

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -  
AGRONOMIA

**ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS DE *Hancornia speciosa* (Gomes) E  
FITOTÉCNICOS DE *Cucurbita* sp. NO CONTEXTO DE  
RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA**

Autor: Estenio Moreira Alves  
Orientador: Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva

Rio Verde - GO  
Abril – 2019

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -  
AGRONOMIA

**ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS DE *Hancornia speciosa* (Gomes) E  
FITOTÉCNICOS DE *Cucurbita* sp. NO CONTEXTO DE  
RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA**

Autor: Estenio Moreira Alves  
Orientador: Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR em CIÊNCIAS AGRÁRIAS, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde – Área de concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado.

Rio Verde - GO  
Abril - 2019

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

A474a           Alves, Estenio Moreira  
                  Atributos fisiológicos de *Hancornia speciosa*  
(Gomes) e fitotécnicos de *Cucurbita* sp. no contexto  
de recuperação de área degradada / Estenio Moreira  
Alves; orientador Dr. Fabiano Guimarães Silva; co-  
orientador Dr. Adriano Perin. -- Rio Verde, 2019.  
                  83 p.

                  Tese (Doutorado em Ciências Agrárias - Agronomia)  
-- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2019.

                  1. Abóbora. 2. Cerrado. 3. Consórcio. 4. Sistemas  
agrossilviculturais. 5. *Syagrus oleracea*. I. Silva,  
Dr. Fabiano Guimarães, orient. II. Perin, Dr.  
Adriano, co-orient. III. Título.



**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Tese                             | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                                 | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação                             | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: Estenio Moreira Alves

Matrícula: 2016102320140038

Título do Trabalho: ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS DE *Hancornia speciosa* (Gomes) E FITOTÉCNICOS DE *Cucurbita* sp. NO CONTEXTO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA.

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 03/07/2019

- O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não
- O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, Goiás, 03/07/2019.  
Local \_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_\_

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

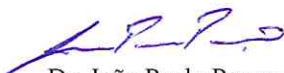
Assinatura do orientador





SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO  
CAMPUS RIO VERDE - GO  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS-AGRONOMIA

## ATA Nº/54 BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE TESE

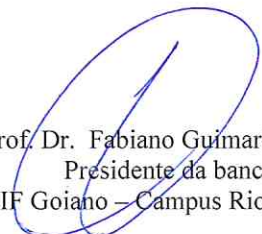
Aos vinte e quatro dias do mês de abril do ano de dois mil e dezenove, às 08h00min (oito horas), reuniram-se os componentes da Banca Examinadora: Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva (orientador), Prof. Dr. Adriano Perin (avaliador externo), Dr. João Paulo Pennacchi (avaliador externo), Dr. Paulo Dornelles (avaliador externo) e Prof.<sup>a</sup> Dra. Darliane de Castro Santos (avaliadora interna), sob a presidência do(a) primeiro(a), em sessão pública realizada na sala de vídeo conferência da DPPG do IF Goiano – Campus Rio Verde, para procederem a avaliação da defesa de Tese, em nível de Doutorado, de autoria de **ESTENIO MOREIRA ALVES**, discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo(a) presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida o(a) autor (a) da Tese para, em 40 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o(a) examinado(a), tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia, e procedidas às correções recomendadas, a Tese foi **APROVADA**, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **DOCTOR(a) EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS-AGRONOMIA**, na área de concentração Produção Vegetal Sustentável no Cerrado, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGCA-AGRO da versão definitiva da Tese, com as devidas correções. Assim sendo, esta ata perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60** (sessenta) dias da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Tese em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Tese de Doutorado, e para constar, eu, Vanilda Maria Campos, secretária do PPGCA-AGRO, lavrei a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada pelos membros da Banca Examinadora em três vias de igual teor.

  
Dr. João Paulo Pennacchi  
Avaliador externo  
UFLA – Lavras/MG

  
Prof. Dr. Adriano Perin  
Avaliador externo  
IF Goiano – Campus Rio Verde

  
Dr. Paulo Dornelles  
Avaliador externo  
IF Goiano – Campus Rio Verde

  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Darliane de Castro Santos  
Avaliadora interna  
IF Goiano – Campus Rio Verde

  
Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva  
Presidente da banca  
IF Goiano – Campus Rio Verde

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AGRÁRIAS-AGRONOMIA

ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS DE *Hancornia speciosa*  
Gomes E FITOTÉCNICOS DE *Cucurbita* sp. NO  
CONTEXTO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA  
DEGRADADA

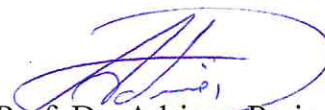
Autor: Estenio Moreira Alves  
Orientador: Dr. Fabiano Guimarães Silva

TITULAÇÃO: Doutorado em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de  
Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em 24 de abril de 2019.



Dr. João Paulo Pennacchi  
Avaliador externo  
UFLA – Lavras/MG




Prof. Dr. Adriano Perin  
Avaliador externo  
IF Goiano – Campus Rio Verde



Dr. Paulo Dornelles  
Avaliador externo  
IF Goiano – Campus Rio Verde



Prof.ª Dra. Darliane de Castro Santos  
Avaliadora interna  
IF Goiano – Campus Rio Verde



Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva  
Presidente da banca  
IF Goiano – Campus Rio Verde

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por permitir e me conduzir nesta caminhada com saúde, força, sabedoria e o apoio dos amigos e entes queridos. Agradeço a minha família esteio de sustentação e o meu grande presente de Deus.

Agradeço em especial a minha mãe Marina Moreira Miranda, ao meu pai Jaime Pereira da Silva, a meu irmão Rômulo Moreira Silva. A minha noiva Jéssica Lorraine Sales Silva, e em seu nome agradeço ao apoio recebido da sua família ao longo destes anos.

Ao Instituto Federal Goiano, Campi Iporá e Rio Verde, bem como ao Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias – Agronomia. Agradeço a todo corpo docente e administrativo envolvido na condução deste curso de pós-graduação.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva, e coorientadores Prof. Dr. Adriano Perin e Prof. Dr. Aurélio Rubio Neto. Meu muito obrigado pelas orientações e principalmente pela confiança.

Aos membros da banca pelas orientações e contribuições antes, durante e com certeza após a defesa para que possamos finalizar este projeto da melhor forma possível.

Gostaria de agradecer aos envolvidos neste projeto pelas contribuições fundamentais: Guido Calgaro Júnior, Flavio Lopes Claudio, Tiago do Prado Paim, Alexandra Almeida Gléria, João Paulo Pennacchi, Darliane de Castro Santos, Paulo Dornelles, Marcio Rosa, Thales Caetano de Oliveira, Lucas Loram Lourenço, Aldo Max Custódio, Karen Terosi, Alaerson Maia Geraldine e Agda Rabelo Centofante.

A todos os estudantes de iniciação científica que contribuíram e contribuem para a condução deste ensaio ao longo destes três anos. Aos estagiários da fazenda escola que por vezes também colaboraram na execução e condução de avaliações e manejo da área.

Aos servidores do Instituto Federal Goiano e aos servidores terceirizados que nunca mediram esforços para manutenção e condução das atividades de campo fundamentais para obtenção dos resultados até aqui alcançados.

A Polo de Inovação (IFGoiano), ao CNPq e aos campi Rio Verde, Iporá e Polo de Inovação pelo apoio e disponibilidade de equipamentos, veículos (transporte), servidores, área, insumos, bolsas de iniciação científica e tecnológica, infraestrutura fundamentais para execução deste projeto.

Embora não citado, há muitas pessoas que foram fundamentais, desta maneira agradeço a todos envolvidos direta e indiretamente em todas as etapas deste projeto, desde as cartas de recomendação aos futuros frutos deste trabalho.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

Estenio Moreira Alves, nasceu em Aragarças, Estado de Goiás, em 29 de outubro de 1981.

Concluiu em 1996 **Pré-Qualificação em Agropecuária** pela Escola Agrícola Municipal Laudelino de Souza Santos, Barra do Garças - MT. Em 1998 concluiu o **Técnico em Agropecuária** pela Escola Agrotécnica Federal de Cáceres, Cáceres - MT. Em 1999 concluiu **Pós-Técnico em Zootecnia** pela Escola Agrotécnica Federal de Santa Teresa, Santa Teresa - ES.

Graduou-se em 2007 em **Engenharia Agrônômica** pela Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra - MT. Especializou-se em **Proteção de Plantas** em 2009, pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

Em 2014 recebeu o título de **Magister Scientiae em Agroecologia** pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, sob orientação do professor Dr. João Carlos Cardoso Galvão e coorientação do professor Dr. Ricardo Henrique Silva Santos e professora Dr.<sup>a</sup> Anastácia Fontanetti.

Atualmente está lotado como Engenheiro Agrônomo do Instituto Federal Goiano, Campus Iporá, Iporá – GO, onde aprovou e coordenou dois projetos financiados pelo CNPq nos editais 17/2014 e 40/2014. Participou e participa de diversos projetos de pesquisa e extensão orientando alunos de nível técnico, graduação e especialização.



## ÍNDICE

	<b>Página</b>
ÍNDICE DE TABELAS E QUADROS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	xiv
RESUMO.....	xvi
ABSTRACT.....	xviii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 Localização e aspectos gerais do domínio Cerrado .....	4
2.2 Sistemas agrissilviculturais .....	5
2.3 Recuperação de áreas degradadas (RAD) .....	6
2.4 Importância dos atributos da fisiologia vegetal .....	6
2.4 A Mangabeira [ <i>Hancornia speciosa</i> (Gomes)] .....	7
2.5 A Guerobeira [ <i>Syagrus oleracea</i> (Mart.)] .....	9
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
OBJETIVOS .....	15
Geral.....	15
Específicos .....	15
<b>CAPÍTULO I - PREDIÇÃO DO CRESCIMENTO <i>Hancornia speciosa</i> (Gomes)/ ÉPOCA DO ANO CULTIVADAS EM SISTEMAS AGROSSILVICULTURAIS NA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA.....</b>	<b>16</b>
Pontos fortes.....	17
Resumo .....	17
Abstract .....	19
1.1 Introdução .....	21
1.2 Metodos.....	23
Localização da área de estudo.....	23
Caracterização do solo .....	23
Preparo da área e plantio .....	24
Caracterização climática .....	25
Arranjo experimental e caracterização dos tratamentos .....	25

Tratos culturais .....	26
Avaliações .....	28
Análises estatística univariadas .....	31
Análises estatística multivariadas .....	31
1.3 Resultados.....	32
1.4 Discussão.....	46
1.5 Conclusões .....	50
1.6 Agradecimentos.....	51
1.7 Financiamento.....	51
1.8 Referências.....	51
1.9 Material Suplementar .....	56
<b>CAPÍTULO II - CULTIVO DE MORANGA E ABÓBORAS NA RECUPERAÇÃO DE</b>	
<b>ÁREA DEGRADADA (RAD) EM SISTEMAS AGROSSIVICULTURAIS DE ALEIAS ..</b>	<b>62</b>
Resumo .....	63
Abstract .....	65
2.1 Introdução .....	67
2.2 Material e Métodos .....	69
Local.....	69
Preparo inicial .....	69
Condições ambientais.....	70
Manejos de cultivo das morangas / abóboras.....	71
Avaliações fitotécnicas.....	72
Arranjo experimental .....	72
Análise estatística.....	73
2.3 Resultados .....	73
2.4 Discussão .....	76
2.5 Autor Orcid's.....	79
2.6 Agradecimentos .....	79
2.7 Contribuições dos autores .....	79
2.8 Referências .....	79
4. CONCLUSÃO GERAL.....	83

## ÍNDICE DE TABELAS E QUADROS

**Página**

### INTRODUÇÃO GERAL

#### CAPÍTULO I

#### **PREDIÇÃO DO CRESCIMENTO *Hancornia speciosa* (Gomes)/ ÉPOCA DO ANO CULTIVADAS EM SISTEMAS AGROSSIVICULTURAIS NA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA**

**Tabela 1** - Caracterização dos atributos físico-químicos e macronutrientes do solo da área. Iporá, Goiás, 2016.....23

**Tabela 2** - Caracterização da relação Ca:Mg, saturação por alumínio (M), saturação de bases (V), saturação por (Ca, Mg e K) e micronutrientes do solo da área. Iporá, Goiás, 2016.... ....24

**Tabela 3** - Disponibilidade de macro e micronutrientes do termofosfato aplicado nos leitos de transplântio das mudas de *Hancornia speciosa* e *Syagrus oleracea* na implantação do ensaio em campo. Iporá, Goiás, 2016. ....24

**Tabela 4** - Constantes e coeficientes das funções lineares discriminantes da idade de *Hancornia speciosa*. Iporá, Goiás, Brasil, 2018.....38

**Tabela 5** - Classificação conforme a idade das plantas e total acumulado classificado errado nos grupos conforme a função discriminante da idade de *Hancornia speciosa*. Iporá, Goiás, Brasil, 2018.....39

**Tabela 6** – Classificação conforme os sistemas de cultivo e total acumulado classificado errado nos grupos conforme a função discriminante da idade de *Hancornia speciosa*. Iporá, Goiás, Brasil, 2018.....39

**Tabela 7** - Classificação conforme as densidades populacionais e total acumulado classificado errado nos grupos conforme a função discriminante da idade de *Hancornia speciosa*. Iporá, Goiás, Brasil, 2018.....39

**Tabela 8** - Distância euclidiana das análises canônicas dos desdobramentos dos sistemas de cultivo dentro da idade das plantas de *Hancornia speciosa* no 21º mês (março), 24º mês (junho), 27º mês (setembro) e 30º mês (dezembro). Iporá, Goiás, Brasil, 2018.....41

**Quadro 1** - Correlações superiores a 0,30 entre parâmetros de diferentes grupos (Fisiológicos: Trocas gasosas, fluorescência e pigmentos; ambientais e biométricos) de variáveis obtidos a partir de todos os dados combinados no experimento. Iporá, Goiás, Brasil, 2018.....43

**Quadro 2** - Correlação binária entre os parâmetros ambientais, fisiológicos e biométricos de *H. speciosa* obtidas a partir de leituras em diferentes idades das plantas de *H. speciosa* cultivadas em densidades populacionais e diferentes sistemas de cultivo, obtidos a partir de todos os dados combinados no experimento. Iporá, Goiás, Brasil, 2018 .....44

## MATERIAL SUPLEMENTAR

**Tabela 1** - Constantes e coeficientes das funções lineares discriminantes dos sistemas de cultivo de *H. speciosa*. Iporá, Goiás, Brasil, 2018 .....56

**Tabela 2** - Constantes e coeficientes das funções lineares discriminantes das densidades populacionais de cultivo das plantas de *H. speciosa*. Iporá, Goiás, Brasil, 2018.....57

**Tabela 3** - Vetores das análises canônicas e respectivos vetores nos eixos 1, 2 e 3 conforme parâmetros utilizados no desdobramento de sistema de cultivo de *Hancornia speciosa* no 21º mês (março). Iporá, Goiás, Brasil, 2018 .....58

**Tabela 4** - Vetores das análises canônicas e respectivos vetores nos eixos 1, 2 e 3 conforme parâmetros utilizados no desdobramento de sistema de cultivo de *Hancornia speciosa* no 24º mês (junho). Iporá, Goiás, Brasil, 2018 .....59

**Tabela 5** - Vetores das análises canônicas e respectivos vetores nos eixos 1, 2 e 3 conforme parâmetros utilizados no desdobramento de sistema de cultivo de *Hancornia speciosa* no 24º mês (setembro). Iporá, Goiás, Brasil, 2018 .....60

**Tabela 6** - Vetores das análises canônicas e respectivos vetores nos eixos 1, 2 e 3 conforme parâmetros utilizados no desdobramento de sistema de cultivo de *Hancornia speciosa* no 30º mês (dezembro). Iporá, Goiás, Brasil, 2018 .....61

## CAPÍTULO II

### **CULTIVO DE *Cucurbita maxima* E *Cucurbita moschata* PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA EM SISTEMAS AGROSSILVICULTURAIS**

**Tabela 1** - Caracterização dos atributos físico-químicos e macronutrientes do solo da área. Iporá, Goiás, 2016. .... 70

**Tabela 2** - Caracterização da relação Ca:Mg, saturação por alumínio (M), saturação de bases (V), saturação por (Ca, Mg e K) e micronutrientes do solo da área. Iporá, Goiás, 2016 ..... 70

**Tabela 3** - Índices fitotécnicos de moranga/abóboras (*Cucurbita maxima* e *Cucurbita moschata*) cultivadas na entressafra dos primeiros três anos de recuperação da área degradada via sistemas agrossilviculturais. Iporá, Goiás, Brasil, 2016-2018..... 74

**Tabela 4** - Índices fitotécnicos de abóboras (*Cucurbita moschata*) cultivadas na entressafra dos primeiros três anos de recuperação da área degradada via sistemas agrossilviculturais. Iporá, Goiás, Brasil, 2017-2018..... 75

**Tabela 5** - Efeitos quantitativos sobre os índices fitotécnicos de abóboras (*Cucurbita moschata*) cultivadas sob diferentes densidades populacionais de *H. speciosa*. Iporá, Goiás, Brasil, 2016-2018.....75

**Quadro 1** - Composição química média do composto orgânico utilizado na adubação de base das Moranga/Abóboras. Iporá, Goiás, Brasil, 2016.....72

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b>	
<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	
<b>Figura 1.</b> Mapa de uso antrópico e cobertura vegetal natural do Cerrado (SANO, 2014).....	4
<b>Figura 2.</b> Planta de mangabeira [ <i>Hancornia speciosa</i> (Gomes)] cultivada solteira (A) e consorciada com milho (B). Iporá, Goiás, Brasil.....	8
<b>Figura 3.</b> Planta de guerobeira [ <i>Syagrus oleracea</i> Mart. (Becc.)] com folhas definitivas (A) e com folhas primárias (B). Iporá, Goiás, Brasil.....	9
 <b>CAPÍTULO I</b>	
<b>PREDIÇÃO DO CRESCIMENTO <i>Hancornia speciosa</i> (Gomes) / ÉPOCA DO ANO CULTIVADAS EM SISTEMAS AGROSSIVICULTURAIS NA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA</b>	
<b>Figura 1.</b> Temperatura (°C) média, máxima, mínima e precipitação (mm) mensal de julho de 2016 a dezembro de 2018. Iporá, Goiás, Brasil.....	25
<b>Figura 2.</b> Vista área da área experimental (Roda de “Nelder”). Março de 2018, Iporá, Goiás, Brasil.....	28
<b>Figura 3.</b> Posição da leitura da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no topo (A) e na base (B) das plantas de <i>H. speciosa</i> . Iporá, Goiás, Brasil, 2018 .....	29
<b>Figura 4.</b> Contribuições dos eixos da análise dos componentes principais para explicação da variância dos resultados de <i>Hancornia speciosa</i> avaliada em diferentes idades das plantas de <i>H. speciosa</i> , cultivada sob diferentes densidades populacionais e sistemas (A); componentes principais do eixo 1 (B); componentes principais do eixo 2 (C) e componentes principais do eixo 3 (D). Iporá, Goiás, Brasil, 2018.....	34
<b>Figura 5.</b> Caracterização dos efeitos da idade sobre comportamento de <i>Hancornia speciosa</i> por meio da análise dos componentes principais. Iporá, Goiás, Brasil, 2018 .....	35
<b>Figura 6.</b> Caracterização dos efeitos da idade das plantas sobre de <i>Hancornia speciosa</i> por meio da análise dos componentes principais, nos eixos 1, 2, 3, 4 e 5. Iporá, Goiás, Brasil, 2018... ..	36
<b>Figura 7.</b> Caracterização dos efeitos dos sistemas sobre comportamento de <i>Hancornia speciosa</i> por meio da análise dos componentes principais (A); Caracterização dos efeitos dos sistemas de cultivo das plantas sobre de <i>H. speciosa</i> por meio da análise dos componentes principais, nos eixos 1, 2, 3, 4 e 5 (B). Iporá, Goiás, Brasil, 2018... ..	37

**Figura 8.** Caracterização dos efeitos das densidades populacionais nas plantas de *Hancornia speciosa* por meio da análise dos componentes principais (A); Caracterização dos efeitos das densidades populacionais nas plantas sobre de *H. speciosa* por meio da análise dos componentes principais, nos eixos 1, 2, 3, 4 e 5 (B). Iporá, Goiás, Brasil, 2018.....37

**Figura 9.** Gráfico de dispersão modelado pela análise canônica em função dos efeitos da idade das plantas de *Hancornia speciosa*. Iporá, Goiás, Brasil, 2018.....40

**Figura 10.** Gráfico de dispersão modelado pela análise canônica do desdobramento dos sistemas de cultivo dentro da idade das plantas de *Hancornia speciosa*. 21º mês (março) (A); 24º mês (junho) (B); 27º mês (setembro) (C); 30º mês (dezembro) (D). Iporá, Goiás, Brasil, 2018 .....42

## **CAPÍTULO II**

### **CULTIVO DE MORANGA E ABÓBORAS NA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA (RAD) EM SISTEMAS AGROSSIVICULTURAIS DE ALEIAS**

**Figura 1.** Imagem do Brasil com destaque para município de Iporá, no estado de Goiás (esquerda) e imagem de satélite da área experimental no período de implantação da “Roda de Nelder”, 2 de agosto de 2016 .....69

**Figura 2.** Temperaturas máximas, mínimas, médias atingidas e volume acumulado de precipitação entre julho de 2016 a dezembro de 2018. Fazenda Escola, Instituto Federal Goiano, Campus Iporá, Iporá-GO, Brasil.....71

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

<b>RAD</b>	Recuperação de Área Degradada
<b>°C</b>	Graus Celsius
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Carbono
<b>Mg</b>	Mega gramas
<b>RAD</b>	Recuperação de área degradada
<b>DIACOLETO</b>	Diâmetro do coleto das plantas de <i>H. speciosa</i> .
<b>ALTURA</b>	Altura das plantas de <i>H. speciosa</i> .
<b>NFOLHAS</b>	Número de folhas das plantas de <i>H. speciosa</i> .
<b>pH</b>	Potencial de hidrogênio
<b>Fo</b>	Fluorescência inicial
<b>Fv/Fm</b>	Rendimento quântico máximo do fotossistema II em condições de escuro
<b>μmol</b>	Micromol
<b>μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup></b>	Micromol por metro quadrado por segundo
<b>A</b>	Taxa líquida de assimilação da fotossíntese
<b>E</b>	Transpiração
<b>EUA</b>	Eficiência intrínseca de uso da água (A/E)
<b>G<sub>sw</sub></b>	Condutância estomática
<b>CiCa</b>	Relação concentração interna: Concentração externa de CO <sub>2</sub> .
<b>ACi</b>	Eficiência de carboxilação instantânea da eficiência de uso da água foi calculada pela relação.
<b>FMFO</b>	Razão entre a fluorescência máxima e inicial.
<b>FVFO</b>	O índice de eficiência quântica do FSII ou atividade fotossintética potencial
<b>FVFM</b>	Eficiência quântica do PSII, quanto mais baixo maior o estresse
<b>PHIPO</b>	Índice de dissipação não fotoquímica de energia na forma de calor = rendimento quântico fotoquímico máximo de PSII.
<b>PSIO</b>	Probabilidade, no tempo t=0, de um exciton aprisionado mover um elétron pela cadeia transportadora de elétrons após Qa-
<b>PHIEO</b>	Índice que demonstra a probabilidade de um éxciton mover um elétron pela cadeia transportadora de elétrons após a Quinona A (Qa).
<b>PHIDO</b>	Rendimento quântico de dissipação de energia.
<b>PIABS</b>	Índice de performance na base de absorção, reflete a eficiência de absorção de luz entre a captura e transferência de excitação do FSII.
<b>ABSRC</b>	Absorção de energia por centro de reação.
<b>TRoRC</b>	Fluxo de energia preso por centro de reação.
<b>EToRC</b>	Fluxo de transporte de elétrons por centro de reação.
<b>DIoRC</b>	Fluxo específico da dissipação de energia por centro de reação ao nível das clorofilas no complexo antena.
<b>PHIPAV</b>	Tempo para atingir a fluorescência máxima da clorofila
<b>Fm</b>	Fluorescência máxima.
<b>Fv</b>	Fluorescência variável.
<b>Fo</b>	Fluorescência inicial
<b>Base8</b>	Radiação Fotossinteticamente Ativa às 8h, acima 10 cm do solo, sob a copa de <i>H. speciosa</i> .
<b>Topo8</b>	Radiação Fotossinteticamente Ativa às 8h, acima 10 cm do topo da copa de <i>H. speciosa</i> .



