bignoniaceae). **Revista Árvore**, v. 31, p. 555-566, 2007.

MOREIRA, FM de S. Microbiologia e bioquímica do solo. **UFLa**, 2006.

MULLER, Adrian *et al.* Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. **Nature communications**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2017.

NAIR, PK Ramachandran. Classification of agroforestry systems. **Agroforestry systems**, v. 3, n. 2, p. 97-128, 1985.

NAIR, PK Ramachandran. An introduction to agroforestry. **Springer Science & Business Media**, 1993.

NETO, Graziano. A modernização da agricultura e suas consequências ambientais e humanas. 1991.

NETO, Nelson Eduardo Corrêa *et al.* Agroflorestando o mundo de facão a trator. **Petrobrás Ambiental. Barra do Turvo**, 2016.

NOCE, M. A. Milho variedade BR 106, técnicas de plantio. **Comunicado técnico**. Embrapa, 2004.

NURAIN, Ismaila Olanrewaju; BEWAJI, Clement Olatunbosun. Effects of aqueous bark extracts of *Khaya grandifoliola* and *Enantia chlorantha* on some biochemical parameters in Swiss Mice. **Iranian Journal of Toxicology**, v. 11, n. 5, p. 13-21, 2017.



OLIVEIRA, Joelma Kyone Silva de *et al.* Características quantitativas e qualitativas do capim-mombaça, submetido a doses crescentes de nitrogênio em clima tropical úmido–classificação AF. 2016.

OPUNI-FRIMPONG, E. *et al.* Silvicultural systems for plantation mahogany in Africa: influences of canopy shade on tree growth and pest damage. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 2, p. 328-333, 2008.

PAL, Dilipkumar *et al.* Biological activities and medicinal properties of *Cajanus cajan* (L.) Millsp. **Journal of advanced pharmaceutical technology & research**, v. 2, n. 4, p. 207, 2011.

PAULA JÚNIOR, T. J. de. 101 culturas: Manual de tecnologias agrícolas. **EPAMIG**, 2007.

PASCHOALETE, WILLIAN MENITI *et al.* DESEMPENHO AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE MILHO BOLIVIANO CONSORCIADOS COM CAPIM MOMBAÇA. 2021.

PASINI, F. S. A Agricultura Sintrópica de Ernst Götsch: história, fundamentos e seu nicho no universo da Agricultura Sustentável. **Universidade Federal do Rio de Janeiro-Campus UFRJ-Macaé Aloísio Teixeira (Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Conservação)**. Rio de Janeiro, 2017.

PENEIREIRO, Fabiana Mongeli. Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso. **Universidade de São Paulo: Sao Paulo, Brazil**, 1999.

PENTEADO, Joel. Transferência de tecnologia florestal. Eucalipto. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/eucalipto/perguntas-e-respostas>>. Acesso em: 25 out. 2021.

PEREIRA, Sidney *et al.* Recursos hídricos em veredas do bioma cerrado no estado de Goiás. 2010.

PINTO, Alberto Carlos de Queiroz; SOUSA, Evie dos Santos de; RAMOS, Victor Hugo Vargas. Tecnologia de produção e comercialização da lima-ácida 'Tahiti', da goiaba e do maracujá-azedo para o Cerrado. **Embrapa Cerrados. Documentos**, 2004.

PINTO, Alexandre de Siqueira *et al.* Soil emissions of N<sub>2</sub>O, NO, and CO<sub>2</sub> in Brazilian savannas: effects of vegetation type, seasonality, and prescribed fires. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 107, n. D20, p. LBA 57-1-LBA 57-9, 2002.

POZZI, Guilherme José Reali; NETO, Martin Mundo. Conflitos entre a produção orgânica em grande escala e a Agroecologia: o caso da Fazenda da Toca. **Revista Interface Tecnológica**, v. 14, n. 1, p. 332-347, 2017.

PRACIAK, A. *et al.* The CABI encyclopedia of forest trees (CABI, Oxfordshire, UK). 2013.

PRETTY, Jules *et al.* The top 100 questions of importance to the future of global agriculture. **International journal of agricultural sustainability**, v. 8, n. 4, p. 219-236, 2010.