<b>Base12</b>	Radiação Fotossinteticamente Ativa às 12h, acima 10 cm do solo, sob a copa de <i>H. speciosa</i> .
<b>Topo12</b>	Radiação Fotossinteticamente Ativa às 12h, acima 10 cm do topo da copa de <i>H. speciosa</i> .
<b>Base16</b>	Radiação Fotossinteticamente Ativa às 16h, acima 10 cm do solo, sob a copa de <i>H. speciosa</i> .
<b>Topo16</b>	Radiação Fotossinteticamente Ativa às 16h, acima 10 cm do topo da copa de <i>H. speciosa</i> .
<b>Chl</b>	Índice de clorofila.
<b>Flav</b>	Flavonoides.
<b>Anth</b>	Antocianinas.
<b>NBI</b>	Índice determinado pela razão do índice de clorofila / índice de flavonoides.

## RESUMO

ALVES, ESTENIO MOREIRA. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – IF Goiano - Campus Rio Verde. Abril de 2019. **Atributos fisiológicos de *Hancornia speciosa* (Gomes) e fitotécnicos de *Cucurbita* sp. no contexto de recuperação de área degradada.** Orientador: Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva, Coorientadores: Prof. Dr. Adriano Perin e Prof. Dr. Aurélio Rúbio Neto.

É crescente a quantidade de áreas degradadas no mundo, principalmente nos ambientes tropicais. Este cenário reflete em redução das áreas produtivas, perdas socioculturais e grandes prejuízos ambientais. Recuperar áreas degradadas é oneroso e demorado, mas, extremamente necessário frente as demandas globais crescentes por recursos naturais finitos. Assim, objetivou-se avaliar o emprego de sistemas agrossilviculturais na recuperação de área degradada no Cerrado Goiano, por meio da implantação de pomares de mangabeiras (*Hancornia speciosa*) consorciadas com gueroibeiras (*Syagrus oleracea*) e culturas anuais (*Cucurbita* sp. e *Zea mays*), dispostos sob diferentes densidades populacionais. Os tratamentos foram agrupados em: Quatro idades de avaliação 21º mês (março-2018), 24º mês (junho-2018), 27º mês (setembro-2018) e 30º (dezembro-2018); quatro sistemas de cultivo: Sendo *H. speciosa* (cultivo solteiro), *H. speciosa* consorciada com culturas anuais (*Cucurbita* sp e *Zea mays*), *H. speciosa* consorciada com *S. oleracea*, *H. speciosa* consorciada com culturas anuais (*Cucurbita* sp e *Zea mays*) e *S. oleracea*. Avaliou-se quatro densidades de estandes de *H. speciosa* (403, 469, 603 e 803 plantas.ha<sup>-1</sup>). Foram avaliados parâmetros relacionados as trocas gasosas (fotossíntese, transpiração, condutância estomática, eficiência do uso da água, concentração interna e externa de CO<sub>2</sub>), biometria das plantas (diâmetro do coleto, altura e número de folhas), ambientais (Radiação fotossinteticamente ativa em diferentes horários), pigmentos (clorofila, flavonoides, antocianinas e balanço de nitrogênio (NBI)) e fluorescência da clorofila *a* e rendimento quântico de *H. speciosa*. Os parâmetros foram utilizados nas análises multivariadas: Análises dos componentes principais (ACP), análise discriminante linear, análise de variáveis canônicas (AVC) e correlação de Pearson. Não houve efeitos no crescimento de *H. speciosa* para os diferentes sistemas agrossilviculturais e cultivo solteiro da

espécie. Os resultados foram capazes de prever com precisão a idade das plantas de *H. speciosa*. Este resultado é evidenciado pela análise canônica, ferramenta esta que consegue demonstrar diferenciação do cultivo de *H. speciosa* solteiro. Foi observado que a ordem estabelecida obedece a tendência de contraste do cultivo solteiro para cultivo consorciado com *S. oleracea*, seguido pelo cultivo consorciado com culturas e cultivo consorciado com culturas e *S. oleracea*. O desempenho fitotécnico das *Cucurbita* sp. cultivadas em consórcios durante o período seco, não prejudicou as plantas de *H. speciosa*. Houve evolução nos parâmetros fitotécnicos e ganhos em produtividade ao longo dos anos. Recomenda-se os sistemas de cultivos consorciados (Agrossilviculturais), pois não há prejuízos ao desenvolvimento de *H. speciosa* até o momento avaliado. O desempenho fitotécnico das morangas/abóboras não foi influenciado pelos sistemas agrossilviculturais composto por *H. speciosa* e *S. oleracea* nos intervalos entre 403 e 803 árvores por hectare de mangabas. Assim, recomenda o uso das maiores densidades e do maior número de espécies com propósito de aumentar os ganhos agronômicos, garantir a recuperação da área degradada e assegurar as eventuais perdas de árvores ao longo do período de implantação, proporcionando ao agrossilvicultor diversificar a produção de alimentos e serviços ambientais, bem como garantir ganhos econômicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Abóbora; Cerrado; Consórcio; Mangaba; Sistemas agrossilviculturais; *Syagrus oleracea*.

## ABSTRACT

ALVES, ESTENIO MOREIRA. Goiano Federal Institute of Education, Science, and Technology (IF Goiano) Rio Verde Campus. April 2019. **Physiological attributes of *Hancornia speciosa* (Gomes) and phytotechnics of *Cucurbita* sp. in the context of degraded area recovery.** Advisor: Dr. Silva, Fabiano Guimarães; Co-advisors: Dr. Perin, Adriano and Dr. Rubio Neto, Aurélio.

The degraded areas in the world is increasing, especially in tropical environments. This scenario reflects in reduction of productive areas, socio-cultural losses and great environmental damages. Recovering degraded areas is costly and time-consuming, but extremely necessary in the face of increasing global demands for finite natural resources. The objective of this study was to evaluate the agrosilviculture systems use in the degraded areas recovery of Cerrado Goiano by the implantation of mangrove orchards (*Hancornia speciosa*), intercropped with warblers (*Syagrus oleracea*) and annual crops (*Cucurbita* sp and *Zea mays*) arranged under different population densities. The treatments were grouped in: Four evaluation ages 21st month (March-2018), 24th month (June-2018), 27th month (September-2018) and 30th (December-2018); four cultivation systems: *H. speciosa* (single crop), *H. speciosa* intercropped with annual crops (*Cucurbita* sp and *Zea mays*), *H. speciosa* intercropped with *S. oleracea*, *H. speciosa* intercropped with annual crops (*Cucurbita* sp and *Zea mays*) and *S. oleracea*. Four seed densities of *H. speciosa* (403, 469, 603 and 803 plants.ha<sup>-1</sup>) were evaluated. The following parameters were evaluated: gaseous changes (photosynthesis, transpiration, stomatal conductance, water use efficiency, internal and external CO<sub>2</sub> concentration), plant biometry (collection diameter, height and number of leaves), environmental (Photosynthetically active radiation in different times), pigments (chlorophyll, flavonoids, anthocyanins and nitrogen balance (NBI)) and fluorescence of chlorophyll a and quantum yield of *H. speciosa*. The parameters were used in the multivariate analyzes: Principal component analysis (PCA), linear discriminant analysis, canonical variable analysis (CVA) and Pearson correlation. There were no effects on *H. speciosa* growth for the different agroforestry systems and single crop of the species. The results were able to accurately predict the age of *H. speciosa*

plants. This result is evidenced by the canonical analysis, a tool that can demonstrate differentiation of *H. speciosa* single culture. It was observed that the established order obeys a tendency of contrast of the single crop for cultivation intercropped with *S. oleracea*, followed by the intercropped of cultures and intercropping with cultures and *S. oleracea*. The phytotechnical performance of *Cucurbita* sp. cultivated in consortia during the dry season did not adversely affect *H. speciosa* plants. There was evolution in the phytotechnical parameters and gains in productivity over the years. It is recommended the intercropped (Agroforestry), because there is no damage to the *H. speciosa* development so far evaluated. The phytotechnical performance of pumpkins was not influenced by agroforestry systems composed of *H. speciosa* and *S. oleracea* in the intervals between 403 and 803 trees per hectare of mangabas. Therefore, it recommends the use of the highest densities and the greatest number of species with the purpose of increasing the agronomic gains, guaranteeing the degraded area recovery and ensuring the eventual losses of trees during the implementation period, allowing the agroforestry to diversify the food production and environmental services, as well as ensuring economic and social gains.

**KEYWORDS:** Agroforestry systems; Intercropp; Mangaba; Pumpkin; Savanna; *Syagrus oleracea*.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A produção de alimentos no mundo em sistemas agroflorestais é praticada em diversas modalidades (NAIR, 2001). Todavia, infinitas são as possibilidades de combinações entre os componentes, os arranjos das espécies, as densidades populacionais, bem como o momento do estabelecimento dos consórcios com árvores e demais componentes implicam em infinitas formas de arranjos e conseqüentemente os mais diversos resultados.

As interações podem ser positivas, negativas ou nulas sobre a produtividade dos componentes, atributos socioeconômicos e ambientais (JOSE, 2009; NAIR, 2011). Adicionando os fatores edafoclimáticos existentes em cada região do mundo, as probabilidades de respostas tornam-se ainda mais incertas e diversas quando da construção dos sistemas agroflorestais (NAIR, 2001).

Há, portanto, necessidade de conhecer cada vez mais o comportamento e desempenho produtivo de diversas espécies de árvores nativas e/ou domesticadas, quando cultivadas em consórcios. A literatura descreve que, cultivos consorciados promovem a preservação e reduzem a pressão sobre as áreas nativas, problema este já descrito quando as áreas estão submetidas a exploração nas regiões tropicais (ASPRILLA-PEREA e DÍAZ-PUENTE, 2018).

Metodologias e ferramentas de avaliação inovadoras devem ser utilizadas e validadas com propósito de identificar em que condições se obtém os melhores resultados (OIJEN et al., 2010; NAIR, 2011) com capacidade de prover a recuperação de passivos ambientais em ambientes tropicais (LAMB et al., 2005). Dentre as métricas avaliativas, a produtividade se destaca entre os índices mais tradicionais (GAO et al., 2009). Entretanto, a busca por respostas em outros índices que sejam capazes de compreender o desempenho durante o crescimento das árvores e/ou períodos de entressafra é de suma importância. Assim, o comportamento fisiológico das plantas como rendimento quântico, trocas gasosas podem retornar ao avaliador parâmetros importantes na tomada de decisão, no tocante ao estabelecimento e condução de consórcios associados com árvores durante o crescimento ao longo do ano (safra ou entressafra), das espécies estudadas (OIJEN et al., 2010).

No sentido contrário, a capacidade da pesquisa em dar respostas, crescem os passivos ambientais pressionados pelo uso e exploração mundial dos recursos naturais. Logo, urge a necessidade de apresentar alternativas tecnológicas para a recuperação de

áreas degradadas com espécies arbóreas nativas, a fim de reduzir os passivos ambientais. Dependendo da metodologia utilizada, estima-se que existam de 1 a 6 bilhões de hectares de áreas degradadas no mundo (GIBBS e SALMON, 2015).

Todas as contribuições com a preservação de forma direta (recuperação da área degradada – preservação das espécies) e indireta (redução na abertura de áreas nativas – corredores ecológicos – conservação do solo e água) são importantes para a construção de caminhos inéditos, multidisciplinares e transdisciplinares (LAMB et al., 2005; BHAGWAT et al., 2008; ALAM et al., 2014; BENNETT, et al., 2015). Não menos importante que recuperar e preservar, é esperado das áreas degradadas a produção de alimentos (GIBBS e SALMON, 2015) para atender a crescente demanda mundial.

Desta forma, os processos inovadores favorecem a nível mundial com o sequestro de carbono, a conservação da biodiversidade e a conservação cultural dos povos (JOSE, 2009) concatenada com as necessidades socioculturais e ambientais (BENNETT, et al., 2015).

Portanto, a prospecção e estudo de espécies pouco exploradas são fundamentais, contribuindo na redução de concentração de poucas espécies alimentares, atualmente cultivadas pelo mundo como fator de segurança socioeconômico (BENNETT et al., 2015) e segurança alimentar (ASPRILLA-PEREA e DÍAZ-PUENTE, 2018).

Visto que, o Cerrado brasileiro tornou-se o grande responsável pela produção de alimentos. Todavia, passou a ter mais de 50% de suas áreas ocupadas, principalmente pelas atividades agropecuárias, sendo 41% pela pecuária e 11% pela agricultura (KLINK e MACHADO, 2005). Deste montante, cerca de 95 milhões de hectares de pastagens encontram-se em algum estágio de degradação e apenas 72 milhões em boas condições (LAPIG, 2017).

Dentre as espécies do Cerrado brasileiro, a “Mangaba” (*Hancornia speciosa*) é uma frutífera (Apocynaceae), produtora de látex, cujo significado na língua Tupi-Guarani é “coisa boa de comer”. Ressalta-se que, os frutos de *H. speciosa* são muito utilizados para consumo *in natura* e na produção de sucos e sorvetes. Há relevantes propriedades farmacológicas da *H. speciosa* comprovadas na literatura (MORAES et al., 2008; MARINHO et al., 2011; SILVA et al., 2016).

Todavia, pouco se sabe do comportamento fisiológico desta, bem como do desempenho biométrico durante o crescimento e desenvolvimento espécie (ALMEIDA et al., 2016). Trata-se de espécie produtora de frutos, adaptada ao domínio Cerrado (BATALHA, 2011) com potencial de ser explorada a curto prazo para produção de frutos

(alimentos), de látex, bem como pela indústria farmacológica a médio prazo, desde que preservada. Assim, há necessidade de estudos voltados a determinação do comportamento e potencial produtivo de *H. speciosa* submetida ao cultivo em sistemas agrossilviculturais.

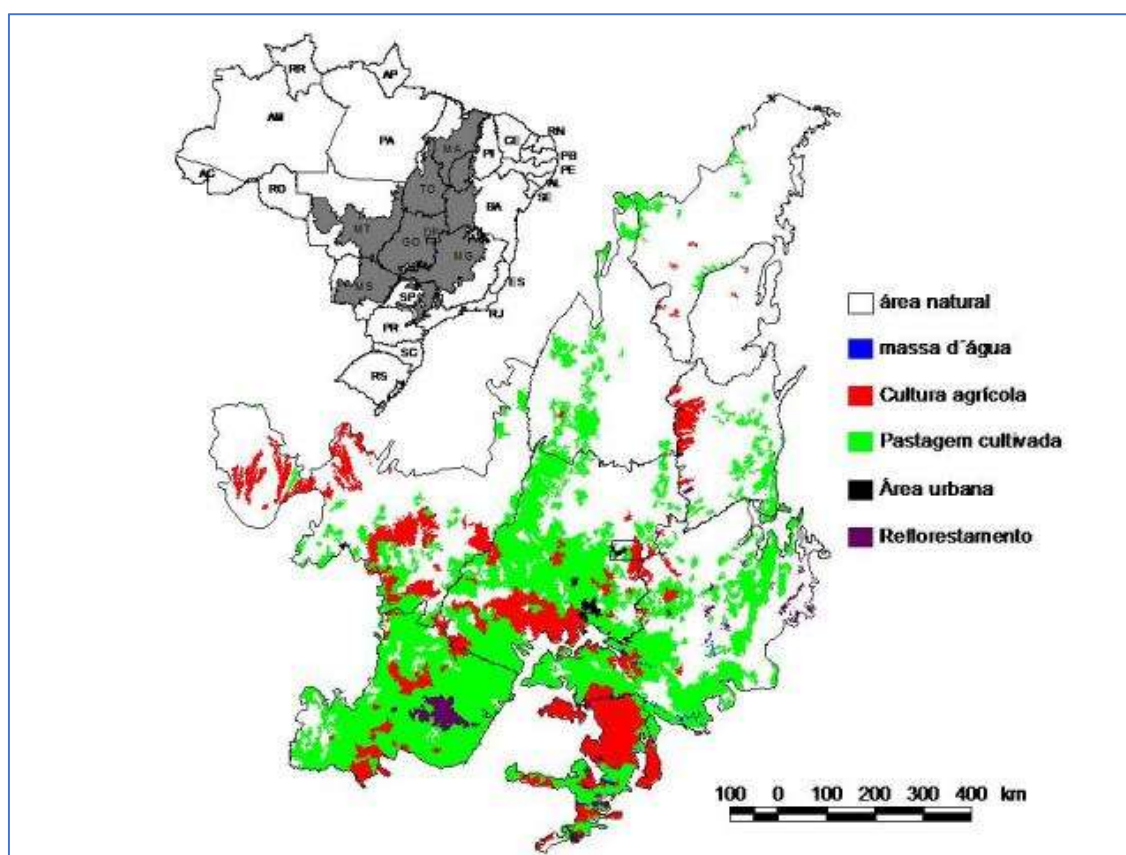
Objetivou-se, avaliar o comportamento fisiológico, biométrico e de *H. speciosa* e o desempenho fitotécnico de *Cucurbita maxima* e *C. moschata* cultivada em área degradada em processo de recuperação no Cerrado goiano, quando cultivada em diferentes consórcios, espaçamentos (densidades populacionais) e fases do crescimento.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Localização e aspectos gerais do domínio Cerrado

O domínio Cerrado é formado por três biomas: Campo tropical, savana e floresta estacional. São caracterizados como campo tropical (áreas de campo limpo), savana (áreas de campo sujo, campo cerrado e cerrado sensu stricto) e floresta estacional (cerradão) (BATALHA, 2011). O Cerrado é predominante no estado de Goiás. O uso antrópico substancial com pastagens e culturas agrícolas (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de uso antrópico e cobertura vegetal natural do Cerrado (SANO, 2014).

A fronteira agrícola brasileira com maior expressão na produção de *comodities* é o Cerrado, tornando-se grande celeiro brasileiro. Segundo KLINK e MACHADO (2005) o Cerrado possui 52% de suas áreas ocupadas com atividades agropecuárias, deste montante, aproximadamente 80% por pastagens. Dos 167 milhões de hectares em pastagens, cerca de 56% já apresentam sinais de degradação, e conseqüentemente perda da capacidade produtiva (LAPIG, 2017).

Diante deste cenário, há necessidade de implementação de modelos de cultivos capazes de conciliar produção agropecuária com preservação ambiental, com vistas a garantir a preservação de espécies ameaçadas de extinção (SILVA et al., 2017).

## 2.2. Sistemas agrissilviculturais

Os sistemas agroflorestais são classificados em: Agrissilviculturais – Árvores e culturas, silvipastoris – Árvores e animais; e agrissilvipastoris – Árvores, culturas e animais – conforme DANIEL et al. (1999). Em síntese, trata-se de consorciar componentes agrícolas, arbóreas e animais, com objetivo de tirar proveito de interações positivas do arranjo empregado. Independente dos componentes, cada vez mais são pesquisados sistemas integrados de produção com frutíferas.

Segundo BRIENZA JUNIOR et al. (2009), de cerca de 60% dos trabalhos voltados aos sistemas agrissilviculturais, aproximadamente 90% utilizam de espécies frutíferas. Muito provavelmente a rentabilidade na colheita dos frutos, seja o fator preponderante na escolha destas espécies.

Sistemas agrissilviculturais do tipo “Home Garden” são muito comuns em propriedades familiares. Para BISSELEUA e VIDAL (2008), pequenos sistemas agroflorestais de cacau têm comprovada capacidade de proteger espécies florestais e assegurar a produção. Assim como, promover a conservação ambiental no agroecossistema, a nível local e regional e as relações socioeconômicas dos agricultores envolvidos.

O cultivo de espécies nativas do Cerrado, embora pouco estudado e difundido, apresenta-se como alternativa aos pequenos agricultores, principalmente quando cultivado em consórcio. A implantação de sistemas agrissilviculturais diversifica a produção e contribui significativamente com a sustentabilidade ambiental, econômica, social e cultural (BISSELEUA e VIDAL, 2008). Pode ainda reduzir a disputa de diferentes atividades em áreas agrícolas, visto que é possível produzir satisfatoriamente cereais entre árvores frutíferas (PENG et al., 2009).

Os sistemas agrissilviculturais apresentam-se como alternativa segura de renda à agricultura familiar, suportando variações de 20% nos custos e preços de venda de café e banana (ALVES et al., 2015). A fase de implantação de pomares de *H. speciosa* leva quatro anos, com *payback* aos 4,09 anos (GRZEBIELUCKAS, 2010). Nestas condições os sistemas agrissilviculturais podem contribuir na geração de renda durante a

implantação dos pomares, corroborando para sustentabilidade do fluxo de caixa dos agrossilvicultores.

Ressalta-se, que a produção de *H. speciosa* é praticada na região de forma predominantemente extrativista no Brasil. Entretanto, no estado de Goiás há cultivos orgânicos (IBD, 2019) e convencional (GRZEBIELUCKAS, 2010), em pequenas áreas de produção.

### **2.3. Recuperação de áreas degradadas (RAD)**

As estimativas globais das áreas degradadas são imprecisas pela complexidade de parâmetros a serem adotados, bem como a escassa base de dados, todavia pode haver mais de 6 bilhões de hectares em áreas degradadas pelo mundo (GIBBS e SALMON, 2015), com destaque nas regiões tropicais, devido ao intemperismo a que lhes são impostas. Neste contexto, a recuperação destas áreas é processo fundamental na redução de pressão sobre as áreas preservadas e não degradadas, por meio de agriculturas de baixo carbono.

Para LAMB et al. (2005), as recuperações de áreas degradadas devem atender a recuperação dos biomas no sentido da biodiversidade, ganhos ecológicos, redução da pobreza, fortalecimento regional, transcendendo o simples florestar que muito pouco contribui em regiões tropicais.

Dentre as formas de recuperação de áreas degradadas, ou mesmo que mitigação da degradação de áreas cita-se os sistemas agroflorestais. Segundo JOSE (2009) este método de cultivo promove ganhos a nível local, regional e global por meio da promoção do aumento na produção primária líquida, controle de pragas/doenças, polinização/dispersão de sementes, enriquecimento do solo, controle de erosões/formação de agregados do solo, limpeza do ar e da água, redução de inundações, sequestro de carbono, aumento da biodiversidade, manutenção estética e cultural dos ambientes.

### **2.4. Importância dos atributos da fisiologia vegetal**

A fisiologia vegetal é influenciada por inúmeros fatores ambientais, que por sua vez possuem percepções em nível de importância ou causa efeito distintas. HAND et al., (2017), descrevem que na percepção dos agrossilvicultores o controle do vento (85%) e

os benefícios da integração entre cultivos, criações e árvores (65%) são de elevada importância por agricultores.

Sabe-se que o vento é responsável por reduzir o potencial produtivo das plantas cultivadas diretamente, assim como o estresse provocado por saturação de luz pode ser reduzido pela presença de árvores (PENG et al., 2009). Ambos os aspectos podem ser atenuados pela presença de árvores nos sistemas agrossilviculturais proporcionando microclima favorável, inclusive para redução de pragas e aumento de inimigos naturais (GUENAT et al., 2019).

Atualmente, os parâmetros fisiológicos vem ganhando importância na predição do estresse, pois estão intimamente relacionados com processos ecossistêmicos e suas funções (BUSSOTTI e POLLASTRINI, 2015), e podem ser utilizados na seleção e caracterização de novos genótipos (GANAPOULOS et al., 2015), ou mesmo qualificar a produção de serviços ambientais em áreas potenciais mitigadoras (VIRLET et al., 2017).

A fluorescência da clorofila vem sendo amplamente usada por pesquisadores da área de fisiologia e ecofisiologia, dentre as vantagens desta técnica, pode-se citar avaliações não destrutiva, equipamentos portáteis e eficiência na obtenção das informações (MAXWELL e JOHNSON, 2000).

No que se refere a fotossíntese, já houve dificuldade em determinar estes índices a campo (LONG e INCOLL, 1979). Entretanto, modelagens utilizadas nas avaliações multivariadas associada aos equipamentos modernos, têm obtidos parâmetros relacionados as trocas gasosas e fotossíntese e modelos matemáticos capazes de prever e caracterizar ambientes e espécies (BUSSOTTI, F.; POLLASTRINI, 2015; JIAN et al., 2018). No entanto, estes índices já são dependentes de equipamentos com maior custo e menor capacidade operacional.

A produção de *H. speciosa* pode ser afetada pelas mudanças climáticas comprometendo seu potencial como espécie frutífera (NABOUT et al., 2016). Assim, conhecer o padrão de comportamento fisiológicos das trocas gasosas, pigmentos, biometria e fluorescência da clorofila *a* associados a biometria de crescimento é fundamental para construção de modelos e padrões para a cultura.

## **2.5. A Mangabeira [*Hancornia speciosa* (Gomes)]**

A mangabeira é apontada como uma das plantas do Cerrado prioritárias para pesquisa (PEREIRA et al., 2006). Todavia, segundo ALMEIDA et al (2016), é muito

baixa a produção científica dos últimos 69 anos, embora recentemente tenha ocorrido aumento nesta produção, ainda é insuficiente para fomentar a produção e preservação da espécie.

Trata-se de espécie arbórea de porte médio, nativa do Brasil (Figura 2). Sua ocorrência é ampla, podendo ser encontrada no sudeste, centro-oeste, norte e nordeste do Brasil (VIEIRA NETO et al., 2002), presente em diversos biomas e países da América do Sul compreendidos entre a latitude 20° sul até 10° norte em altitudes de 0 a 1500 m.



**Figura 2.** Planta de mangabeira [*Hancornia speciosa* (Gomes)] cultivada solteira (A) e consorciada com milho (B). Iporá, Goiás, Brasil.

Trata-se de uma frutífera da família Apocynaceae, C3, produtora de látex, cujo fruto é denominado de “mangaba”, palavra Tupi-Guarani cuja acepção é “coisa boa de comer” (VIEIRA NETO et al., 2002).

O extrato das folhas da mangaba possui comprovada propriedade anti-hipertensiva (SILVA et al., 2016). Propriedades antibacteriana sobre *Helicobacter pylori* e gastroprotetivas também são remetidas a mangabeira (MORAES et al., 2008). Já, MARINHO et al., (2011) comprovam efeitos anti-inflamatórios e ausência de toxicidade do látex, outrora descritos pelo conhecimento tradicional.

Segundo (GRZEBIELUCKAS, 2010), pomares de *H. speciosa* proporcionam fixação de carbono e conseqüentemente potencial de geração de créditos de carbono, fixando em média 10,85 Kg.planta<sup>-1</sup> de carbono acumulado aos quatro anos de idade.

Em termos agrônômicos há muito por pesquisar, pois há grande variabilidade genética imposta pela autoincompatibilidade de polinização da espécie (GANGA et al., 2010; DARRAULT e SCHLINDWEIN, 2006). A produtividade varia de 0,09 a 7,89 Kg.planta<sup>-1</sup>. Em média obtém-se 1,67 Kg.planta<sup>-1</sup> proveniente de 110,60 frutos (GANGA et al., 2010).

### 2.6. A Guerobeira [*Syagrus oleracea* (Mart.)]

As guerobeiras são palmeiras pertencentes a família Arecaceae, segue padrão de curva fotossintética de espécies com metabolismo C3, originárias do Brasil Central e Oriental (Figura 3). Está presente nos estados da região centro-oeste, sudeste, parte do sul e nordeste ((DRANSFIELD et al., 2008).



**Figura 3.** Planta de guerobeira [*Syagrus oleracea* Mart. (Becc.)] com folhas definitivas (A) e com folhas primárias (B). Iporá, Goiás, Brasil.

A gueroba, guariroba ou palmito amargo é cultivada principalmente nos estados brasileiros da região central. Posiciona como alternativa de renda e diversificação através da ampla oferta de produtos tornando-a excelente fonte de renda aos pequenos agricultores (SILVA-CARDOSO et al., 2017). O principal produto, seu palmito de sabor

amargo, demanda semeio e cultivo desta espécie, pois o corte elimina a planta por completo.

A polpa do fruto da gueroba apresenta significativo teor de cinzas, bem como fibras e carboidratos. Já as castanhas apresentam expressivos teores de proteínas e lipídios. Há grande potencial de uso na alimentação e panificação como alternativa de fornecimento de nutrientes, incluindo vitamina *A* e *E* (COIMBRA e JORGE, 2011).

Aliada a qualidade dos produtos provenientes do cultivo da gueroba, é conhecido que a consorciação desta espécie com outras espécies arbóreas promove o crescimento e aumento do diâmetro a altura do peito (DAP) (MELO, 2003). Desta forma, sistemas agrossilviculturais passíveis do cultivo da gueroba, devem prestigiar esta espécie no planejamento e cultivo.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAM, M.; OLIVIER, A.; PAQUETTE, A.; DUPRAS, J.; REVÉRET, J-P.; MESSIER, C. A general framework for the quantification and valuation of ecosystem services of tree-based intercropping systems. *Agroforestry Systems*, v.88, n.4, p.679-691, 2014. <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9681-x>
- ALMEIDA, L.M.; NOGUEIRA, C.A.; BORGES, P.P.; PRADO, A.D.L.; GONÇALVES, P.J. State of the art of scientific literature on *Hancornia speciosa*: Trends and gaps. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.38, n.4, e-869, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452016869>.
- ALVES, E.P.; SILVA, M.L.; OLIVEIRA NETO, S.N.; BARRELLA, T.P.; SANTOS, R.H.S. Economic analysis of a coffee-banana system of a family - based agriculture at the atlantic Forest Zone, Brazil. *Ciência e Agrotecnologia*, v.39, n.3, p.232-239, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542015000300004>
- ASPRILLA-PEREA, J.; DÍAZ-PUENTE, J. Importance of wild foods to household food security in tropical forest areas. *Food Security*, p.1-8, 2018. <https://doi.org/10.1007/s12571-018-0846-8>
- BATALHA, M.A. O cerrado não é um bioma. *Biota Neotropica*, v.11, n.1, p.21-24, 2011. <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/en/abstract?article+bn0XX11012011>
- BENNETT, E.M.; CRAMER, W.; BEGOSSI, A.; CUNDILL, G.; DÍAZ, S.; EGOH, B.N.; GEIJZENDORFFER, I.R.; KRUG, C.B.; LAVOREL, S.; LAZOS, E.; LEBEL, L.; MARTÍN-LÓPEZ, B.; MEYFROIDT, P. MOONEY, H.A.; NELI, J.L.; PASCUALI, U.; PAYET, K.; HARGUINDEGUY, N.P.; PETERSON, G.D.; PRIEUR-RICHARD, A. REYERS, B.; ROEBELING, P.; SEPPELT, R.; SOLAN, M.; TSCHAKERT, P.; TSCHARNTKE, T. TURNER II, B.L.; VERBURG, P.H.; VIGLIZZO, E.F.; WHITE, P.C.L.; WOODWARD, G. Linking biodiversity, ecosystem services, and human well-being: three challenges for designing research for sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v.14, p.76-85, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.03.007>
- BHAGWAT, S.A.; WILLIS, K.J.; BIRKS, H.J.B.; WHITTAKER, R.J. Agroforestry: A refuge for tropical biodiversity? *Trends in Ecology & Evolution*, v.23, n.5, p.261-267, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.01.005>
- BISSELEUA, D.H.B.; VIDAL, S. Plant biodiversity and vegetation structure in traditional cocoa forest gardens in southern Cameroon under different management. *Biodiversity and Conservation*, v.17, p.1821-1835, 2008. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9276-1>
- BRIENZA JUNIOR, S.; MANESCHY, R.Q.; MOURÃO JUNIOR, M.; GAZEL FILHO, YARED, A.B.; J.A.G.; GONÇALVES, D.; GAMA, M.B. Sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira: Análise de 25 anos de pesquisa. *Pesquisa Florestal Brasileira*, n.60, p.67-76, 2009. <https://doi.org/10.4336/2009.pfb.60.67>
- BUSSOTTI, F.; POLLASTRINI, M. Evaluation of leaf features in forest trees: methods, techniques, obtainable information and limits. *Ecological Indicators*, v.52, p.219-230, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.12.010>



- COIMBRA, M.C.; JORGE, N. Proximate composition of guariroba (*Syagrus oleracea*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*) palm fruits. *Food Research International*, v.44, p.2139-2142, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.032>
- DANIEL, O.; COUTO, L.; GARCIA, R.; PASSOS, C.A.M. Proposta para padronização da terminologia empregada em sistemas agroflorestais no Brasil. *Revista Árvore*, v.23, n.3, p.367-370, 1999.
- DARRAULT, R. O.; SCHLINDWEIN, C. Polinização. In: SILVA JUNIOR, J. F.; LEDO, A. S. (Org.). *A cultura da mangabeira*. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. p.43-56.
- DRANSFIELD, J., UHL, N.W., ASMUSSEN, C.B., BAKER, W.J., HARLEY, M.M., LEWIS, C.E. *Genera Palmarum: The evolution and classification of palms*. Kew Publishing, Royal, Botanical Garden, Londres. 2008. 732p.
- GAPOPOULOS, I.; MOYSIADIS, T.; XANTHOPOULOU, A.; GANOPOULOU, M.; AVRAMIDOU, E.; ARAVANOPOULOS, F.A.; ELENI, T.; PANAGIOTIS, M.; TSAFTARIS, A.; KAZANTZIS, K. Diversity of morpho-physiological traits in worldwide sweet cherry cultivars of GeneBank collection using multivariate analysis. *Scientia Horticulturae*, v.197, p.381-391, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.061>
- GAO, Y.; DUAN, A.; SUN, J.; LI, F.; LIU, Z.; LIU, H.; LIU, Z. Crop coefficient and water-use efficiency of winter wheat/spring maize strip intercropping. *Field Crops Research*, v.111, n.1-2, p.65-73, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.10.007>
- GIBBS, H.K.; SALMON, J.M. Mapping the world's degraded lands. *Applied Geography*, v.57, p.12-21, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.11.024>
- GUENAT, S.; KAARTINEN, R.; JONSSON, M. Shade trees decrease pest abundances on brassica crops in Kenya. *Agroforestry Systems*, v.93, n.2, p.641-652, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0159-5>
- HAND, A.M.; BOWMAN, T.; TYNDALL, J.C. Influences on farmer and rancher interest in supplying woody biomass for energy in the US Northern Great Plains. *Agroforestry Systems*, v.93, p.731, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0170-x>
- IBD. Instituto Biodinâmico. **Projetos certificados IBD**. Botucatu: 2019. Disponível em: [http://ibd.com.br/pt/ClientesResultadoPesquisa.aspx?ID\\_CERTIFICADO=0&PRODUTO=mangaba&CLIENTE=&PAIS=0&ESTADO\\_SIGLA=0#](http://ibd.com.br/pt/ClientesResultadoPesquisa.aspx?ID_CERTIFICADO=0&PRODUTO=mangaba&CLIENTE=&PAIS=0&ESTADO_SIGLA=0#) Acesso em 15/06/2019.
- JIAN, Y.; XINYING, L.; MAN, Z.; HAN, L. Photosynthetic rate prediction of tomato plant population based on PSO and GA. *IFAC PapersOnLine*, v.51, n.17, p.61-66, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.061>
- JOSE, S. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: An overview. *Agroforestry Systems*, v.76, n.1, p.1-10, 2009. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>
- KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology*, v.19, n.3, p.707-713, 2005. <https://doi:10.1111/j.1523-1739.2005.00702.x>

- LABORATÓRIO, DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS E GEOPROCESSAMENTO–LAPIG. Atlas Digital das Pastagens Brasileiras. Universidade Federal de Goiás (UFG). Disponível em: <https://pastagem.org/atlas/map>. Acesso em 01 fev. 2019.
- LAMB, D.; ERSKINE, P.D.; PARROTTA, J.A. Restoration of degraded tropical forest Landscapes. *Science*, v.310, n.5754, p.1628-1632, 2005. <https://doi.org/10.1126/science.1111773>
- LONG, S.P.; INCOLL, L.D. The prediction and measurement of photosynthetic rate of spartina to wnsendii (*sensu lato*) in the field. *Journal of Applied Ecology*, v.16, p.879-891, 1979.
- MARINHO, D.G.; ALVIANO, D.S.; MATHEUS, M.E.; ALVIANO, C.S.; FERNANDES, P.D. The latex obtained from *Hancornia speciosa* Gomes possesses anti-inflammatory activity. *Journal of Ethnopharmacology*, v.165, p.530-537, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.03.059>
- MAXWELL, K.; JOHNSON, G.N. Chlorophyll fluorescence - A practical guide. *Journal of Experimental Botany*, v.51, n.345, p.659–668, 2000. <https://doi.org/10.1093/jexbot/51.345.659>
- MELO, J.T. Cultivo de gariroba (*Syagrus oleracea* Becc.) em sistemas consorciados com espécies florestais no Cerrado. *Comunicado Técnico*, n.97, p1-2, 2003. ISSN 1517-1469
- MORAES, T.M.; RODRIGUES, C.M.; KUSHIMA, H.; BAUAB, T.M.; VILLEGAS, W.; PELLIZZON, C.H.; BRITO, A.R.M.S.; HIRUMA-LIMA, C.A. *Hancornia speciosa*: Indications of gastroprotective, healing and anti-helicobacter pylori actions. *Journal of Ethnopharmacology*, v.120, p.161-168, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.08.001>
- NABOUT, J.C.; MAGALHÃES, M.R.; GOMES, M.A.A.; CUNHA, H.F. The impact of global climate change on the geographic distribution and sustainable harvest of *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae) in Brazil. *Environmental Management*, v.57, n.814, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00267-016-0659-5>
- NAIR, P.K.R. Agroforestry Systems and Environmental Quality: Introduction. *Journal of Environmental Quality*, v.40, n.3, p.784-790, 2011. <https://doi.org/10.2134/jeq2011.0076>
- NAIR, P.K.R. Do tropical homegardens elude science, or is it the other way around? *Agroforestry Systems*, v53, n.2, p.239–245, 2001. <https://doi.org/10.1023/A:101338880>
- OIJEN, M.V.; DAUZAT, J.; HARMAND, J.M.; LAWSON, G.; VAAST, P. Coffee agroforestry systems in Central America: I. A review of quantitative information on physiological and ecological processes. *Agroforest Systems*, v.80, n.3, p.341-359. 2010. <https://doi.org/10.1007/s10457-010-9294-y>
- PENG, X.; ZHANG, Y.; JING, C.; JIANG, Z.; ZHANG, S. Photosynthesis, growth and yield of soybean and maize in a tree-based agroforestry intercropping system on the Loess Plateau. *Agroforestry Systems*, v.76, p.569–577, 2009. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9227-9>
- PEREIRA, A.V.; PEREIRA, E.B.C.; SILVA JUNIOR, J.F.; SILVA, D.B. Mangaba. In: VIEIRA, R.F.; COSTA, T.S.A.; SILVA, D.B.; FERREIRA, F.R.; SANO, S.M.

- Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p.187-214, 2006.
- SANO, E.E. *Mapa de cobertura vegetal natural e antrópica do bioma Cerrado, ano-base de 2002*. Brasília: Embrapa Cerrados, 2014. <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/autoria/sano-edson-eyji>
- SILVA, G.C.; BRAGA, F.C.; LEMOS, V.S.; CORTES, S.F. Potent anti hypertensive effect of *Hancornia speciosa* leaves extract. *Phytomedicine*, v.23, p.214-219, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2015.12.010>
- SILVA, L.P.V.; ROCHA, A.E.; ARAUJO, J.R.G.; REIS, R.M.; CARVALHO, M.J.N.; BITU, P.I.M. Caracterização estrutural de vegetação natural de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) no Meio Norte do Brasil. *Cadernos de Agroecologia*, v.13, n.1, p.2236-7934, 2018.
- SILVA-CARDOSO, I.M.A.; SOUZA, A.M.; SCHERWINSKI-PEREIRA, J.E. The palm tree *Syagrus oleracea* Mart. (Becc.): A review. *Scientia Horticulturae*, v.225, p.65-73, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2017.06.054>
- VIEIRA NETO, R.D.; CINTRA, F.L.D.; SILVA, A.L.; SILVA JÚNIOR, J.F., COSTA, J.L.S.; SILVA, A.A.G.; CUENCA, M.A.G. *Sistema de produção de mangaba para os tabuleiros costeiros e baixada litorânea*. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002. 22p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Sistemas de Produção, 02).
- VIRLET, N.; SABERMANESH, K.; SADEGHI-TEHRAN, P.; HAWKESFORD, M.J. Field Scanalyzer: An automated robotic field phenotyping platform for detailed crop monitoring. *Functional Plant Biology*, v.44, p.143–153, 2017. <https://doi.org/10.1071/FP16163>

## OBJETIVOS

### Geral

Avaliar o comportamento fisiológico, biométrico e de *Hancornia speciosa* e o desempenho fitotécnico de *Cucurbita* sp. na recuperação de áreas degradadas no Cerrado goiano, submetida aos diferentes consórcios, densidades populacionais e fases de crescimento.

### Específicos

Avaliar os efeitos de diferentes sistemas de cultivo de *H. speciosa*: solteira, consorciada com *Syagrus oleracea*, consorciada com culturas anuais (*Cucurbita* sp. e *Zea mays*), e consorciada com *S. oleracea* e culturas anuais (*Cucurbita* sp. e *Z. mays*) sobre os atributos fisiológicos e fitotécnicos;

Avaliar o comportamento fisiológico e biométrico de *H. speciosa* cultivada em diferentes densidades populacionais e durante diferentes fases do crescimento;

Fomentar a geração de processo agrossilvícola para recuperação de passivos ambientais (área degradada) em ativos com espécies frutíferas nativas do Cerrado.

## CAPÍTULO I

(Normas de acordo com a revista Agricultural Systems – A1)

### **PREDIÇÃO DO CRESCIMENTO DE *Hancornia speciosa* (Gomes) CULTIVADAS EM SISTEMAS AGROSSIVICULTURAIS NA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA**

## **PREDIÇÃO DO CRESCIMENTO DE *Hancornia speciosa* (Gomes) CULTIVADAS EM SISTEMAS AGROSSIVICULTURAIS NA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA**

Estenio Moreira Alves<sup>1</sup>; Fabiano Guimarães Silva<sup>2</sup>, Adriano Perin<sup>2</sup>;  
Aurélio Rúbio Neto<sup>2</sup>; Marcio Rosa<sup>3</sup>; Lucas Loram Lourenço<sup>3</sup>; Thales Caetano de  
Oliveira<sup>4</sup>; Aldo Max Custódio<sup>4</sup>; João Paulo Pennacchi<sup>5</sup>; Tiago do Prado Paim<sup>6</sup>

### **Pontos fortes:**

- O uso de índices fisiológicos relacionados ao ambiente, trocas gasosas, fluorescência da clorofila *a* e rendimento quântico, associados aos índices biométricos tradicionais quando submetidos as ferramentas de análise multivariadas contribuem para o avanço da ciência na criação de meios avaliativos preditores e discriminantes das expressões de *Hancornia speciosa* conforme as condições de cultivo e ambientais que se encontram expostas.
- *H. speciosa* é uma fruteira nativa do Cerrado adaptada ao cultivo consorciado com *Cucurbita moschata* e *Syagrus oleracea* durante a fase de crescimento.
- Os sistemas de cultivos agrossilviculturais podem construir produtividade e recuperar áreas degradadas.

### **Resumo**

O uso de parâmetros fisiológicos de plantas vem sendo usado para discriminar ou relacionar os melhores genótipos de determinados grupos, e/ou caracterizá-los em função do ambiente que se encontram estas plantas. Assim, objetivou-se caracterizar e discriminar a partir de atributos biométricos, ambientais e fisiológicos de mangabeiras [*Hancornia speciosa* (Gomes)] cultivadas em monocultivo e consórcios, ao longo do ano, combinada com as diferentes densidades populacionais em condições de recuperação de área degradada. As avaliações de *H. speciosa* foram dispostas em esquema fatorial 4x4x4. Combinou-se quatro idades: (21º, 24º, 27º e 30º mês de implantação). Quatro sistemas: monocultivo de *H. speciosa*; consórcio de *H. speciosa* e *Syagrus oleracea*; consórcio de *H. speciosa* e culturas anuais (*Cucurbita* sp. e *Zea mays*); e consórcio de *H. speciosa*, *S.*

---

<sup>1</sup> Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, Pesquisador no Instituto Federal Goiano, Campus Iporá. Iporá, Goiás, Brasil. e-mail: [estenio.moreira@ifgoiano.edu.br](mailto:estenio.moreira@ifgoiano.edu.br)

<sup>2</sup> Professor, Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde. Rio Verde, Goiás, Brasil. e-mail: [fabiano.silva@ifgoiano.edu.br](mailto:fabiano.silva@ifgoiano.edu.br)

<sup>3</sup> Discente do programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Instituto Federal Goiano (Rede).

<sup>4</sup> Discente do programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia, Instituto Federal Goiano.

<sup>5</sup> Pesquisador, Pós doutorando Universidade Federal de Lavras - UFLA.

<sup>6</sup> Pesquisador, Instituto Federal Goiano, Campus Iporá.

*oleracea* e culturas anuais (*Cucurbita* sp. e *Z. mays*). E quatro densidades populacionais de *H. speciosa* (403; 469; 603 e 803 árvores.ha<sup>-1</sup>). Realizou-se as seguintes análises multivariadas: Análises dos componentes principais (ACP), análise discriminante linear, análise de variáveis canônicas (AVC) e correlação de Pearson. As análises das correlações consideraram os parâmetros ambientais, biométricos e fisiológicos em relação aos preditores da idade das plantas de *H. speciosa*, densidade populacional e sistema de cultivo. A análise discriminante linear determinou o modelo matemático com a maior capacidade de discriminar os tratamentos. Determinou-se as correlações de Pearson (r) (valor  $p < 0,05$ ). Os resultados demonstram que as diferentes análises multivariadas se complementam na discriminação e predição das respostas dos grupos de plantas conforme as condições em que estão submetidas. Nas análises dos componentes principais notou-se que os parâmetros provenientes das avaliações de fluorescência da clorofila *a* e rendimento quântico foram os mais expressivos. As análises discriminantes foram capazes de discriminar as plantas com alta precisão conforme os sistemas de agrossilviculturais avaliados. As análises canônicas demonstram dentro das idades no crescimento de *H. speciosa* que houve efeito de gradiente dos sistemas de cultivo *H. speciosa* solteiro, *H. speciosa* consorciada com *Syagrus oleracea*, *H. speciosa* consorciada com culturas anuais e *H. speciosa* consorciada com *S. oleracea* e culturas anuais. Foram constatadas correlações entre diferentes grupos de parâmetros com potencial de utilização, com destaque para correlações para radiação fotossinteticamente ativa e parâmetros de biometria, fluorescência da clorofila *a* e rendimento quântico. Conclui-se que, as análises de fluorescência da clorofila *a* e o rendimento quântico do FSII, luz, trocas gasosas, biometria e pigmentos foram suficientes para discriminar a idade das plantas de *H. speciosa* através de análises multivariadas. O cultivo consorciado é indicado pois não houve prejuízos ao desenvolvimento de *H. speciosa* até o momento avaliado, possibilitando a diversificação, ganhos ecológicos, econômicos e agrônômicos. Todavia, há necessidade de monitoramento dos aspectos fisiológicos e biométricos ao longo dos próximos anos.