PRIMAVESI, Ana. Manual do solo vivo. **São Paulo: Expressão Popular**, p. 2011, 2016.

QUÉRÉ, Corinne le *et al.* Temporary reduction in daily global CO<sub>2</sub> emissions during the COVID-19 forced confinement. **Nature Climate Change**, v. 10, n. 7, p. 647-653, 2020.

QUINTÃO, José Maurício B. *et al.* Mudanças do uso e cobertura da terra no Brasil, emissões de GEE e políticas em curso. **Ciência e Cultura**, v. 73, n. 1, p. 18-24, 2021.

RAMOS, Gonçalo Moreira. Recomendações práticas para o cultivo do guandu para produção de feno. **Embrapa Meio-Norte-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 1994.

REATTO, Adriana *et al.* Mapa pedológico digital-SIG atualizado do Distrito Federal escala 1: 100.000 e uma síntese do texto explicativo. 2004.

REBELLO, JF dos S. Princípios de agricultura sintrópica segundo Ernst Götsch. **Cepeas, Alto Paraíso de Goiás**, 2018.

REIS, C. F. *et al.* Mogno-africano (*Khaya* spp.): atualidades e perspectivas do cultivo no Brasil. **Embrapa Florestas-Livro científico (ALICE)**, 2019.

RIBEIRO, José Felipe; WALTER, Bruno Machado Teles. Fitofisionomias do bioma Cerrado. **Embrapa Cerrados-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 1998.

ROCKSTRÖM, Johan *et al.* Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. **Ambio**, v. 46, n. 1, p. 4-17, 2017.

RODRIGUES, Letícia Nayara Fuzaro; NAKAO, Allan Hisashi. AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE FORRAGEIRAS EM ÁREA DE SEQUEIRO APÓS O CONSÓRCIO DE MILHO COM E SEM INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense*. **UNIFUNEC CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR**, v. 9, n. 11, p. 1-12, 2020.

RODRIGUES, Maria Júlia *et al.* Desempenho agronômico de lima ácida Tahiti em combinação com diferentes porta-enxertos em Capixaba, Acre. **Enciclopédia biosfera**, v. 15, n. 28, 2018.

SALMAN, Ana Karina Dias; SOARES, João Paulo Guimarães; CANESIN, Roberta Carrilho. Métodos de amostragem para avaliação quantitativa de pastagens. 2006.

SANHUEZA, Eugenio *et al.* Effect of plowing on CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, and NO fluxes from tropical savannah soils. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 99, n. D8, p. 16429-16434, 1994.

SANO, Edson E. *et al.* Cerrado ecoregions: A spatial framework to assess and prioritize Brazilian savanna environmental diversity for conservation. **Journal of environmental management**, v. 232, p. 818-828, 2019.

SANO, Sueli Matiko; ALMEIDA, Semiramis Pedrosa de; RIBEIRO, José Felipe. Cerrado: ecologia e flora. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008., 2008.

SANTOS, Aires Vanessa Cavalcante dos *et al.* *Cajanus cajan* (L.) Millsp. 2020. Disponível em: <<http://www.unirio.br/ccbs/ibio/herbariohuni/cajanus-cajan-l-millsp>>. Acesso em: 06 nov. 2021.

SANTOS FILHO, Hermes Peixoto MAGALHÃES, A. F. de J.; COELHO, Y. da S. Citros: o produtor pergunta, a Embrapa responde. **Área de Informação da Sede-Col Criar Plantar ABC 500P/500R Saber (INFOTECA-E)**, 2005.

SANTOS, L. B. dos; INNOCÊNCIO, N. R.; GUIMARÃES, M. R. da S. Vegetação. **Fundação IBGE. Geografia do Brasil: região Centro Oeste. Rio de Janeiro**, v. 4, p. 59-84, 1977.

SANTOS, Leovigildo Aparecido Costa *et al.* Fitofisionomias do Cerrado: definições e tendências. **Élisée. Revista de Geografia da UEG – Goiás**, v.9, n.2, 2022.