**Palavras-Chave:** Fluorescência da clorofila *a*; análises multivariadas; consórcio, idade, população de plantas.

## GROWTH PREDICTION *Hancornia speciosa* (Gomes) CULTIVATED IN AGROFORESTRY SYSTEMS IN THE DEGRADED AREA RECOVERY

### Abstract

The use of plants physiological parameters of plants has been used to discriminate or relate the best genotypes of certain groups, and / or to characterize them according to the environment that they are found. Thus, the objective was to characterize and discriminate from biometric, environmental and physiological attributes of mangrove [*Hancornia speciosa* (Gomes)] cultivated in monoculture and consortia throughout the year, combined with different population densities under degraded area recovery conditions. The *H. speciosa* evaluations were arranged in a 4x4x4 factorial scheme. Four ages were combined: (21st, 24th, 27th and 30th month of implantation). Four systems: *H. speciosa* monoculture; intercrop of *H. speciosa* and *Syagrus oleracea*; *H. speciosa* intercrop and annual crops (*Cucurbita* sp. and *Zea mays*); and intercrop of *H. speciosa*, *S. oleracea* and annual crops (*Cucurbita* sp. and *Z. mays*). And four population densities of *H. speciosa* (403; 469; 603 and 803 trees.ha<sup>-1</sup>). The following multivariate analyzes were performed: Principal component analysis (PCA), linear discriminant analysis, canonical variable analysis (CVA), and Pearson's correlation. The correlation analyzes considered the environmental, biometric and physiological parameters in relation to the predictors of the plants age of *H. speciosa*, population density and culture system. The linear discriminant analysis determined the mathematical model with the greatest capacity to discriminate the treatments. Pearson's correlation (r) was determined (p value <0.05). The results demonstrate that the different multivariate analyzes are complemented in the discrimination and prediction of the plants groups responses according to the conditions in which they are submitted. In the analyzes of the main components it was observed that the parameters from the fluorescence evaluations of chlorophyll *a* and quantum yield were the most expressive. The discriminant analyzes were able to discriminate the plants with high precision according to the agroforestry systems evaluated. The canonical analyzes demonstrate within the ages in the growth of *H. speciosa* that there was gradient effect of the systems of *H. speciosa* single, *H. speciosa* intercropped with *Syagrus oleracea*, *H. speciosa* intercropped with annual crops and *H. speciosa* intercropped with *S. oleracea* and annual crops. Correlations were observed between different groups of parameters with potential of use, with emphasis on correlations for photosynthetically



active radiation (PAR) and parameters of biometry, chlorophyll a fluorescence and quantum yield. It is concluded that the chlorophyll *a* fluorescence analyzes and the quantum yield of FSII, light, gas exchange, biometry and pigments were sufficient to discriminate the age of *H. speciosa* plants through multivariate analyzes. Intercropped cultivation is indicated because there were no losses to the *H. speciosa* development up to the moment evaluated, allowing the diversification, ecological, economic and agronomic gains. However, there is a need to monitor the physiological and biometric aspects over the next few years.

**Keywords:** Fluorescence of chlorophyll a; multivariate analyzes; intercropping, time, stand plant

## INTRODUÇÃO

A produção de alimentos no mundo cresceu substancialmente devido a sistematização dos sistemas produtivos. A organização dos tratos culturais, mecanização, protocolos fitossanitários e melhoramento efetivaram-se em função dos sistemas de monocultivos criados na “Revolução Verde” (Pingali 2012). Todavia, as novas tecnologias (transgenia, defensivos agrícolas) alinhadas ao referido pacote tecnológico não têm proporcionado crescimento ou mesmo sustentado os níveis produtivos ao longo do tempo (Shen et al., 2018), quando comparado a sistemas agroflorestais (José, 2009).

Na contramão dos monocultivos há diversas modalidades de cultivos sustentáveis, dentre eles os consórcios, que por sua vez, são capazes de proporcionar ganhos em eficiência na produção de até 100% com os mesmos recursos naturais utilizados nos monocultivos (Gao et al. 2009). Esses ganhos descritos para a região do Cerrado goiano têm variado conforme a época, espécies e arranjo utilizados (Custódio et al. 2015; Santos et al. 2017). Os consórcios por sua vez, independente do grupo utilizado, seja com olerícolas, grãos, frutíferas, espécies madeireiras exóticas, animais e espécies florestais nativas, proporcionam ganhos socioambientais e econômicos (Gao et al. 2009; Ronald et al. 2012; Alves et al. 2015), promovendo a preservação ambiental.

Poucas espécies vegetais atualmente são usadas na produção de alimentos, em detrimento das milhares de espécies existentes no país (Zappi et al. 2015). Neste contexto, a *H. speciosa* está entre as espécies com grande potencial de uso em pesquisas, dada sua capacidade produtiva e aceitação pelo mercado consumidor (Pereira et al. 2006). É uma espécie arbórea de porte médio, nativa do Cerrado brasileiro com ocorrência ampla, podendo ser encontrada em grande parte do Brasil (Vieira Neto et al. 2002), em diversos biomas e países da América do Sul compreendidos entre a latitude 20° sul até 10° norte, em altitudes de 0 a 1500 m.

Trata-se de uma frutífera da família Apocynaceae, produtora de látex, cujo fruto é denominado de “mangaba” [*Hancornia speciosa* (Gomes)], palavra Tupi-Guarani cuja acepção é “coisa boa de comer” (Vieira Neto et al. 2002). Portanto, é um fruto com grande potencial de uso e produção subexplorado ainda apenas em mercados locais para consumo *in natura*, sucos e sorvetes. O uso farmacológico é outra vertente de grande destaque comprovado (Moraes et al. 2008; Marinho et al. 2011; Silva et al. 2016).

Em se tratando da recuperação de áreas degradadas (RAD), o uso de espécies nativas contempla interações ecológicas ao ambiente, que associado ao adensamento de

plântio, pode favorecer significativamente o sucesso da reabilitação de áreas degradadas (Guimarães 2008; Peng et al. 2009; Pontes et al. 2011). Assim, o emprego de espécies nativas como mangabeira [*Hancornia speciosa* (Gomes)] pode fomentar o reestabelecimento de áreas improdutivas, conciliado com a produção agrícola.

Os sistemas agroflorestais com espécies nativas podem favorecer a recuperação de ambientes degradados aliados à produção agrícola (Peng et al. 2009; Pontes et al. 2011), bem como preservar o regionalismo ambiental, social e gerar ganhos econômicos (Bisseleua e Vidal 2008; Alves et al. 2015) preservando a identidade dos povos estabelecidos do Cerrado brasileiro. Em contrapartida, é exercida uma pressão em busca do uso eficiente da terra cada vez maior, impulsionada pela demanda por alimentos e biocombustíveis, restando aos ecossistemas áreas reduzidas e marginais (Grau e Aide 2008).

Assim, além de recuperar, é necessário que seja viável o processo de recuperação de área degradada (RAD). Segundo Alam et al. (2014), há inúmeros serviços ambientais promovidos pelas árvores em consórcios, que propicia ganhos econômicos, ambientais, agrônômicos e sociais. Portanto, os processos inovadores de RAD que privilegiem espécies nativas buscando ganhos culturais, sociais, ambientais, agrônômicos e econômicos, impactaram local e globalmente.

Os aspectos fisiológicos dos cultivos consorciados são extremamente importantes, pois são atributos sensíveis as condições de estresse (Peng et al. 2009). Fatores bióticos e abióticos, tais como: micro e macrofauna do solo, fertilidade do solo, disponibilidade de água, temperatura, interações entre as espécies (sombreamento, quebra de vento, competição, sinergismo) provocam efeitos no comportamento fisiológico das plantas passíveis de predição (Jian et al. 2000).

Não diferente de outras plantas, a *H. speciosa* é vulnerável as mudanças climáticas (Nabout et al. 2016), cujas respostas podem variar conforme as condições ambientais e de estresse a que estão submetidas (Carvalho et al. 2007), refletindo o *status* fisiológico conforme a idade da planta e influências edafoclimáticas.

Desta forma, os diagnósticos podem ser mais precisos e rápidos nas condições temporais a que estão submetidas as espécies consortes, projetando importantes meios de avaliação, e determinação de parâmetros orientadores de possíveis condições mais favoráveis na condução de consórcios em RAD com espécies nativas e cultivadas (Peng et al. 2009).

Assim, objetivou-se caracterizar e discriminar a partir de atributos biométricos, ambientais e fisiológicos de mangabeiras [*H. speciosa* (Gomes)] ao longo do ano cultivadas em monocultivo e consórcios, combinada com as diferentes densidades populacionais e avaliada com diferentes idades, sob condições de recuperação de área degradada, por meio de análises multivariadas.

## MÉTODOS

### Localização da área de estudo

A área de realização do estudo encontra-se no domínio de Cerrado (Batalha 2011). As condições climáticas são classificadas como Aw (Köppen 1948). O ensaio foi realizado na Fazenda Escola do Instituto Federal Goiano, Campus Iporá (51°09'12" W e 16°25'38" S), a 588 m de altitude.

### Caracterização do solo

O experimento foi implantado e conduzido em área degradada. O tipo do solo é classificado como CAMBISSOLO (EMBRAPA 2013). O local foi utilizado como ponto de retirada de material (Solo) para terraplanagem. Restando apenas o subsolo com a retirada do material da superfície a profundidade de aproximadamente 0,60 m.

A caracterização físico-química do perfil do solo da área antes da alteração nas camadas 0,00-0,20, 0,21-0,40 e 0,41-0,80 encontram-se nas tabelas 1 e 2. A retirada das camadas de solo limita a capacidade produtiva, conforme demonstrado nos atributos químicos da camada 0,41 a 0,80 m remanescentes na área utilizada.

**Tabela 1** - Caracterização dos atributos físico-químicos e macronutrientes do solo da área. Iporá, Goiás, 2016.

Perfil (m)	MO	Argila	Silte	Areia	pH (ClCa)	Ca	Mg	Al	H	CTC	P*	K	Na	S
	g.Kg <sup>-1</sup>					cmolc.dm <sup>-3</sup>				mg.dm <sup>-3</sup>				
0,00-0,20	16,0	230,0	130,0	640,0	4,7	2,6	0,6	0,1	4,1	7,75	58	136	3	6
0,21-0,40	7,0	270,0	170,0	560,0	4,2	0,9	0,2	1,5	1,9	4,62	3	48	1	7
0,41-0,80	10,0	500,0	300,0	200,0	4,2	0,5	0,2	1,0	2,8	4,60	2	40	3	4

\* Melich I.

**Tabela 2** - Caracterização da relação Ca:Mg, saturação por alumínio (M), saturação de bases (V), saturação por (Ca, Mg e K) e micronutrientes do solo da área. Iporá, Goiás, 2016.

Perfil (m)	Relação Ca:Mg	M	V	Ca	Mg	K	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		%						mg.dm <sup>-3</sup>			
0,00-0,20	4,3	3,0	46,0	33,8	7,8	4,5	0,2	1,3	27,0	70,0	4,9
0,21-0,40	4,5	55,0	27,0	19,6	4,3	2,7	0,1	1,1	11,0	20,0	0,6
0,41-0,80	2,5	55,0	17,0	10,9	4,3	2,2	0,3	1,1	10,0	10,0	0,3

### Preparo da área e plantio

O solo foi preparado entre 01 e 06/06/2016 com duas operações de gradagem intermediária (Discos de 28”), sendo uma antes e outra após a realização da calagem (1,8 Mg.ha<sup>-1</sup>) e gessagem (200 Kg.ha<sup>-1</sup>) conforme necessidades de correção do solo adaptado de Ribeiro et al. (1999).

As sementes de *Hancornia speciosa* foram semeadas em tubetes de 120 mL no mês de novembro/2014, as plântulas foram transplantadas posteriormente para vasos (citropotes) de 15x15x35 cm (3,78 L) preenchidos com LATOSSOLO (EMBRAPA 2013) em fevereiro/2015. Já as mudas de *Syagrus oleracea* foram semeadas e produzidas em sacos plásticos de 3,00 L preenchidos com LATOSSOLO (EMBRAPA 2013). No dia 15/07/2016, completados 20 e 8 meses após a semeadura da *H. speciosa* e *S. oleracea*, respectivamente, realizou-se o transplântio para o campo.

Os leitos de transplântio (covas) para o transplântio foram abertos nas dimensões de 0,15 x 0,15 x 0,25 m e 0,40 x 0,40 x 0,40 m, em seguida foram aplicados na adubação de base 100 e 500 gramas de termofosfato (Tabela 3), respectivamente nas covas de *S. oleracea* e *H. speciosa* conforme disposição das plantas nos tratamentos. Após o transplântio, empregou-se irrigação suplementar localizada por gotejamento de julho até o início do período chuvoso.

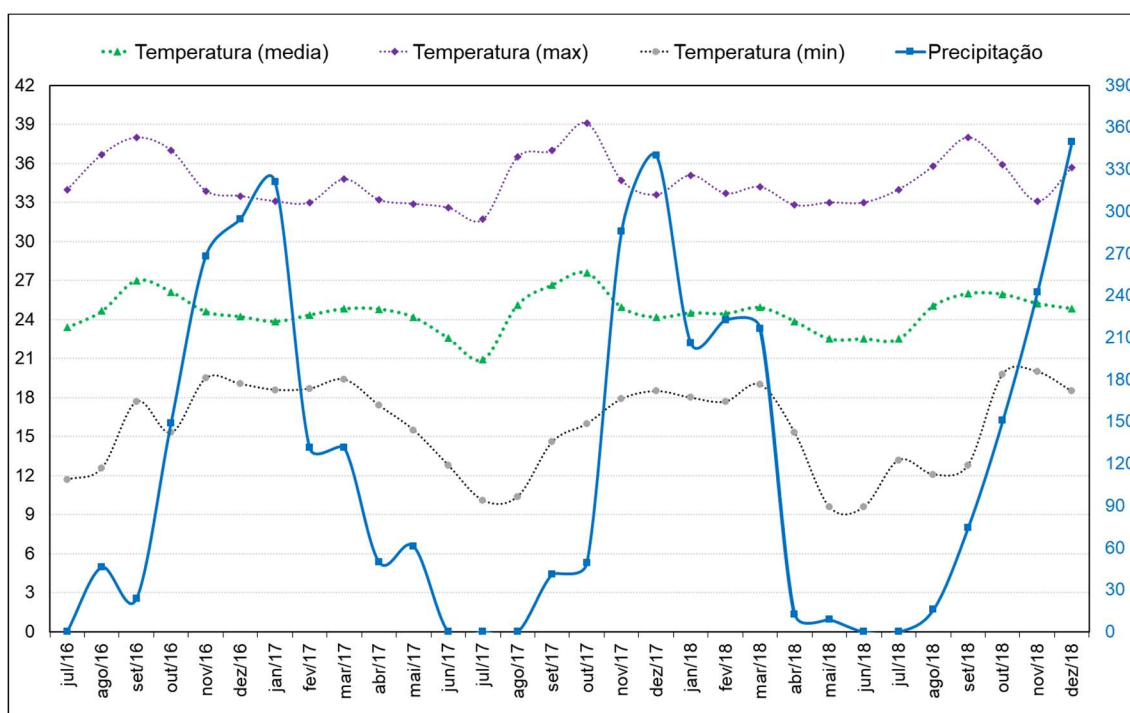
**Tabela 3** - Disponibilidade de macro e micronutrientes do termofosfato aplicado nos leitos de transplântio das mudas de *Hancornia speciosa* e *Syagrus oleracea* na implantação do ensaio em campo. Iporá, Goiás, 2016.

Total (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Solúvel*(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Si	Zn
----- % -----									
16,00	12,00	16,00	6,50	6,00	0,10	0,05	0,30	9,00	0,55

\* Solúvel em ácido cítrico 2% (1:100)

## Caracterização climática

De acordo com os dados oficiais da estação automática A028, as condições climáticas durante a condução do experimento do transplântio até o 30º mês foi caracterizada por estação chuvosa / seca definida associada ao aumento das temperaturas no final do período seco (Figura 1).



**Figura 1** – Temperatura (°C) média, máxima, mínima e precipitação (mm) mensal de julho de 2016 a dezembro de 2018. Iporá, Goiás, Brasil.

## Arranjo experimental e caracterização dos tratamentos

A distribuição das parcelas e dos tratamentos obedeceu à metodologia proposta por Nelder (1962), destinada a avaliar diferentes densidades populacionais. Esta metodologia reduz substancialmente o tamanho das parcelas e de bordaduras.

Os tratamentos foram dispostos em uma “Roda de Nelder” em vinte raios e quatro circunferências (Figura 2). Cada agrupamento de quatro raios representou uma repetição. As quatro circunferências centrais formaram quatro densidades populacionais, excluídas as circunferências interna e externa, que formaram as bordaduras (Nelder 1962).

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso (DIC), em esquema fatorial (4x4x4), com cinco repetições, totalizando 320 leituras nas unidades experimentais. Cada unidade experimental foi composta por uma planta de *H. speciosa*.

Avaliou-se no primeiro fator quatro sistemas de cultivo agrossilviculturais de *H. speciosa*: Quatro sistemas de cultivo de *Hancornia speciosa* (cultivo solteiro), *H. speciosa* consorciada com culturas anuais (*Cucurbita moschata* e *Zea mays*), *H. speciosa* consorciada com *S. oleracea*, *H. speciosa* consorciada com culturas anuais (*C. moschata* e *Z. mays*) e *S. oleracea*.

O segundo fator foi composto por quatro densidades populacionais: 403, 469, 603 e 803 plantas de *H. speciosa* por hectare. O terceiro fator foi composto por quatro idades de avaliações: 21º, 24º, 27º e 30º mês após o transplântio para o campo, realizadas nas *H. speciosa* em março-2018, junho-2018, setembro-2018 e dezembro-2018.

Ressalta-se que, os sistemas agrossilviculturais de *H. speciosa*, consorciados com a palmeira *S. oleracea* alocou-se estas palmeiras na linha, ou seja entre as plantas de *H. speciosa*, totalizando 1608, 1693, 1851 e 2032 palmeiras.ha<sup>-1</sup> respectivamente conforme as densidades populacionais 403, 469, 603 e 803 plantas.ha<sup>-1</sup> de *H. speciosa*. Desta maneira, formou-se linhas de cultivo de mangabas e guerobas, espaçadas na linha a 1,0 metro entre plantas.

Nos sistemas agrossilviculturais de *H. speciosa* consorciados com culturas anuais cultivou-se todos os anos abobreciras (*C. moschata*) entre as avaliações de setembro e dezembro e milho (*Z. mays*) de janeiro a abril. Semeou-se três linhas de milho espaçadas a 0,60 m, centralizadas nas entre linhas de *H. speciosa*.

As abóboras foram semeadas em quatro covas distantes a 0,75 m das plantas de *H. speciosa*. Após germinação e emergências, realizou-se o desbaste mantendo uma planta de *C. moschata* por cova. Este arranjo proporcionou densidades populacionais de 1612, 1876, 2412 e 3212 plantas.ha<sup>-1</sup> de *C. moschata* nos tratamentos com densidades populacionais 403, 469, 603 e 803 plantas.ha<sup>-1</sup> de *H. speciosa*, respectivamente.

Assim, as avaliações biométricas e fisiológicas foram realizadas nos meses de março, junho, setembro e dezembro de 2018, quando as plantas de *H. speciosa* estavam com 21, 24, 27 e 30 meses no campo.

### **Tratos culturais**

As plantas de *H. speciosa* não receberam nenhum tipo de adubação de cobertura. Os consórcios com a presença de culturas anuais foram cultivados no período de estiagem e chuvoso com *C. moschata* e *Z. mays*, respectivamente. Nos períodos de estiagem, cultivou-se abóboras (*C. moschata*) com auxílio de irrigação localizada (gotejamento) e no período chuvoso foi cultivado milho (*Z. mays*) com variedades de polinização aberta, sem irrigação, em regime de sequeiro.

Os tratamentos com a presença de *S. oleracea* e culturas anuais (*Z. mays* e *C. moschata*) realizou-se adubações localizadas para atendimento destas espécies. Foram realizadas adubações localizadas de base e cobertura em *S. oleracea* e nos sulcos de semeio/transplântio das culturas anuais (*Z. mays* e *C. moschata*) cultivadas consorciadas com *H. speciosa*.

Desta forma, durante 90 dias da estiagem de 2016, 2017 e 2018 todas plantas de *H. speciosa* receberam irrigação igualmente juntamente com as abóboras, independente do sistema cultivado. Ressalta-se ainda que a irrigação no ano das avaliações, foi realizada durante o intervalo das avaliações de junho e setembro de 2018.

Durante a avaliação do 21º mês, os consórcios compostos pelo componente culturas anuais encontravam-se cultivados com milho em estágio fenológico R2 (Figura 2), e já haviam sido cultivadas duas safras de abóboras nos períodos de seca com auxílio de irrigação localizada. Na avaliação do 24º mês, o milho já havia sido colhido, e sua palhada incorporada superficialmente por meio de enxada rotativa nos sistemas cultivados com anuais. Durante o intervalo entre as avaliações acima descritas não se utilizou de irrigação em nenhum tratamento.





**Figura 2** – Vista aérea da área experimental (Roda de “Nelder”). Março de 2018, Iporá, Goiás, Brasil.

## **Avaliações**

### Biometria das plantas de *H. speciosa*

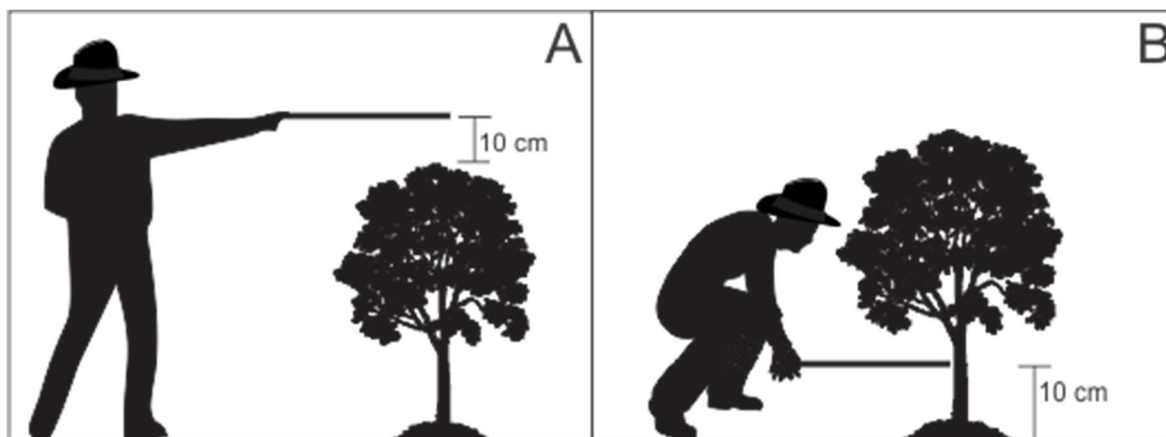
As avaliações de *H. speciosa* foram realizadas em média a cada 3 meses, aos 21, 24, 27 e 30 meses após transplântio para o campo acompanhando as demais avaliações simultaneamente. Determinou-se o diâmetro do coleto (mm) a três cm do solo com paquímetro, o número de folhas (un) por contagem, e a altura (m) com auxílio de régua milimetrada.

### Luminosidade

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foi determinada por meio de barra com seis sensores PAR, modelo APG-SQ-316 (Apogee, North Logan, UT, USA). As

avaliações de caracterização de radiação foram determinadas no topo e abaixo do dossel de *H. speciosa*, às 08, 12 e 16 horas.

Esta barra foi nivelada e posicionada a 2 cm do tronco principal de *H. speciosa*, voltada ao centro da “roda de Nelder” e suspensa do solo em 10 cm nas leituras de base (Figura 3A). Já nas leituras de topo, nivelou-se e posicionou-se a 2 cm do tronco principal das plantas de *H. speciosa*, voltada ao centro da “Roda de Nelder” e suspensa 10 cm do topo (Figura 3B).



**Figura 3** – Posição da leitura da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no topo (A) e na base (B) das plantas de *H. speciosa*. Iporá, Goiás, Brasil, 2018.

#### Trocas gasosas nas folhas de *H. speciosa*

As avaliações fisiológicas determinaram a taxa de assimilação da fotossíntese ( $A - \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ); transpiração ( $E - \text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) e a condutância estomática ( $G_s W - \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) de *H. speciosa* foi realizada utilizando sistema de determinações da concentração de gases no infravermelho (IRGA, Li-Cor - Li6800 XT). Foi padronizado e utilizado  $1000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  de irradiância, temperatura de  $25^\circ\text{C}$  e pressão de 40 Pa durante todas as avaliações. Todas as medições foram realizadas das 8 às 11h30min.

A eficiência de uso da água (EUA) das *H. speciosa* foi calculada pela relação  $A / E$  ( $\mu\text{mol de CO}_2 / \text{mmol de H}_2\text{O}$ ), a eficiência de carboxilação instantânea da eficiência de uso da água foi calculada pela relação  $A / C_i$  ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} / \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) e o índice  $C_i/C_a$  ( $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1} / \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ ). As leituras foram coletadas quando os parâmetros de trocas gasosas apresentavam estabilizado no monitor do equipamento.

#### Fluorescência da Clorofila a e Rendimento quântico do FSII das folhas de *H. speciosa*

A fluorescência transiente OJIP da clorofila *a* foi determinada com fluorômetro portátil FluorPen FP 100 (Photon Systems Instruments; Drasov, Czech Republic). Avaliou-se na terceira ou quarta folha completamente expandida partindo do ápice, não destacadas, previamente adaptadas ao escuro por 30 minutos para oxidação completa do sistema fotossintético de transporte de elétrons. Foram medidas a fluorescência mínima ( $F_0$ ) em 50  $\mu$ s quando todos os centros de reação FSII estão abertos e é definido como o passo 0, seguida pelo passo J (a 2 ms), o passo I (a 30 ms) e a fluorescência máxima ( $F_m$ ) quando todos os centros de reação PSII estão fechados, conhecido como passo P. Estes valores foram utilizados para calcular vários índices bioenergéticos do fotossistema II (Strasser et al. 2000).

As folhas foram expostas ao pulso saturante de luz ( $3000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , com comprimento de ondas de 450 nm, durante um segundo), após a adaptação, obtendo-se as respostas relacionadas aos transientes da fluorescência da clorofila *a*, de acordo com equações do teste OJIP.

Foram determinados e utilizados os seguintes parâmetros: Fluorescência inicial ( $F_0$  – elétrons.quantum<sup>-1</sup>), representa toda a quinona A oxidada; Fluorescência variável ( $F_v$  – elétrons.quantum<sup>-1</sup>) indica dano ao complexo antena provocado por estresse; Fluorescência máxima ( $F_m$  – elétrons.quantum<sup>-1</sup>) representa toda quinona a reduzida, quanto maior melhor a dissipação de energia na cadeia transportadora de elétrons. O índice de eficiência quântica do FSII ou atividade fotossintética potencial (razão máxima de produção quântica dos processos concorrentes fotoquímicos e não fotoquímicos no FSII ( $F_v/F_0$  ou  $kP/KN$  - elétrons quantum<sup>-1</sup>), demonstra que este parâmetro está relacionado à energia captada e à energia dissipada. O índice ( $F_m/F_0$ ) é da razão entre a fluorescência máxima e inicial. Eficiência quântica do PSII, quanto mais baixo maior o estresse, indicando dano ao aparato fotossintético ( $F_v/F_m$ ).

O  $TR_0/ABS$  ou  $\phi_{Po}$  é o índice de rendimento quântico fotoquímico primário máximo do PSII, dissipação não fotoquímica de energia na forma de calor.  $ET_0/ABS$  ou  $\phi_{Eo}$  ou  $\text{PHI}(E_0)$  é o índice que demonstra a probabilidade de um éxciton mover um elétron pela cadeia transportadora de elétrons após a Quinona *A* ( $Q_A$ ). O  $\text{PSI}_0$  é a probabilidade, no tempo  $t=0$ , de um exciton aprisionado mover um elétron pela cadeia transportadora de elétrons após  $Q_A^-$ . O  $\text{PIABS}$  ou  $\psi_{\text{ABS}}$  é o índice de performance na base de absorção, reflete a eficiência de absorção de luz entre a captura e transferência de excitação do FSII, representando a dissipação de energia fotoquímica através da formação de ATP e NADPH.  $\text{ABS/RC}$  é a absorção de energia por centro de reação, o crescimento

neste índice indica aumento aparente no complexo de antenas do fotossistema para compensar a alta perda de energia como calor. O  $\Phi_{Do}$  ou  $\phi_{Do}$  é o rendimento quântico de dissipação de energia.  $TR_o/RC$  é o fluxo de energia preso por centro de reação.  $ET_o/RC$  é o fluxo de transporte de elétrons por centro de reação.  $DI_o/RC$  é o fluxo específico da dissipação de energia por centro de reação ao nível das clorofilas no complexo antena, representa desordem no início do processo de transporte de energia.  $PHIPAV$  ou  $\phi_{PAV}$  é o tempo para atingir a fluorescência máxima da clorofila (ms).

#### Análises de pigmentos das folhas de *H. speciosa*

Determinou-se os índices de clorofila, flavonoides, antocianinas e balanço de nitrogênio (NBI). O NBI foi determinado pela razão Clorofila/Flavonoides (Chl/Flav) na epiderme das folhas. Utilizou-se do medidor de clorofila e polifenóis instantâneo e não destrutivo (DUALEX SCIENTIFIC+TM) (Force-A, Orsay, França), com base nos espectros de excitação da fluorescência da clorofila (Cerovic et al. 2012).

Para estas avaliações foram realizadas leituras entre às 08 e 11h, na terceira ou quarta folha completamente expandida. Segundo Cerovic et al. (2012), este equipamento é eficiente para o monitoramento da clorofila e flavonoides, bem como determinação da suficiência em nitrogênio de forma não destrutiva.

#### **Análises estatística univariadas**

Os resultados biométricos (diâmetro, altura e número de folhas) das plantas foram submetidos a análise de variância (ANAVA) pelo teste “F” ( $P \leq 0,05$ ). Havendo efeitos qualitativos (Sistemas) submeteu-se ao teste “t” ( $P \leq 0,05$ ). Para os efeitos quantitativos realizou-se o desdobramento das regressões para efeitos lineares e quadráticos ( $P \leq 0,05$ ) pelo teste “F”.

#### **Análises estatísticas multivariadas**

As avaliações da *H. speciosa* foram dispostos em esquema fatorial 4x4x4 combinando quatro idades (21°, 24°, 27° e 30° mês de implantação) X quatro sistemas (*H. speciosa* [monocultivo]; *H. speciosa* e *S. oleracea* [consórcio 1]; *H. speciosa* e culturas anuais (*C. moschata* e *Z. mays*) [consórcio 2] e *H. speciosa*, *S. oleracea* e culturas anuais (*C. moschata* e *Z. mays*) [consórcio 3]) X quatro densidades populacionais (403; 469; 603 e 803 árvores.ha<sup>-1</sup>).

Realizou-se as seguintes análises multivariadas: Análises dos componentes principais (ACP), análise discriminante linear, análise de variáveis canônicas (AVC) e correlação de Pearson. As análises das correlações consideraram os parâmetros ambientais, biométricos e fisiológicos em relação aos preditores (idade das plantas de *H. speciosa*, densidade populacional e sistema de cultivo). A análise discriminante linear determinou o modelo matemático com a maior capacidade de discriminar os tratamentos.

A correlação de Pearson ( $r$ ) e sua significância (valor  $p < 0,05$ ) foi calculada para cada par de parâmetros medidos para cada uma das datas de avaliação, bem como para os dados combinados para as quatro avaliações. A correlação assume valores de -1 a +1, sendo que valores mais negativos representam correlações inversas mais fortes (o aumento de um parâmetro corresponde à diminuição do outro, ou vice-versa) e valores mais positivos representam fortes correlações diretas entre os parâmetros (o aumento de um parâmetro corresponde ao aumento do outro, ou vice-versa). Valores próximos a zero representam baixa ou nenhuma correlação entre os parâmetros.

A análise de variáveis canônicas foi aplicada para a base de dados completa combinando as quatro datas de avaliação, e também para cada uma das datas separadamente. O uso da análise de variância multivariada (MANOVA) permite inferir sobre diferenças significativas entre tratamentos, porém não discrimina quais deles são diferentes.

## RESULTADOS

### Análises univariada dos componentes biométricos

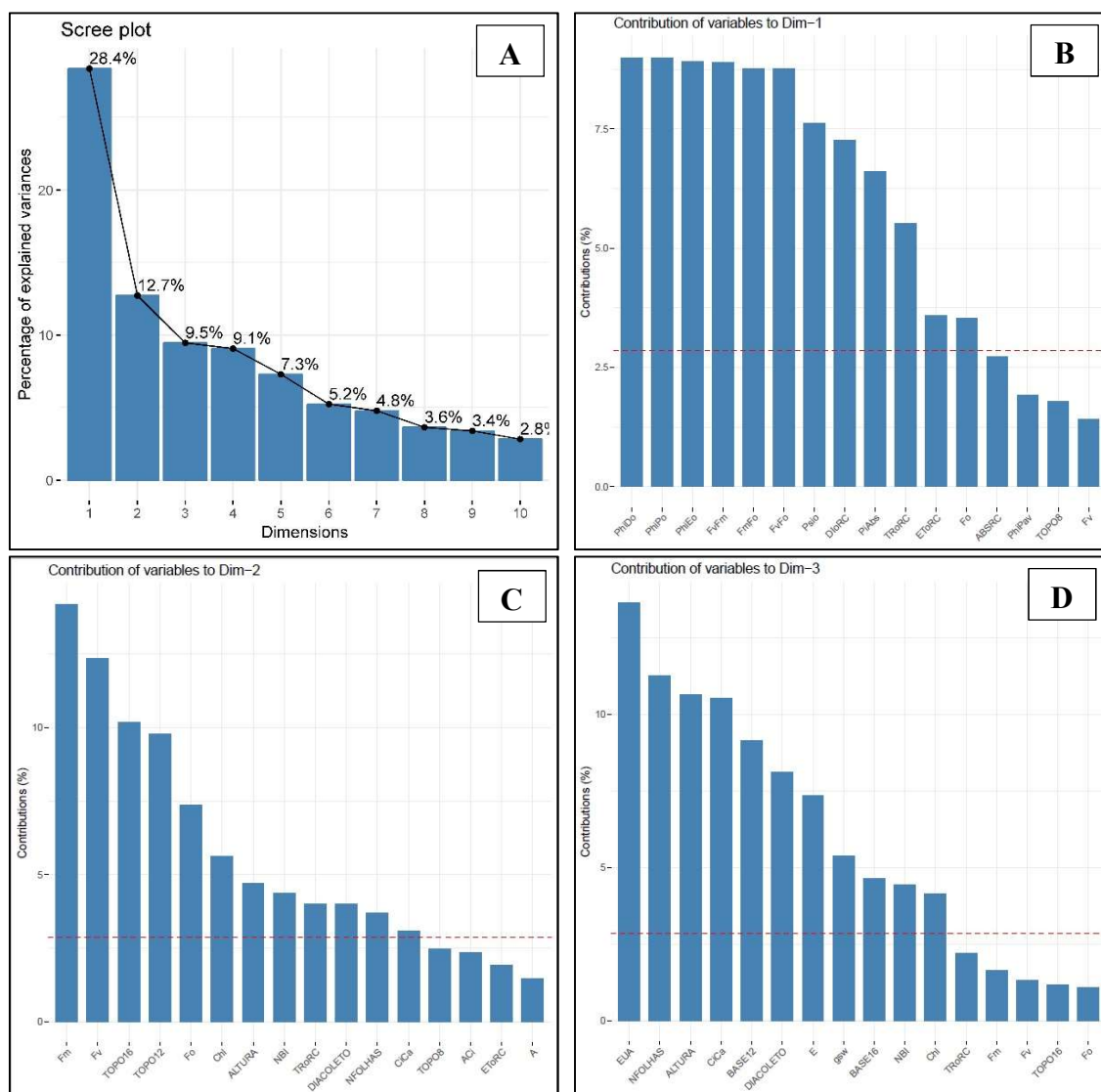
Não houve efeito no 30º mês de idade das plantas de *Hancornia speciosa* para os sistemas de cultivo e interações entre sistemas de cultivo e densidade populacionais. As quatro formas de cultivo de *H. speciosa* avaliadas apresentaram diâmetro, comprimento e número de folhas médios de 24,06 mm, 0,80 m e 192,91 folhas, respectivamente.

Apenas o diâmetro de *H. speciosa* foi influenciado de forma linear crescente conforme aumento da densidade populacional que foram submetidas ( $y = 13,020 + 0,019 \cdot x$  -  $R^2 = 70,63\%$  -  $P = 0,033$ ).

### **Análises dos componentes principais (ACP)**

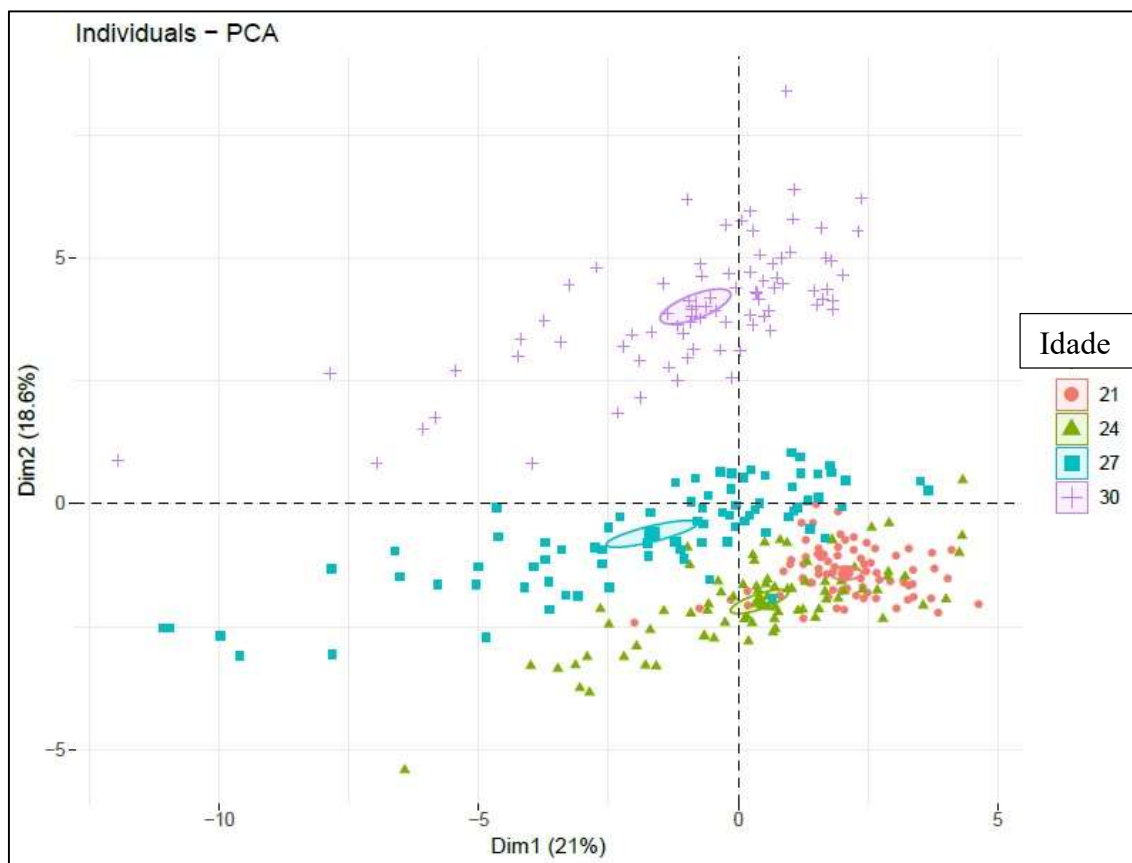
O resultado da análise de componentes principais (ACP) explicou a variância em mais de 50% pelos três primeiros eixos da ACP (Figura 4 A). Os principais componentes do eixo 1, 2 e 3 são demonstrados na figura 4 B, C e D. Cerca de 2/3 da variância foi explicada pela composição dos eixos 1, 2, 3, 4 e 5 (Figura 6).

Nota-se que os dez principais componentes do eixo 1 são compostos por atributos determinados a partir da fluorescência da clorofila *a* e rendimento quântico do fotossistema II. No eixo 2, os atributos da fluorescência são permeados pelos ambientais e biométricos. Somente no eixo 3, o índice eficiência do uso da água (EUA), relacionado as trocas gasosas, apresenta-se como componente principal, auxiliados principalmente pelos atributos biométricos. Nota-se, que a etapa fotoquímica é mais sensível, e que os parâmetros de trocas gasosas são mais resilientes a alterações.



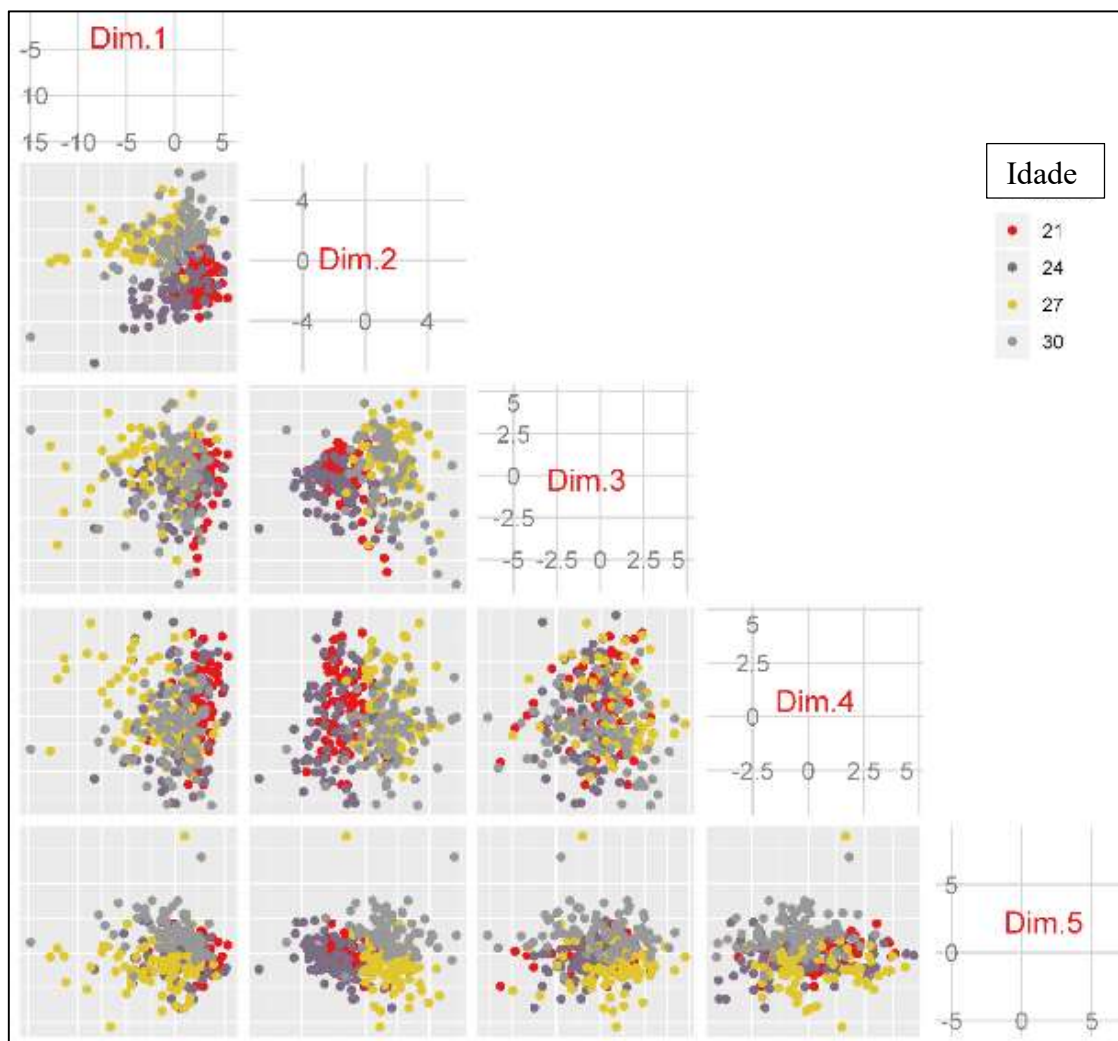
**Figura 4.** Contribuições dos eixos da análise dos componentes principais para explicação da variância dos resultados de *Hancornia speciosa* avaliada em diferentes idades das plantas de *H. speciosa*, cultivada sob diferentes densidades populacionais e sistemas (A); componentes principais do eixo 1 (B); componentes principais do eixo 2 (C) e componentes principais do eixo 3 (D). Iporá, Goiás, Brasil, 2018.

Os resultados das ACP diferenciam as idades das plantas de *H. speciosa* avaliadas (Figura 5). O maior distanciamento ocorre entre 21º mês (março) e 30º mês (dezembro), visto que, opõem-se nas dimensões dos eixos 1 e 2.



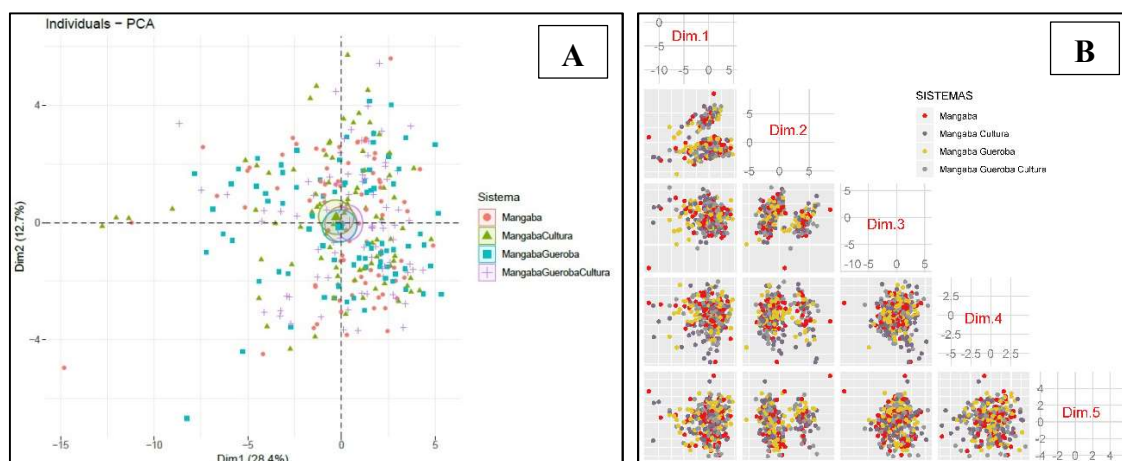
**Figura 5** – Caracterização dos efeitos da idade sobre comportamento de *Hancornia speciosa* por meio da análise dos componentes principais. Iporá, Goiás, Brasil, 2018.