SAQUET, Marcos Aurélio *et al.* Agricultura familiar agroecológica em Itapejara d'Oeste-PR. **Revista da ANPEGE**, v. 6, n. 06, p. 43-57, 2010.

SBRISSIA, A. F. et al. Defoliation strategies in pastures submitted to intermittent stocking method: underlying mechanisms buffering forage accumulation over a range of grazing heights. **Crop Science**, v. 58, n. 2, p. 945-954, 2018.

SCHUMACHER, E. F. Cultivando regeneração: contribuições da agrofloresta para a transição econômica. 2019.

SEEG. Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil: 1970 - 2020. 1970 - 2020. 2021. Disponível em: <[https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG\\_9/OC\\_03\\_relatorio\\_2021\\_FI\\_NAL.pdf](https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_9/OC_03_relatorio_2021_FI_NAL.pdf)>. Acesso em: 21 nov. 2021a.

SEEG. Emissões totais. 2021. Disponível em: <[https://plataforma.seeg.eco.br/total\\_emission](https://plataforma.seeg.eco.br/total_emission)>. Acesso em: 20 nov. 2021b.

SEIFFERT, Nelson Frederico; THIAGO, LRL de S. Guandu: planta forrageira para a produção de proteína. **EMBRAPA-CNPGC**, 1983.

SILVA, Eliton de F. *et al.* Emissão de CO<sub>2</sub> do solo associada à calagem em área de conversão de laranja para cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 34, p. 885-898, 2014.

SILVA, J. F. da; NETO, A. L. N.; SANTOS, A. Morfofisiologia de milho safrinha em espaçamento reduzido e consorciado com *Urochloa ruziziensis*. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 6, n. 21, p. 259-267, 2013.

SILVA, Patrícia Pereira Vaz da. Sistemas agroflorestais para recuperação de matas ciliares em Piracicaba, SP. **Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo**. 2002.

SMITH, Sally E.; READ, David J. Mycorrhizal symbiosis. **Academic press**, 2010.

- SODRÉ, Joilson et al. Weed infestations in soybean grown in succession to cropping systems with sorghum and cover plants. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, 2021.
- STEFFEN, Will *et al.* Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. **Science**, v. 347, n. 6223, 2015.
- TAIWO, E. A.; OGUNBODEDE, R. A. Production of tannin adhesives from bark of Nigerian trees. **Wood Science and Technology**, v. 29, n. 2, p. 103-108, 1995.
- TANAKA, Tyôzaburô. Fundamental discussion of Citrus classification. **Studia Citrologica**, v. 14, p. 1-6, 1977.
- TANAKA, Tyôzaburô. Taxonomic problem of Citrus fruits in the Orient. **Bull. Univ. Osaka Prefect., Ser. B, Agriculture**, v. 21, p. 133-138, 1969.
- TAYLOR, Andrew John; LINFORTH Robert S. T. (Ed.). **Food flavour technology**. Sheffield: Sheffield Academic Press, 2010.
- TORRES *et al.* Manual de Prevenção e Combate de Incêndios Florestais, 2020.
- TSUMANUMA, Guy Mitsuyuki. **Desempenho do milho consorciado com diferentes espécies de braquiárias, em Piracicaba, SP**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- VALE, Adriana Aparecida Souza *et al.* Alterações químicas, físicas e físico-químicas da tangerina 'ponkan' (*Citrus reticulata* Blanco) durante o armazenamento refrigerado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 778-786, 2006.
- VARGAS, L. A. *et al.* Allelopathic potential of cover crops in control of shrubby false buttonweed (*Spermacoce verticillata*). **Planta Daninha**, v. 36, 2018.
- VITOUSEK, Peter M. *et al.* Human Domination of Earth's Ecosystems. **Science**, v. 277, n. 5325, p. 494-499, 1997.
- WINK, C. *et al.* Parâmetros da copa e a sua relação com o diâmetro e altura das árvores de eucalipto em diferentes idades. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 93, p. 57-67, 2012.

WISNIEWSKI, Celina; HOLTZ, Guilherme Pimentel. Decomposição da palhada e liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia-soja sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 11, p. 1191-1197, 1997.