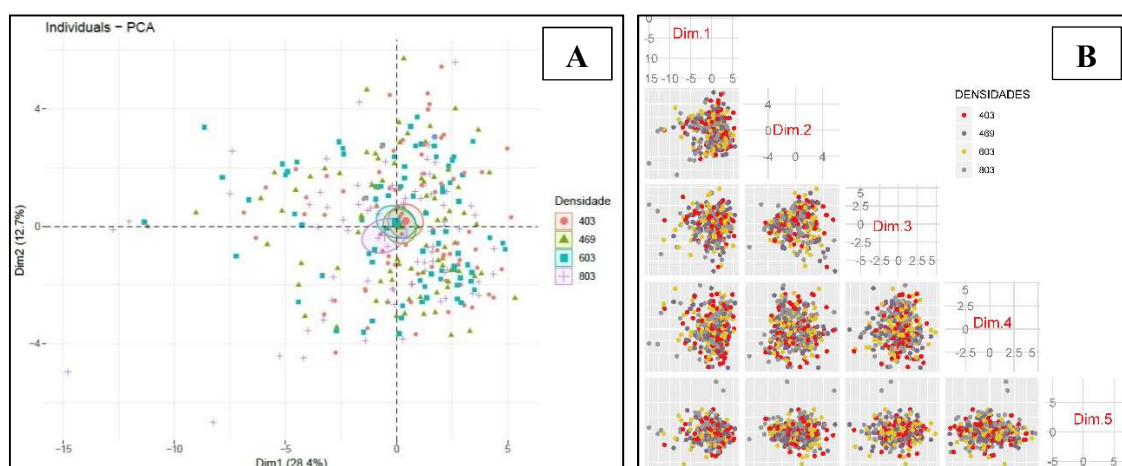


**Figura 6** – Caracterização dos efeitos da idade das plantas sobre de *Hancornia speciosa* por meio da análise dos componentes principais, nos eixos 1, 2, 3, 4 e 5. Iporá, Goiás, Brasil, 2018.

Por outro lado, os resultados obtidos por meio da análise dos componentes principais não foram capazes de prever diferenças entre os sistemas e as densidades populacionais de cultivo dentro do período de estudo neste trabalho (Figuras 7 e 8), tomando como base os parâmetros biométricos, ambientais e fisiológicos.



**Figura 7** – Caracterização dos efeitos dos sistemas sobre comportamento de *Hancornia speciosa* por meio da análise dos componentes principais (A); Caracterização dos efeitos dos sistemas de cultivo das plantas sobre de *H. speciosa* por meio da análise dos componentes principais, nos eixos 1, 2, 3, 4 e 5 (B). Iporá, Goiás, Brasil, 2018.



**Figura 8** – Caracterização dos efeitos das densidades populacionais nas plantas de *Hancornia speciosa* por meio da análise dos componentes principais (A); Caracterização dos efeitos das densidades populacionais nas plantas sobre de *H. speciosa* por meio da análise dos componentes principais, nos eixos 1, 2, 3, 4 e 5 (B). Iporá, Goiás, Brasil, 2018.

### Análises discriminantes lineares

A análise dos componentes principais é complementada pelas funções discriminantes lineares caracterizando a idade das plantas (Tabela 4), com percentual de determinação elevado (Tabela 5). Foi possível portanto, determinar com grande probabilidade de acerto a idade das plantas de *H. speciosa* utilizando as funções lineares discriminantes obtidas com parâmetros fisiológicos, biométricos e ambientais.

Estes resultados possuem grande significado biológico. Pois, passa a existir um modelo matemático capaz de prever a idade das plantas de *H. speciosa* no intervalo estudado.

**Tabela 4** – Constantes e coeficientes das funções lineares discriminantes da idade de *Hancornia speciosa*. Iporá, Goiás, Brasil, 2018.

Variáveis	Funções lineares discriminantes da idade de <i>H. speciosa</i>			
	21° (março)	24° (junho)	27° (setembro)	30° (dezembro)
<b>Constante</b>	-495899,00	-496206,00	-495755,00	-495686,00
<b>Diâmetro do Coletor</b>	22,88627	22,93481	22,04049	21,70574
<b>Altura das plantas</b>	0,71267	0,71615	0,71141	0,70436
<b>Nº de folhas</b>	-1,21020	-1,21030	-1,19880	-1,18677
<b>A</b>	-0,22415	-0,22588	-0,22580	-0,22422
<b>E</b>	-0,22445	-0,24473	-0,19523	-0,14880
<b>EUA</b>	0,00859	0,00818	0,00554	0,00363
<b>GsW</b>	-1,09310	-1,09332	-1,05518	-1,03763
<b>CiCa</b>	-7,47584	-7,40185	-7,33359	-7,19367
<b>ACi</b>	-0,01224	0,02131	-0,00078	-0,05993
<b>FMFO</b>	0,27932	0,27016	0,26074	0,26867
<b>FVFO</b>	-197,18451	-196,95662	-196,65701	-197,17842
<b>FVFM</b>	302,41754	303,02619	302,05223	303,13951
<b>PHIPO</b>	122,81395	118,73454	116,79206	118,15551
<b>PSIO</b>	2077,00	2017,00	1979,00	1979,00
<b>PHIEO</b>	-2428,00	-2446,00	-2418,00	-2401,00
<b>PHIDO</b>	48046,00	48037,00	48004,00	47791,00
<b>PIABS</b>	0,09905	0,09941	0,09830	0,09771
<b>ABSRC</b>	-0,01744	-0,01754	-0,01733	-0,01729
<b>TRORC</b>	-0,04398	-0,04419	-0,04368	-0,04351
<b>ETORC</b>	539653,00	539805,00	539578,00	539217,00
<b>DIORC</b>	-536686,00	-536829,00	-536610,00	-536261,00
<b>PHIPAV</b>	3850,00	3734,00	3649,00	3613,00
<b>FM</b>	419956,00	420171,00	420007,00	420289,00
<b>FV</b>	20270,00	20336,00	20348,00	20045,00
<b>FO</b>	-20904,00	-20995,00	-20972,00	-20677,00
<b>Base8</b>	444436,00	444625,00	444333,00	444594,00
<b>Topo8</b>	12804,00	12898,00	12839,00	12823,00
<b>Base12</b>	-364,97159	-366,17308	-365,54358	-362,87372
<b>Topo12</b>	-176,45064	-177,70909	-177,41560	-176,06247
<b>Base16</b>	2489,00	2499,00	2515,00	2483,00
<b>Topo16</b>	-2194,00	-2184,00	-2205,00	-2142,00
<b>Clorofila</b>	-1260,00	-1267,00	-1262,00	-1261,00
<b>Flavonoides</b>	-4,65327	-4,67654	-5,03696	-4,75481
<b>Anthocianina</b>	37,92820	37,95250	37,48500	36,95663
<b>NBI</b>	-22,27014	-22,05131	-22,19247	-21,34850

**Tabela 5** – Classificação conforme a idade das plantas e total acumulado classificado errado nos grupos conforme a função discriminante da idade de *Hancornia speciosa*. Iporá, Goiás, Brasil, 2018.

Idade	21° (março)	24° (junho)	27° (setembro)	30° (dezembro)
21° (março)	<b>97,50%</b>	2,50%	0,00%	0,00%
24° (junho)	2,50%	<b>97,50%</b>	0,00%	0,00%
27° (setembro)	1,25%	2,50%	<b>96,25%</b>	0,00%
30° (dezembro)	0,00%	0,00%	0,00%	<b>100,00%</b>
Total de Erros	2,50%	2,50%	3,75%	0,00%

As funções discriminantes modeladas a partir dos parâmetros biométricos, ambientais e fisiológicos não foram capazes de prever as densidades populacionais e sistemas de cultivo (Anexo 1 e 2), pois apresentaram classificações erradas entre 40 e 60% (Tabela 6 e 7). O melhor valor de classificação foi obtido para o sistema de cultivo da mangaba solteira (60%), demonstrando assim similaridade entre os consórcios, que por sua vez promove confusão e dificulta a discriminação entre os sistemas.

**Tabela 6** – Classificação conforme os sistemas de cultivo e total acumulado classificado errado nos grupos conforme a função discriminante da idade de *Hancornia speciosa*. Iporá, Goiás, Brasil, 2018.

Sistemas	Mangaba	Mangaba Cultura	Mangaba Gueroba	Mangaba Gueroba Cultura
Mangaba	<b>60,00%</b>	10,00%	13,75%	16,25%
Mangaba Cultura	13,75%	<b>45,00%</b>	15,00%	26,25%
Mangaba Gueroba	15,00%	13,75%	<b>57,50%</b>	13,75%
Mangaba Gueroba Cultura	16,25%	15,00%	12,50%	<b>56,25</b>
Total de Erros	40,00%	55,00%	42,50%	43,75%

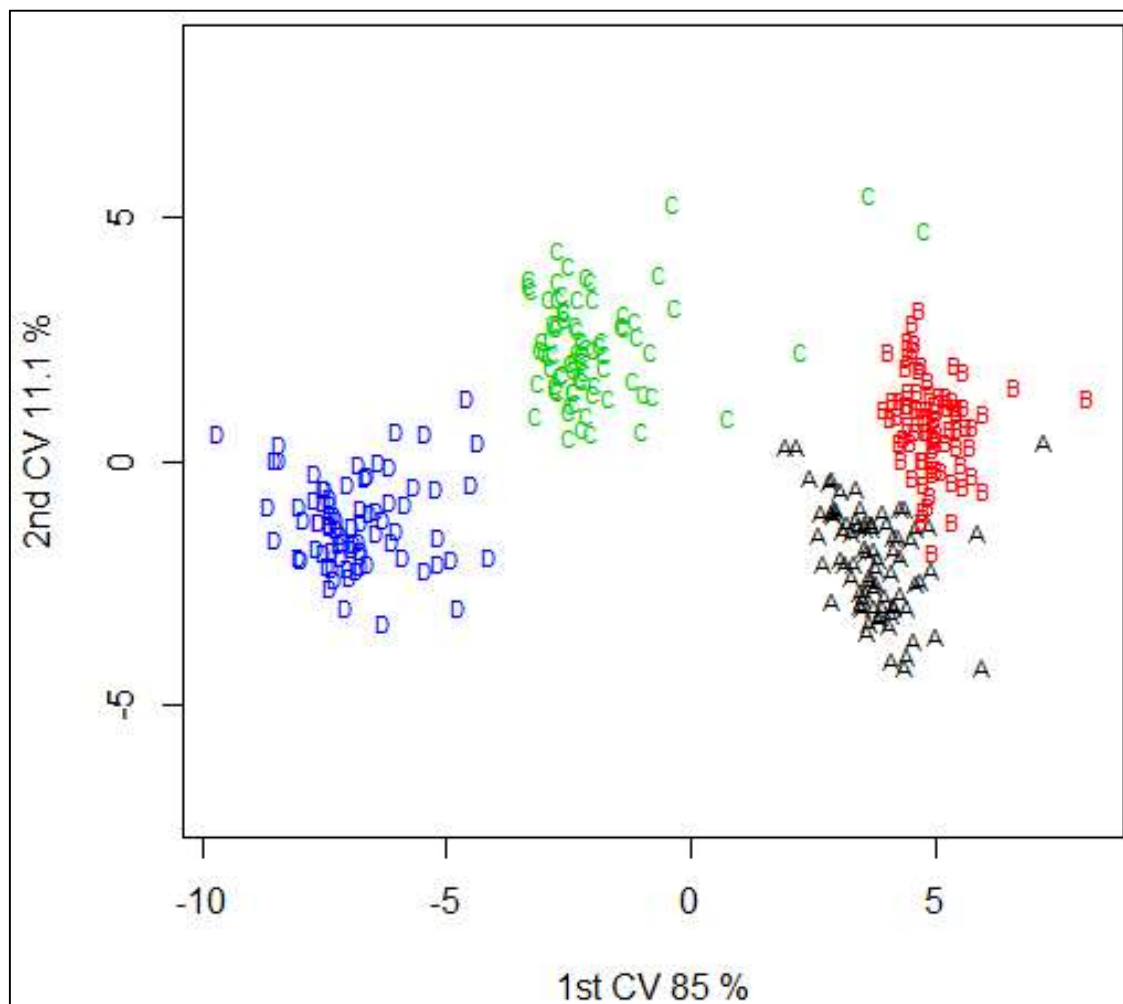
**Tabela 7** – Classificação conforme as densidades populacionais e total acumulado classificado errado nos grupos conforme a função discriminante da idade de *Hancornia speciosa*. Iporá, Goiás, Brasil, 2018.

Densidades Populacionais	403	469	603	803
403 (plantas.ha <sup>-1</sup> )	<b>43,75%</b>	23,75%	16,25%	16,25%
469 (plantas.ha <sup>-1</sup> )	22,50%	<b>40,00%</b>	22,50%	15,00%
603 (plantas.ha <sup>-1</sup> )	20,00%	20,00%	<b>46,25%</b>	13,75%
803 (plantas.ha <sup>-1</sup> )	16,25%	13,75%	18,75%	<b>51,25%</b>
Total de Erros	56,25%	60,00%	53,75%	48,75%

### Análises das variáveis canônicas (AVC)

A análise canônica é eficiente na discriminação da idade das plantas de *H. speciosa* (Figura 9). Observa-se que o eixo 1 explica 85% da variância, totalizando 96,1%

somado ao eixo 2. Este método de análise somado aos demais já apresentados, evidencia que houve diferença entre o comportamento dos parâmetros avaliados conforme a idade das plantas de *H. speciosa* ao longo do ano.



**Figura 9** – Gráfico de dispersão modelado pela análise canônica em função dos efeitos da idade das plantas de *Hancornia speciosa*. Iporá, Goiás, Brasil, 2018.

A – 21º mês (março); B – 24º mês (junho); C – 27º mês (setembro); D – 30º mês (dezembro).

Não houve diferenciação entre os diferentes sistemas de cultivo consorciados em todas as idades quando avaliados pela análise canônica dentro da idade das plantas de *H. speciosa*. Todavia, é notável que o cultivo de *H. speciosa* solteira apresenta distanciamento dos demais sistemas no 21º mês (março) e no 30º mês (dezembro) (Figura 10). Estes resultados por sua vez divergem dos biométricos obtidos por meio de análise univariada no 30º mês de idade. É importante descrever que nestas idades avaliadas os sistemas caracterizaram-se por estarem consorciados com milho em pleno florescimento (março) e após colheita das abóboras (dezembro).

Ressalta-se, que o período que antecede as avaliações no 21º e 30º mês a amplitude térmica é menor, com temperaturas médias maiores e disponibilidade hídrica maior.

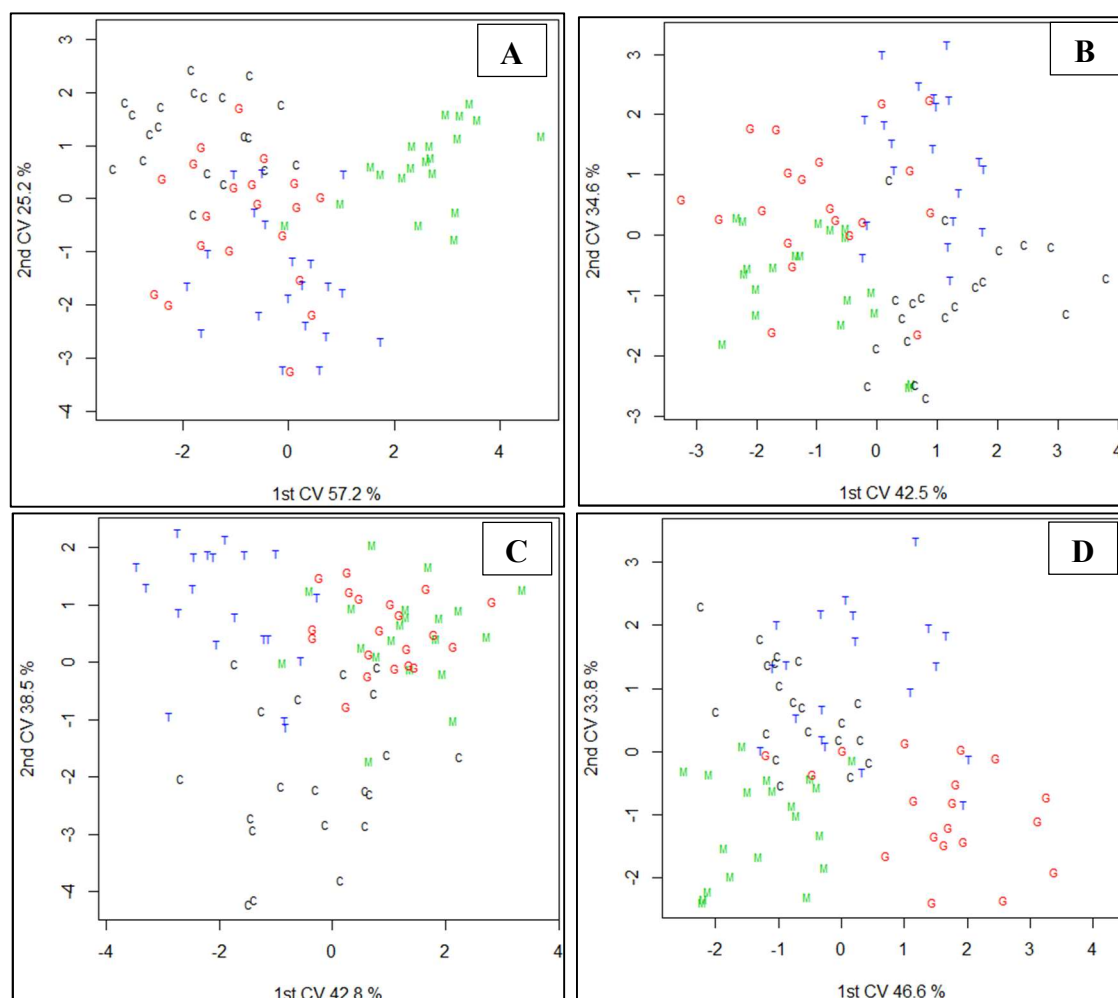
Portanto, o uso integrado das variáveis fisiológicas, ambientais e biométricas quando submetido análises multivariadas compõe portfólio mais preciso de detecção do efeito dos sistemas de cultivo sobre as plantas de *H. speciosa*.

As variâncias nos eixos 1 e 2 das análises canônicas foram capazes de explicar 82,4%, 77,1%, 81,3% e 80,4%, respectivamente aos 21º mês (março) (Figura 10 A); 24º mês (junho) (Figura 10 B); 27º mês (setembro) (Figura 10 C); 30º mês (dezembro) (Figura 10 D) de idade das plantas de *H. speciosa*.

Ressalta-se que a presença da cultura foi fator de aproximação entre os sistemas consorciados (*H. speciosa* com culturas e *H. speciosa* com culturas e *S. oleracea*). Já a presença de *S. oleracea* consorciada com *H. speciosa* não a diferenciou de *H. speciosa* no 27º mês (setembro) (Tabela 8).

**Tabela 8** – Distância euclidiana das análises canônicas dos desdobramentos dos sistemas de cultivo dentro da idade das plantas de *Hancornia speciosa* no 21º mês (março), 24º mês (junho), 27º mês (setembro) e 30º mês (dezembro). Iporá, Goiás, Brasil, 2018.

<b>Distância Euclidiana</b>			
<b>21º Mês (março)</b>	<i>H. speciosa</i> e <i>C. moschata</i> + <i>Z. mays</i>	<i>H. speciosa</i> e <i>S. oleracea</i>	<i>H. speciosa</i>
<i>Hancornia speciosa</i> e <i>Syagrus oleracea</i>	3369		
<i>Hancornia speciosa</i>	3738	1218	
<i>Hancornia speciosa</i> , <i>Syagrus oleracea</i> e <i>Cucurbita moschata</i> + <i>Zea mays</i>	988	4260	4468
<b>24º Mês (junho)</b>	<i>H. speciosa</i> e <i>C. moschata</i> + <i>Z. mays</i>	<i>H. speciosa</i> e <i>S. oleracea</i>	<i>H. speciosa</i>
<i>Hancornia speciosa</i> e <i>Syagrus oleracea</i>	3369		
<i>Hancornia speciosa</i>	3738	1218	
<i>Hancornia speciosa</i> , <i>Syagrus oleracea</i> e <i>Cucurbita moschata</i> + <i>Zea mays</i>	988	4260	4468
<b>27º Mês (setembro)</b>	<i>H. speciosa</i> e <i>C. moschata</i> + <i>Z. mays</i>	<i>H. speciosa</i> e <i>S. oleracea</i>	<i>H. speciosa</i>
<i>Hancornia speciosa</i> e <i>Syagrus oleracea</i>	3144		
<i>Hancornia speciosa</i>	2914	4226	
<i>Hancornia speciosa</i> , <i>Syagrus oleracea</i> e <i>Cucurbita moschata</i> + <i>Zea mays</i>	3663	4909	1005
<b>30º Mês (dezembro)</b>	<i>H. speciosa</i> e <i>C. moschata</i> + <i>Z. mays</i>	<i>H. speciosa</i> e <i>S. oleracea</i>	<i>H. speciosa</i>
<i>Hancornia speciosa</i> e <i>Syagrus oleracea</i>	6322		
<i>Hancornia speciosa</i>	6871	1070	
<i>Hancornia speciosa</i> , <i>Syagrus oleracea</i> e <i>Cucurbita moschata</i> + <i>Zea mays</i>	1409	6924	7289



**Figura 10** – Gráfico de dispersão modelado pela análise canônica do desdobramento dos sistemas de cultivo dentro da idade das plantas de *Hancornia speciosa*. 21º mês (março) (A); 24º mês (junho) (B); 27º mês (setembro) (C); 30º mês (dezembro) (D). Iporá, Goiás, Brasil, 2018.

**M** – Mangaba (*Hancornia speciosa*); **C** – Mangaba e Culturas anuais (*Hancornia speciosa* e *Cucurbita moschata* + *Zea mays*); **G** – Mangaba e Gueroba (*Hancornia speciosa* e *Syagrus oleracea*); **T** – Mangaba, Gueroba e Culturas anuais (*Hancornia speciosa*, *Syagrus oleracea* e *Cucurbita moschata* + *Zea mays*).

### Correlações de Pearson

Entre variáveis de grupos diferentes, houve menor número de correlações com  $r$  menores de 0,60. Dentre estas, destacam-se as correlações superiores a 0,30 (Quadro 1). Dentre os parâmetros avaliados, determinou-se correlações positivas e negativas entre as variáveis (Quadro 2). Como esperado, o diâmetro de coleto apresenta correlação positiva de 0,77 e 0,69 com altura e número de folhas das plantas de *H. speciosa*.

Não diferenciou a taxa de assimilação fotossintética (A) e apresentou correlação positiva com outros atributos relacionados as trocas gasosas, como a transpiração (E) [0,70], Condutância estomática ( $G_sW$ ) [0,64] e índice ( $A/C_i$ ) [0,97]. A eficiência no uso da água (EUA) tem correlação negativa com ( $C_iC_a$ ) de -0,90. Estes padrões de

correlações altas dentro dos grupos de parâmetros se mantêm para os demais atributos (Quadro 2).

Os atributos biométricos apresentam correlações somente com parâmetros da radiação fotossinteticamente ativa e índice CiCa proveniente das avaliações de trocas gasosas. O destaque nas correlações fica por conta dos índices de fluorescência da clorofila *a* e rendimento quântico com parâmetros de radiação fotossinteticamente ativa, principalmente nas leituras de topo de copa às 8 horas (Quadro 1). Nota-se ainda que, os pigmentos clorofila e o índice NBI correlacionam negativamente com a incidência de radiação fotossinteticamente ativa às 12 e 16 horas.

**Quadro 1** - Correlações superiores a 0,30 entre parâmetros de diferentes grupos (Fisiológicos: Trocas gasosas, fluorescência e pigmentos; ambientais e biométricos) de variáveis obtidos a partir de todos os dados combinados no experimento. Iporá, Goiás, Brasil, 2018.

r (p<0.05)	TOPO8	BASE12	TOPO12	TOPO16	DIACOLETO	ALTURA	NFOLHAS	CiCa	Fo	Fm	Fv	FmFo	FvFo	FvFm	PhiPo	PhiDo	TRoRC	DioRC	Chl	NBI
TOPO8	-	-	-	-	0,40	0,34	0,34	-	-	-	-	-0,35	-0,35	-0,35	-0,33	0,34	0,32	0,30	-	-
BASE12	-	-	-	-	-0,35	-0,38	-0,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOPO12	-	-	-	-	0,37	0,30	0,31	-	0,34	0,31	-	-	-	-	-	-	0,38	-	-0,38	-0,33
TOPO16	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	0,37	0,32	-	-	-	-	-	0,41	-	-0,39	-0,34
DIACOLETO	0,40	-0,35	0,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ALTURA	0,34	-0,38	0,30	-	-	-	-	-0,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NFOLHAS	0,34	-0,41	0,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CiCa	-	-	-	-	-	-0,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fo	-	-	0,34	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,39	-0,34
Fm	-	-	0,31	0,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fv	-	-	-	0,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FmFo	-0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FvFo	-0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FvFm	-0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PhiPo	-0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PhiDo	0,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRoRC	0,32	-	0,38	0,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,38	-0,32
DioRC	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chl	-	-	-0,38	-0,39	-	-	-	-	-0,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,38	-	-
NBI	-	-	-0,33	-0,34	-	-	-	-	-0,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,32	-	-

TOP08 – Radiação Fotossinteticamente Ativa às 8 horas, acima 10 cm do topo da copa de *H. speciosa*.

BASE12 - Radiação Fotossinteticamente Ativa às 12 horas, acima 10 cm do solo, sob a copa de *H. speciosa*.

TOPO12 - Radiação Fotossinteticamente Ativa às 12 horas, acima 10 cm do topo da copa de *H. speciosa*.

TOPO16 - Radiação Fotossinteticamente Ativa às 16 horas, acima 10 cm do topo da copa de *H. speciosa*.

DIACOLETO – Diâmetro do coleto das plantas de *H. speciosa*.

ALTURA - Altura das plantas de *H. speciosa*.

CiCa - Relação concentração interna: Concentração externa de CO<sub>2</sub>.

Fo - Fluorescência inicial

Fm - Fluorescência máxima.

Fv - Fluorescência variável.

FvFm - Eficiência quântica do PSII, quanto mais baixo maior o estresse.

PhiPo ou φPo - Índice de dissipação não fotoquímica de energia na forma de calor = rendimento quântico fotoquímico máximo de PSII.

PhiDo ou φDo - Rendimento quântico de dissipação de energia.

TRoRC - Fluxo de energia preso por centro de reação.

DioRC - Fluxo específico da dissipação de energia por centro de reação ao nível das clorofilas no complexo antena.

Chl – Índice de clorofila.

NBI – Índice determinado pela razão do índice de clorofila / índice de flavonoides.





DIACOLETO – Diâmetro do coleto das plantas de *H. speciosa*.

ALTURA - Altura das plantas de *H. speciosa*.

NFOLHAS - Número de folhas das plantas de *H. speciosa*.

A – Taxa de assimilação da fotossíntese.

E – Transpiração.

EUA – Eficiência de uso da água.

CiCa - Relação concentração interna: Concentração externa de CO<sub>2</sub>.

gsw – Condutância estomática.

ACi – Eficiência de carboxilação instantânea da eficiência de uso da água foi calculada pela relação.

Fo - Fluorescência inicial

Fm - Fluorescência máxima.

Fv - Fluorescência variável.

FmFo - Razão entre a fluorescência máxima e inicial.

FvFo - O índice de eficiência quântica do FSII ou atividade fotossintética potencial.

FvFm – Eficiência quântica do PSII, quanto mais baixo maior o estresse.

PhiPo ou  $\phi_{Po}$  – Índice de dissipação não fotoquímica de energia na forma de calor = rendimento quântico fotoquímico máximo de PSII.

Psio – Probabilidade, no tempo  $t=0$ , de um exciton aprisionado mover um elétron pela cadeia transportadora de elétrons após Qa-.

PhiEo – Índice que demonstra a probabilidade de um exciton mover um elétron pela cadeia transportadora de elétrons após a Quinona A (Qa).

PhiDo ou  $\phi_{Do}$  – Rendimento quântico de dissipação de energia.

PhiPav – Tempo para atingir a fluorescência máxima da clorofila.

PIABS – Índice de performance na base de absorção, reflete a eficiência de absorção de luz entre a captura e transferência de excitação do FSII.

ABSRC - Absorção de energia por centro de reação.

TRoRC – Fluxo de energia preso por centro de reação.

EToRC – Fluxo de transporte de elétrons por centro de reação.

DiORC - Fluxo específico da dissipação de energia por centro de reação ao nível das clorofilas no complexo antena.

Chl – Índice de clorofila.

Flav – Flavonoides.

Anth – Antocianinas.

NBI – Índice determinado pela razão do índice de clorofila / índice de flavonoides.

## DISCUSSÃO

Estudos com diferentes espécies arbóreas demonstram que a temperatura e fotoperíodo podem influenciar a germinação e fisiologia (Basler e Körner 2014). A fisiologia, portanto, é influenciada pelas condições ambientais (Pollastrini et al. 2016). Cabe ressaltar que estas condições podem ser alteradas a nível global conhecidas como mudanças climáticas, ou localmente por meio de ações antrópicas/agronômicas que não interferem globalmente no primeiro momento. Entretanto, a combinação de diversas ações pontuais produz mudanças no clima mundial.

Neste contexto, houve comportamento diferente ao longo do ano, conforme o crescimento das plantas de *H. speciosa*. Houve efeitos das condições climáticas impostas às plantas ao longo do crescimento, detectáveis por meio de análises multivariadas dos parâmetros biométricos, ambientais e principalmente relacionados a fluorescência da clorofila *a* e rendimento quântico do FSII.

A possibilidade de classificar e/ou descrever uma espécie arbórea por meio atributos fisiológicos já é conhecida (Bussotti e Pollastrini 2015; Pollastrini et al. 2016), reforçada principalmente quando associada com as técnicas de análises multivariadas (Ganopoulos et al. 2015; Pollastrini et al. 2016), com possibilidade de uso combinado e robotizado (Virlet et al. 2017).

Ressalta-se que, há possibilidades de associar a geração de serviços ambientais dos ambientes florestais, bem como promover o melhoramento vegetal em busca de cultivares que apresentam maior qualidade e produtividade (Bussotti e Pollastrini 2015; Ganopoulos et al., 2015, Virlet et al. 2017).

É esperado ganhos agronômicos no cultivo em densidades maiores e ou consorciadas a culturas anuais (*Cucurbita moschata* e *Zea mays*) e *S. oleracea*, uma vez que as plantas de *H. speciosa* não apresentam diferenciação nestas condições. Esta característica permite a exploração das culturas anuais (*Cucurbita moschata* e *Zea mays*) e *S. oleracea* no transcorrer da implantação dos pomares desta espécie arbórea frutífera nativa do Cerrado.

Como o desempenho geral de *H. speciosa* permanece inalterado, recomenda-se o cultivo consorciado e adensado, pois diversifica a flora sobre a área degradada em recuperação, que por consequência tem potencial de abrigar e alimentar maior número de animais e micro-organismos do ambiente. Visto que, a busca pela diversificação deve ser constante quando se pretende recuperar áreas degradadas.

Peng et al. (2009) descrevem que árvores de porte elevado reduz a PAR e promove a redução da fotossíntese. Estes atributos, por sua vez, são detectáveis e correlacionados aos parâmetros ambientais (Pollastrini et al. 2016). Entretanto, como as plantas de *H. speciosa* são pouco sensíveis as condições de pleno sol ou sombreamento (Palhares et al. 2010) não apresentam alterações no desempenho fotossintético. Estas características coloca a espécie em patamar de destaque, frente as outras espécies mais exigentes.

Os resultados demonstraram que não houve diferença no crescimento da *H. speciosa*, independente dos sistemas de cultivo ou densidade (Figura 7 e 8; Tabela 6 e 7). Corroborando com os resultados obtidos Rinvest et al. (2009), descrevem que o cultivo intercalar não interfere no desenvolvimento de árvores cultivadas consorciadas com cultura anuais no primeiro ano. Estes autores ainda, descrevem melhorias no desenvolvimento das árvores a partir do segundo ano, beneficiadas pela adubação empregada nas culturas anuais.

Entretanto, no presente trabalho não foi detectado efeito positivo pleno, influenciadas provavelmente pelo lento crescimento das plantas de *H. speciosa*, característica intrínseca a esta espécie. É importante destacar que, embora possa haver competição por água, nutrientes e luz nos consórcios. Arranjos que contemplem espécies, densidades e momento adequado de estabelecimento, ou seja o cultivo consorciado correto, proporcionam uso mais eficiente dos solos agricultáveis (Gao et al. 2013; Schwartz et al. 2015). Neste caso pode-se citar o ganho com o cultivo de outras espécies juntamente com *H. speciosa* durante o estabelecimento do pomar.

Saharan et al. (2018) descrevem benefícios dos consórcios por promover a biofertilização e bioirrigação. Entretanto, a densidade populacional, bem como as espécies, pode conduzir interações positivas ou negativas (Custódio et al. 2015). A fertilidade do substrato também contribuí no desenvolvimento e características biométricas de *H. speciosa* como altura e número de folhas (Silva et al. 2011).

Já Guenat et al. (2017), descrevem benefícios ao microclima associado a redução de insetos pragas. Portanto, prestando serviços ambientais aos agroecossistemas. Ressalta-se ainda que a presença de árvores nos agroecossistemas tem papel fundamental na mitigação da emissão de CO<sub>2</sub>, promovendo a produção agrossilvicultural ambientalmente correta (Hoosbeek et al. 2016).

Entretanto, há necessidade de implantar sistemas com densidade de árvores adequadas (Chander et al. 1998). Pois, Peng et al. (2009), descrevem a importância de

conhecer os efeitos das espécies que compõem os sistemas agroflorestais, visto que a competição por luz e água pode comprometer as trocas gasosas, e por consequência, os rendimentos produtivos das espécies consorciadas nestes sistemas. Portanto, é imprescindível determinar principalmente o comportamento fisiológico de espécies arbóreas de ciclo longo.

Enfatiza-se, que apenas um terço do potencial de geração de benefícios econômicos é de origem agrissilviculturais. Os principais benefícios ambientais quantificados em valores econômicos foram obtidos na melhoria da qualidade da água, qualidade do ar, sequestro de carbono e qualidade do solo (Alam et al. 2014).

Efeitos diretos no aumento na resiliência microbiana no solo podem refletir maior capacidade de resistência a seca nos cultivos agrissilviculturais (Rivest et al. 2013). Por outro lado, o índice de similaridade da biodiversidade pode ser até superior a ambientes naturais, além de cumprir papel de corredor ecológico entre os fragmentos de mata (Bhagwat et al. 2008).

Com todos estes benefícios, é de suma importância gerir os consórcios (agrossilvicultural) com objetivo de proporcionar aumento na eficiência dos agroecossistemas, sem prejuízos as espécies consortes.

A eficiência do uso da água (EUA) é o parâmetro mais expressivo no que se refere as trocas gasosas, conforme observado na análise dos componentes principais (ACP). Segundo Scalon et al. (2015), o déficit hídrico em mangabeira reduz a condutância estomática ( $g_{sw}$ ) e transpiração ( $E$ ).

A literatura demonstra que as mangabeiras têm a capacidade de melhorar sua eficiência no uso da água. Entretanto, decresce a taxa fotossintética ( $A$ ) sob condições de estresse hídrico (Scalon et al. 2015).

A taxa fotossintética, condutância estomática e eficiência instantânea do uso da água situam-se de  $4-16 \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ,  $0,040-0,700 \text{ mol}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  e  $2-13 \mu\text{mol de CO}_2 / \text{mmol de H}_2\text{O}$ , respectivamente (Palhares et al. 2010). Isto demonstra crescimento lento das espécies de Cerrado, reduzindo o peso dos parâmetros relacionados as trocas gasosas na distinção dos tratamentos impostos, devido ao comportamento C3.

Dentre as razões da *H. speciosa* manter estável seus parâmetros fisiológicos, pode-se citar sua capacidade adaptativa da abertura estomática noturna, característica esta, presente em algumas espécies do Cerrado (Palhares et al. 2010) e em plantas de ciclo CAM. Trata-se de espécie adaptada ao sol devido a economia no uso da água. Pois,

somente após 35 dias sob déficit hídrico são perceptíveis as alterações fisiológicas sobre as trocas gasosas (Scalon et al. 2015).

Segundo Nogueira et al. (2003) a transpiração de *H. speciosa* foi de 2,6 a 9,6 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>. A menor transpiração é atingida quando submetido ao cultivo em areia lavada. Já quando cultivada em solo natural, apresentam maior capacidade adaptativa, apresentando menor resistência difusa e maior transpiração.

Ressalta-se que conhecer estes parâmetros, pois pouco se sabe das espécies nativas do domínio Cerrado. Os índices de pigmentos podem fomentar a avaliação desta espécie na condução de pomares e ou revegetação de passivos ambientais.

Segundo Nascimento et al. (2016), o regime de déficit hídrico pode interferir reduzindo a produtividade. Neste caso em específico, influencia diretamente na qualidade dos vinhos produzidos com uvas, devido a composição dos pigmentos como flavonoides, antocianinas e flavonoides (Taninos). Igualmente, as antocianinas aumentam também em espécies de Cerrado no fim do período seco. Entretanto, mantiveram-se similares em condições de Cerrado aberto ou fechado (Carvalho et al. 2007). Reforçando a tese de que a *H. speciosa* é uma excelente espécie para composição de consórcios.

Ressalta-se que o aumento nos pigmentos é indicativo de proteção a produção de espécies reativas de oxigênio em condições de estresse provocados pela restrição hídrica impostas as plantas (Araújo e Deminicis 2009), expresso principalmente pelo aumento nas antocianinas.

É descrito na literatura que, sob condições de sombreamento a adaptação das folhas ocorre por meio da maior produção de clorofila, como forma de compensar a falta de luz (GHAFAR et al. 2018). Ressalta-se ainda que a intensidade de luz influencia na formação de cloroplastos, clorofilas, antocianinas e coloração das folhas (WANG et al. 2018). Estas constatações corroboram com os resultados encontrados nas correlações, bem como na capacidade de predizer os sistemas de produção de *H. speciosa* determinados pelas análises multivariadas.

Ressalta-se que os processos envolvidos na fluorescência da clorofila *a*, e rendimento quântico, são fáceis de determinar, com custo relativamente baixo. Além de serem capazes de contribuir para discriminar e determinar efeitos impostos pelas condições ambientais ou intrínsecas a espécie estudada.

Desta forma, os parâmetros obtidos são uteis, por serem sensíveis ao comportamento da interação espécie x ambiente. Visto que, danos ao complexo antena, a capacidade de absorção de energia (ABS), de aprisionamento de energia (TR), transporte

de elétrons (ET), índices de desempenho (PiABS) são sensíveis e fáceis de mensurar nas plantas quando relacionados com a absorção, captura e transferência de energia. Para Sampaio et al. (2012), é possível definir a existência de estresse provocados pelo ambiente por meio dos parâmetros fisiológicos, a exemplo do que ocorre na situação avaliada.

Há ainda, os índices relacionados com a redução do aparato fotossintético (PhiEo e PSIo) e rendimento quântico (PhiDo e PhiPo), que tornam a lista de atributos suficiente para descrever tais interações e agrupá-las corretamente.

A combinação de parâmetros utilizados versus a caracterização / discriminação dos tratamentos podem determinar os melhores caminhos a serem percorridos ao encontro da restauração de áreas degradadas com espécies nativas nos ambientes tropicais, assim como o enfrentamento da pobreza rural (Lamb et al. 2012).

Nesse sentido, os sistemas agroflorestais demonstraram ser ferramentas capazes de promover o empoderamento de comunidades gerando renda, bem como promover os usuários destas tecnologias ao status de prestadores de serviços ambientais ao planeta (Lamb et al. 2012; Brienza Junior et al. 2009).

Há, portanto, um caminho que transforma ambientes posicionados como passivos ambientais e pessoas nomeadas como “degradadores ambientais” em prestadores de serviços ambientais por meio da mitigação de passivos ambientais e a restauração dos locais em ambientes produtivos no amplo sentido da palavra.

Portanto, estes parâmetros são compostos pelo efeito da idade das plantas de *H. speciosa*. Assim, o crescimento das plantas não é interrompido durante o ensaio e contribui nos efeitos biométricos avaliados simultaneamente aos efeitos impostos pela idade das plantas nas avaliações. Há necessidade de continuidade neste trabalho para isolar efeito do crescimento e obter resultados dos efeitos de época do ano.

## CONCLUSÕES

Os parâmetros obtidos a partir das análises de fluorescência da clorofila *a* e no rendimento quântico do FSII, luz, trocas gasosas, biometria e pigmentos são suficientes para discriminar idade de *H. speciosa* por meio das análises multivariadas, e proporciona um padrão de referência a cultura, útil a expansão e avaliação de futuros pomares de *H. speciosa*.

Os parâmetros fisiológicos associados com a biometria e submetido as análises multivariadas proporciona capacidade de detectar diferenças entre o monocultivo no 21º e 30º mês de idade de *H. speciosa* quando comparada a análise univariada da biometria.

O cultivo consorciado é indicado, pois não houve prejuízos ao crescimento de *H. speciosa* no período avaliado, possibilitando a diversificação, ganhos ecológicos, econômicos e agrônômicos. Todavia, há necessidade de monitoramento dos aspectos fisiológicos e biométricos ao longo dos próximos anos.

## AGRADECIMENTOS

A todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho. Em especial, aos colaboradores terceirizados, estudantes de iniciação científica e servidores do Instituto Federal Goiano.

## FINANCIAMENTO

Apoio financeiro do CNPq (SETEC/MEC N º 17/2014 – Processo: 468549/2014-5 e MCTI/MAPA/CNPq Nº 40/2014 - Processo: 473115/2014-0) e do Instituto Federal Goiano, por meio dos Campi Rio Verde, Iporá e Polo de Inovação.

## REFERÊNCIAS

- Alam M, Olivier A, Paquette A, Dupras J, Revéret J-P, Messier C (2014) A general framework for the quantification and valuation of ecosystem services of tree-based intercropping systems. *Agroforestry Systems* 88:679-691. <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9681-x>
- Alves EP, Silva ML, Oliveira Neto SN, Barrella TP, Santos RHS (2015) Economic analysis of a coffee-banana system of a family - based agriculture at the Atlantic Forest Zone, Brazil. *Ciência e Agrotecnologia* 39:232-239. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542015000300004>
- Araújo SAC, Deminisis BB (2009) Fotoinibição da fotossíntese. *Revista Brasileira de Biociências* 7:463-472.
- Basler D, Körner C (2014) Photoperiod and temperature responses of bud swelling and bud burst in four temperate forest tree species. *Tree Physiology* 34:377–388. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpu021>
- Batalha MA (2011) O cerrado não é um bioma. *Biota Neotropica*, 11:21-24. <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/en/abstract?article+bn0XX11012011>



- Bhagwat SA, Willis KJ, Birks HJB, Whittaker RJ (2008) Agroforestry: A refuge for tropical biodiversity? *Trends in Ecology & Evolution* 23:261-267, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.01.005>
- Bisseleua DHB, Vidal S (2008) Plant biodiversity and vegetation structure in traditional cocoa forest gardens in southern Cameroon under different management. *Biodiversity and Conservation* 17:1821–1835. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9276-1>
- Brienza Junior S, Maneschy RQ, Mourão Junior M, Gazel Filho AB, Yared JAG, Gonçalves D, Gama MB (2009) Sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira: Análise de 25 anos de pesquisa. *Pesquisa Florestal Brasileira* 60:67-76. <http://dx.doi.org/10.4336/2009.pfb.60.67>
- Bussotti F, Pollastrini M (2015) Evaluation of leaf features in forest trees: methods, techniques, obtainable information and limits. *Ecological Indicators*, 52:219–230. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.12.010>
- Carvalho APF, Bustamante MMC, Kozovits AR, Asner GP (2007) Variações sazonais nas concentrações de pigmentos e nutrientes em folhas de espécies de Cerrado com diferentes estratégias fenológicas. *Revista Brasileira de Botânica* 30:19-27. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042007000100003>
- Cerovic ZG, Masdoumier G, Ghozlen NB, Latouche G (2012) A new optical leaf-clip meter for simultaneous non-destructive assessment of leaf chlorophyll and epidermal flavonoids. *Physiologia Plantarum* 146:251-260. <https://doi:10.1111/j.1399-3054.2012.01639.x>
- Chander K, Goyal S, Nandal D (1998) Soil organic matter, microbial biomass and enzyme activities in a tropical agroforestry system. *Biology and Fertility of Soils* 27:168-172. <https://doi.org/10.1007/s003740050416>
- Custódio AM, Alves EM, Paim TP, Carneiro HA, Lima Junior AF (2015) Desempenho agrônomo de consórcios entre rabanete e alface no Oeste goiano. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 10:56-60. <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v10i5.3828>
- Embrapa (2013) Sistema brasileiro de classificação do solo. 3ªed. Rev. Amp. Brasília: EMBRAPA. 353p.
- Ganopoulos I, Moysiadis T, Xanthopoulou A, Ganopoulou M, Avramidou E, Aravanopoulos FA, Eleni T, Panagiotis M, Tsafaris A, Kazantzis K (2015). Diversity of morpho-physiological traits in worldwide sweet cherry cultivars of GeneBank collection using multivariate analysis. *Scientia Horticulturae* 197:381–391. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.061>
- Gao L, Xu H, Bi H, Xi W, Bao B, Wang X, Chang Y (2013) Intercropping competition between apple trees and crops in agroforestry systems on the Loess Plateau of China. *PLoS ONE* 8:e70739. <http://doi:10.1371/journal.pone.0070739>
- Gao Y, Duan A, Sun J, Li F, Liu Z, Liu H, Liu Z (2009) Crop coefficient and water-use efficiency of winter wheat/spring maize strip intercropping. *Field Crops Research* 111:65-73. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.10.007>
- Ghaffar G, Weidinger M, Mähner B, Schagerl M, Lichtscheidl I (2018) Adaptive responses of mature giant chloroplasts in the deepshade lycopod *Selaginella*

- erythropus to prolonged light and dark periods. *Plant Cell Environment* 41:1791–1805. <http://doi:10.1111/pce.13181>
- Grau HR, Aide M (2008) Globalization and Land-Use transitions in Latin America. *Ecology and Society* 13:16. <http://www.jstor.org/stable/26267952>
- Guenat S, Kaartinen R, Jonsson M (2017) Shade trees decrease pest abundances on brassica crops in Kenya. *Agroforestry Systems* 1-12. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0159-5>
- Guimarães JCC (2008) Reabilitação de minas de bauxita em florestas nativas: “Método tradicional” versus “método ecológico”. *Informe Agropecuário* 29:30-33.
- Hoosbeek MR, Remme RP, Rusch GM (2016) Trees enhance soil carbon sequestration and nutrient cycling in a silvopastoral system in south-western Nicaragua. *Agroforestry Systems* 1-11. <https://doi.org/10.1007/s10457-016-0049-2>
- Jian Y, Xinying L, Man Z, Han L (2018) Photosynthetic rate prediction of tomato plant population based on PSO and GA. *IFAC PapersOnLine* 51-17 61–66 <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.061>
- José S (2009) Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: An overview. *Agroforestry Systems*, 76:1–10. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>
- Köppen W (1948) *Climatologia; con un Estudio de los Climas de la Tierra*. México: Fondo de Cultura Económica, 478p.
- Lamb D, Erskine PD, Parrotta JA (2005) Restoration of degraded tropical forest Landscapes. *Science* 310:1628-1632. <https://doi.org/10.1126/science.1111773>
- Marinho DG, Alviano DS, Matheus ME, Alviano CS, Fernandes PD (2011) The latex obtained from *Hancornia speciosa* Gomes possesses anti-inflammatory activity. *Journal of Ethnopharmacology* 165:530-537. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.03.059>
- Moraes TM, Rodrigues CM, Kushima H, Bauab TM Villegas W, Pellizzon CH, Brito ARMS, Hiruma-Lima CA (2008) *Hancornia speciosa*: Indications of gastroprotective, healing and anti-helicobacter pylori actions. *Journal of Ethnopharmacology* 120:161-168. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.08.001>
- Nabout JC, Magalhães MR, Gomes MAA, Cunha HF (2016) The impact of global climate change on the geographic distribution and sustainable harvest of *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae) in Brazil. *Environmental Management*, 57:814. <https://doi.org/10.1007/s00267-016-0659-5>
- Nascimento RL, Silva JAB, Bassoi LH, Pereira GE Costa BRS, Oliveira VO (2016) Trocas gasosas e composição físico-química de vinhos em função de estratégias de irrigação. *Irriga Edição Especial*:205-217. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2016v1n01p205-217>
- Nelder JA (1962) New kinds of systematic designs for spacing experiments. *Biometrics* 18:283-307. <https://doi.org/10.2307/2527473>
- Nogueira RJMC, Albuquerque MB, Silva Junior JF (2003) Efeito do substrato na emergência, crescimento e comportamento estomático em plântulas de mangabeira. *Revista Brasileira de Fruticultura* 25:15-18. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452003000100006>

- Palhares D, Franco AC, Zaidan LBP (2010) Respostas fotossintéticas de plantas de cerrado nas estações seca e chuvosa. *Revista Brasileira de Biociências* 8:213-220. <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1399>
- Peng X, Zhang Y, Jing C, Jiang Z, Zhang S (2009) Photosynthesis, growth and yield of soybean and maize in a tree-based agroforestry intercropping system on the Loess Plateau. *Agroforestry Systems* 76:569–577. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9227-9>
- Pereira AV, Pereira EBC, Silva Junior JF, Silva DB (2006) Mangaba. In: VIEIRA, R.F.; COSTA, T.S.A.; SILVA, D.B.; FERREIRA, F.R.; SANO, S.M. Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p.187-214.
- Pingali PL (2012) Green Revolution: Impacts, limits, and the path ahead. *PNAS* 109:12302–12308. <https://doi.org/10.1073/pnas.0912953109>
- Pollastrini M, Holland V, Brüggemann W, Bruelheide H, Dănilă I, Jaroszewicz B, Valladares F, Bussotti F (2016) Taxonomic and ecological relevance of the chlorophyll a fluorescence signature of tree species in mixed European forests. *New Phytologist* 212:51-65. <https://doi.org/10.1111/nph.14026>
- Pontes LM, Mendonça ES, Ferrari LT, Carneiro JJ, Silva ALMS, Cardoso IM (2011) Sistemas agroflorestais como prática de manejo em bacias hidrográficas. *Informe Agropecuário* 32:42-53.
- Ribeiro AC, Guimarães PTG, Alvarez VH (1999) Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aprox. Viçosa: CFSEMG, 359p.
- Rivest D, Cogliastro A, Oliver A (2009) Tree-based intercropping systems increase growth and nutrient status of hybrid poplar: A case study from two Northeastern American experiments. *Journal of Environmental Management* 91:432-440. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.09.013>
- Rivest D, Lorente M, Oliver A, Messier C (2013) Soil biochemical properties and microbial resilience in agroforestry systems: Effects on wheat growth under controlled drought and flooding conditions. *Science of the Total Environment* 463-464:51-60. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.05.071>
- Ronald M, Charles K (2012) Weed suppression and component crops response in maize/pumpkin intercropping systems in Zimbabwe. *Journal of Agricultural Science* 4:231-236. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v4n7p231>
- Saharan K, Schütz L, Kahmen A, Wiemken A, Boller T, Mathimaran N (2018) Finger millet growth and nutrient uptake is improved in intercropping with pigeon pea through “biofertilization” and “bioirrigation” mediated by arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria. *Frontiers Environmental Science* 6:46. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00046>
- Sampaio OM, Silva MFGF, Veigaii TAM, King-Díaziii B, Lotina-Hennsen B (2012) Avaliação de furanocumarinas como inibidores da fotossíntese através de ensaios de fluorescência da clorofila a. *Química Nova* 35:2115-2118 <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422012001100003>
- Santos LJ, Gléria AA, Custódio AM, Paim TP, Santos LC, Alves EM (2017) Produtividade de abóbora cabotiá cultivada em consórcio e monocultivo.

- Scientia Agraria Paranaensis 16:516-520. <http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v16n4p516-520>
- Scalon SPQ, Kodama FM, Dresch DM, Mussury RM, Pereira ZV (2015) Gas exchange and photosynthetic activity in *Hancornia speciosa* Gomes seedlings under water deficit conditions and during rehydration. Bioscience Journal 31:1124-1132. <http://dx.doi.org/10.14393/BJ-v31n4a2015-26088>
- Schwartz G, Ferreira MS, Lopes JC (2015) Silvicultural intensification and agroforestry systems in secondary tropical forests: A review. Revista Ciências Agrárias 58:319-326. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.1830>
- Shen Z, Penton CR, Lv N, Xue C, Yuan X, Ruan Y, Li R, Shen Q (2018) Banana *Fusarium* wilt disease incidence is influenced by shifts of soil microbial communities under different monoculture Spans. Microbial Ecology 75: 739. <https://doi.org/10.1007/s00248-017-1052-5>
- Silva EA, Oliveira AC, Mendonça V, Soares FM (2011) Substratos na produção de mudas de mangabeira em tubetes. Pesquisa Agropecuária Tropical 41:279-285. <http://dx.doi.org/10.5216/pat.v41i2.9042>
- Silva GC, Braga FC, Lemos VS, Cortes SF (2016) Potent anti hypertensive effect of *Hancornia speciosa* leaves extract. Phytomedicine 23:214-219. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2015.12.010>
- Strasser RJ, Srivastava A, Tsimilli-Michael M (2000) The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples, p.445–483. In: YUNUS, M.; PATHRE, U.; MOHANTY, P. (Eds.). Probing Photosynthesis: Mechanism, regulation and adaptation. Taylor and Francis. New York, NY, USA.
- Vieira Neto RD, Cintra FLD, Silva AL, Silva Júnior JF, Costa JLS, Silva AAG, Cuenca MAG (2002) Sistema de produção de mangaba para os tabuleiros costeiros e baixada litorânea. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 22p. (Sistemas de Produção, 02).
- Virlet N, Sabermanesh K, Sadeghi-Tehran P, Hawkesford MJ (2017) Field Scanalyzer: An automated robotic field phenotyping platform for detailed crop monitoring. Functional Plant Biology 44:143–153. <https://doi.org/10.1071/FP16163>
- Wang Y, Liu, S, Tian X, Fu Y, Jiang X, Li Y, Wang G (2018) Influence of light intensity on chloroplast development and pigment accumulation in the wild-type and etiolated mutant plants of *Anthurium andraeanum* ‘Sonate’ Plant Signaling & Behavior 13:e1482174. <https://doi.org/10.1080/15592324.2018.1482174>
- Zappi DC, et al. (2015) Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. Rodriguésia 66:1085-1113. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201566411>

## MATERIAL SUPLEMENTAR

**Tabela 1** - Constantes e coeficientes das funções lineares discriminantes dos sistemas de cultivo de *H. speciosa*. Iporá, Goiás, Brasil, 2018.

Variáveis	Funções Lineares Discriminante dos Sistema de Cultivo			
	Mangaba	Mangaba Cultura	Mangaba Gueroba	Mangaba Gueroba Cultura
Constante	-497380	-497488	-497203	-497420
Diâmetro do coleto	36,80119	36,41513	35,98844	36,84343
Altura das plantas	0,60039	0,59656	0,59880	0,59619
Número de folhas	-1,28863	-1,28889	-1,28641	-1,29216
A	-0,20810	-0,20838	-0,20838	-0,20832
E	0,11984	0,12205	0,12247	0,12129
eua	-0,01534	-0,01774	-0,01678	-0,01686
Gsw	-0,86630	-0,87167	-0,87229	-0,86869
CiCa	-8,23875	-8,26895	-8,26056	-8,22302
ACi	-0,63129	-0,62707	-0,61868	-0,62802
FMFO	0,43052	0,43324	0,42815	0,42854
FVFO	-230,18478	-231,15214	-229,89244	-230,37299
FVFM	318,44195	318,48139	317,45090	318,18823
PHIPO	185,25741	185,62748	184,44477	184,68929
PSIO	3017	3030	3011	3011
PHIEO	-2348	-2345	-2338	-2341
PHIDO	57306	57595	57262	57360
PIABS	0,10216	0,10204	0,10174	0,10226
ABSRC	-0,01828	-0,01826	-0,01818	-0,01829
TRORC	-0,04580	-0,04576	-0,04558	-0,04583
ETORC	538376	538601	538535	538467
DIORC	-535344	-535572	-535510	-535435
PHIPAV	4807	4759	4764	4767
FM	421231	421161	421013	421223
FV	21531	21522	21492	21508
FO	-21152	-21159	-21137	-21123
Base8	445648	445508	445368	445624
Topo8	12741	12750	12708	12740
Base12	-434,84557	-433,94578	-431,94548	-435,10429
Topo12	-169,36683	-169,44905	-169,31493	-169,48597
Base16	2792	2790	2784	2792
Topo16	-2723	-2714	-2713	-2718
Chl	-1185	-1183	-1183	-1186
Flav	-6,62748	-6,61879	-6,64216	-6,61099
Anth	38,00605	37,82078	37,79108	37,80256
NBI	-28,78084	-28,96358	-28,91650	-28,86820

**Tabela 2** - Constantes e coeficientes das funções lineares discriminantes das densidades populacionais de cultivo das plantas de *H. speciosa*. Iporá, Goiás, Brasil, 2018.

Variáveis	Funções lineares discriminante das densidades populacionais (árvores.ha <sup>-1</sup> )			
	403	469	603	803
<b>Constante</b>	-497851	-497959	-497864	-498120
<b>Diâm. do Coletor</b>	11,33294	11,14043	11,17913	11,07918
<b>Altura das plantas</b>	0,68993	0,69025	0,69017	0,69063
<b>Núm. de folhas</b>	-1,16890	-1,16753	-1,16836	-1,16842
<b>A</b>	-0,20077	-0,20065	-0,20099	-0,20067
<b>E</b>	0,12265	0,12234	0,12208	0,12172
<b>eua</b>	0,01875	0,01766	0,01918	0,01953
<b>Gsw</b>	-0,89220	-0,89164	-0,89094	-0,89068
<b>CiCa</b>	-4,76252	-4,76617	-4,75217	-4,65513
<b>ACi</b>	-0,75555	-0,77047	-0,77395	-0,77588
<b>FMFO</b>	0,29215	0,29621	0,29593	0,29349
<b>FVFO</b>	-189,79470	-190,32719	-190,09987	-189,72005
<b>FVFM</b>	262,68710	262,09397	262,70199	262,11033
<b>PHIPO</b>	132,78797	131,67576	132,43736	132,14290
<b>PSIO</b>	2104	2086	2087	2084
<b>PHIEO</b>	-1643	-1629	-1632	-1625
<b>PHIDO</b>	45601	45740	45627	45514
<b>PIABS</b>	0,07966	0,07983	0,07982	0,07943
<b>ABSRC</b>	-0,01425	-0,01424	-0,01424	-0,01421
<b>TRORC</b>	-0,03570	-0,03572	-0,03572	-0,03561
<b>ETORC</b>	545466	545548	545555	545721
<b>DIORC</b>	-542615	-542695	-542704	-542870
<b>PHIPAV</b>	4864	4854	4852	4860
<b>FM</b>	417580	417622	417539	417608
<b>FV</b>	22465	22473	22448	22507
<b>FO</b>	-22669	-22662	-22622	-22698
<b>Base8</b>	441573	441633	441538	441599
<b>Topo8</b>	11844	11845	11835	11850
<b>Base12</b>	-355,87367	-357,31474	-357,07628	-356,35862
<b>Topo12</b>	-169,79603	-169,78655	-169,65920	-169,86105
<b>Base16</b>	2629	2627	2626	2629
<b>Topo16</b>	-2922	-2927	-2928	-2933
<b>Chl</b>	-1128	-1129	-1128	-1127
<b>Flav</b>	-7,17169	-7,18871	-7,22902	-7,19371
<b>Anth</b>	31,45755	31,21189	31,12724	31,15816
<b>NBI</b>	-15,14938	-14,96746	-14,87045	-14,64543

**Tabela 3** – Vetores das análises canônicas e respectivos vetores nos eixos 1, 2 e 3 conforme parâmetros utilizados no desdobramento de sistema de cultivo de *Hancornia speciosa* no 21º mês (março). Iporá, Goiás, Brasil, 2018.

	Vetores		
	CV 1	CV 2	CV 3
BASE8	44,54	31,54	8,33
TOPO8	8,38	50,17	0,89
BASE12	52,90	-23,65	-72,84
TOPO12	4,38	6,59	-17,29
BASE16	70,30	-24,75	-41,17
TOPO16	36,80	-20,58	-9,67
DIACOLETO	-0,36	-0,03	-0,77
ALTURA	-2,46	1,47	-3,18
NFOLHAS	-2,92	11,88	-15,09
A	-0,24	-0,42	0,19
E	-0,11	-0,17	0,24
EUA	0,03	0,04	-0,18
CiCa	0,00	0,00	0,02
gsw	-0,01	-0,01	0,02
ACi	0,00	0,00	0,00
Fo	-104,25	-97,18	-143,76
Fm	-1278,55	-410,36	-637,01
Fv	-1174,30	-313,19	-493,25
FmFo	-0,13	0,01	0,02
FvFo	-0,13	0,01	0,02
FvFm	0,00	0,00	0,00
PhiPo	-0,01	0,00	0,00
Psio	-0,01	0,01	0,00
PhiEo	-0,01	0,00	0,00
PhiDo	0,01	0,00	0,00
PhiPav	0,00	0,00	0,00
PiAbs	-0,17	0,01	0,14
ABSRC	0,02	0,01	-0,04
TRoRC	0,00	0,01	-0,03
EToRC	-0,01	0,01	-0,01
DIoRC	0,02	0,00	-0,01
Chl	0,47	0,32	-0,01
Flav	0,00	0,01	-0,01
Anth	0,00	-0,01	-0,02
NBI	0,21	0,08	0,03

**Tabela 4** – Vetores das análises canônicas e respectivos vetores nos eixos 1, 2 e 3 conforme parâmetros utilizados no desdobramento de sistema de cultivo de *Hancornia speciosa* no 24º mês (junho). Iporá, Goiás, Brasil, 2018.

	Vetores		
	CV 1	CV 2	CV 3
BASE8	-36,02	-34,22	-29,23
TOPO8	-6,28	-17,49	-39,53
BASE12	-74,14	-43,58	13,06
TOPO12	3,56	-11,85	6,51
BASE16	-4,55	-26,36	35,20
TOPO16	9,66	-8,83	28,96
DIACOLETO	0,52	-0,34	-1,16
ALTURA	1,41	-2,01	-4,15
NFOLHAS	13,07	-9,54	-8,79
A	-0,11	0,18	-0,54
E	-0,05	0,01	-0,09
EUA	0,01	0,12	-0,01
CiCa	0,00	-0,01	0,00
gsw	0,00	0,00	0,00
ACi	0,00	0,00	0,00
Fo	-41,70	5,36	-494,27
Fm	-1282,73	-371,42	-500,30
Fv	-1241,03	-376,78	-6,04
FmFo	-0,11	-0,03	0,18
FvFo	-0,11	-0,03	0,18
FvFm	-0,01	0,00	0,02
PhiPo	-0,01	0,00	0,02
Psio	-0,01	-0,01	0,02
PhiEo	-0,01	0,00	0,02
PhiDo	0,00	0,00	-0,02
PhiPav	0,00	0,00	0,00
PiAbs	-0,17	0,04	0,13
ABSRC	0,02	0,02	-0,18
TRoRC	0,01	-0,01	-0,05
EToRC	-0,01	-0,02	0,01
DIoRC	0,01	0,03	-0,13
Chl	0,20	1,19	0,49
Flav	-0,02	0,01	0,02
Anth	0,01	-0,01	-0,01
NBI	0,17	0,50	0,13



**Tabela 5** – Vetores das análises canônicas e respectivos vetores nos eixos 1, 2 e 3 conforme parâmetros utilizados no desdobramento de sistema de cultivo de *Hancornia speciosa* no 24º mês (setembro). Iporá, Goiás, Brasil, 2018.

	Vetores		
	CV 1	CV 2	CV 3
BASE8	77,14	47,18	17,96
TOPO8	15,34	10,38	24,76
BASE12	127,88	120,74	-71,29
TOPO12	42,97	-19,64	36,67
BASE16	87,79	72,76	-35,45
TOPO16	9,74	-2,84	-39,66
DIACOLETO	-0,61	-0,19	0,13
ALTURA	0,68	-1,00	1,39
NFOLHAS	-4,02	-17,31	-7,86
A	-0,40	-0,26	-0,91
E	-0,17	0,02	-0,07
EUA	0,00	-0,17	-0,18
CiCa	0,00	0,01	0,01
gsw	-0,01	0,00	0,00
ACi	0,00	0,00	0,00
Fo	-113,67	-589,81	-400,13
Fm	-566,10	125,58	-1553,49
Fv	-452,43	715,39	-1153,37
FmFo	0,00	0,10	-0,10
FvFo	0,00	0,10	-0,10
FvFm	0,00	0,02	0,00
PhiPo	0,00	0,02	0,00
Psio	0,00	0,02	0,00
PhiEo	0,00	0,02	-0,01
PhiDo	0,00	-0,02	0,00
PhiPav	0,00	0,00	-0,01
PiAbs	0,03	0,06	-0,09
ABSRC	-0,01	-0,32	-0,08
TRoRC	0,00	-0,04	-0,02
EToRC	-0,01	0,02	-0,01
DIoRC	0,00	-0,28	-0,06
Chl	-0,26	-1,52	-0,91
Flav	-0,02	0,01	-0,01
Anth	-0,01	0,02	0,01
NBI	-0,10	-0,79	-0,45

**Tabela 6** – Vetores das análises canônicas e respectivos vetores nos eixos 1, 2 e 3 conforme parâmetros utilizados no desdobramento de sistema de cultivo de *Hancornia speciosa* no 30º mês (dezembro). Iporá, Goiás, Brasil, 2018.

	Vetores		
	CV 1	CV 2	CV 3
BASE8	1,95	-82,24	-15,80
TOPO8	20,70	-46,11	23,54
BASE12	9,15	-37,27	-29,13
TOPO12	10,89	0,91	13,13
BASE16	-26,48	-11,89	-102,78
TOPO16	-30,76	-20,70	-12,00
DIACOLETO	0,99	0,00	1,94
ALTURA	6,00	1,61	13,92
NFOLHAS	7,70	-0,95	76,28
A	0,36	-0,59	-0,20
E	0,04	-0,09	-0,37
EUA	0,01	0,00	0,42
CiCa	0,00	0,00	-0,03
gsw	0,00	-0,01	-0,02
ACi	0,00	0,00	0,00
Fo	80,83	317,89	636,21
Fm	-270,22	2647,72	487,87
Fv	-351,04	2329,83	-148,34
FmFo	0,01	0,15	-0,12
FvFo	0,01	0,15	-0,12
FvFm	0,00	0,02	-0,01
PhiPo	0,00	0,02	-0,01
Psio	-0,01	0,02	-0,01
PhiEo	0,00	0,02	-0,01
PhiDo	0,00	-0,02	0,01
PhiPav	0,00	0,00	0,00
PiAbs	0,09	0,08	-0,05
ABSRC	-0,60	-0,82	-0,44
TRoRC	-0,03	0,00	0,00
EToRC	-0,03	0,05	-0,03
DIoRC	0,00	-0,11	0,02
Chl	0,48	0,60	-0,20
Flav	-0,40	-0,51	-0,31
Anth	-0,23	-0,29	-0,19
NBI	0,12	0,13	-0,25

## CAPÍTULO II

(Normas de acordo com a revista: Renewable Agriculture and Food Systems - A2)

### **CULTIVO DE *Cucurbita maxima* E *Cucurbita moschata* PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA EM SISTEMAS AGROSSIVICULTURAIS**

## CULTIVO DE *Cucurbita maxima* E *Cucurbita moschata* PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA EM SISTEMAS AGROSSILVICULTURAIS

Estenio Moreira Alves<sup>1</sup>; Fabiano Guimarães Silva<sup>2</sup>; Adriano Perin<sup>2</sup>;  
Lucas Jorge dos Santos<sup>3</sup>; Oséias do Nascimento Ramos<sup>4</sup>; Flavio Lopes Claudio<sup>5</sup>;  
Jéssica L. Sales Silva<sup>4</sup>; Guido Calgaro Junior<sup>5</sup>; Darliane de Castro Santos<sup>2</sup>

### Resumo

A produção de culturas de ciclo anual tem grande potencial de composição de sistemas agrossilviculturais. Tecnologia está amplamente utilizada, principalmente durante o estabelecimento das espécies arbóreas, pois proporciona ganhos agroecômicos, ambientais e socioculturais aos envolvidos. Desta forma, objetivou-se avaliar o desempenho fitotécnico de abóboras/morangas (*Cucurbita moschata* e *Cucurbita maxima*) cultivadas em sistemas agrossilviculturais consorciadas com mangabeiras (*Hancornia speciosa* Gomes), e consorciadas com *H. speciosa* e gueroibeiras (*Syagrus oleracea* Mart. (Becc.)), nos primeiros três anos de recuperação de área degradada (RAD) do domínio Cerrado. Os tratamentos foram dispostos em quatro densidades populacionais de *H. speciosa* (403, 469, 603 e 803 árvores por hectare). Para cada árvore de *H. speciosa* cultivou-se quatro plantas de *Cucurbita* sp. no período de seca, entre setembro e dezembro de cada ano. Houve efeitos lineares negativos sutis sobre os parâmetros fitotécnicos das cucurbitas cultivadas. Entretanto, não houve efeitos sobre a produtividade (Mg.ha<sup>-1</sup>). Este comportamento aconteceu pela compensação no número de plantas cultivadas por hectare. Assim, foi possível cultivar *Cucurbita* nos primeiros anos de implantação de pomares de *H. speciosa* com ou sem *S. oleracea*. Reitera-se que a mudança de espécie / cultivar menos exigente para mais exigente do 1º ano para o 2º e 3º ano, reflete declínio de produtividade. É, portanto, necessário uso de cultivares rústicas e adaptadas nos primeiros anos de recuperação de áreas degradadas. Todavia, há necessidade de

---

<sup>1</sup> Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, Pesquisador no Instituto Federal Goiano, Campus Iporá. Iporá, Goiás, Brasil. e-mail: [estenio.moreira@ifgoiano.edu.br](mailto:estenio.moreira@ifgoiano.edu.br)

<sup>2</sup> Professor, Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde. Rio Verde, Goiás, Brasil. e-mail: [fabiano.silva@ifgoiano.edu.br](mailto:fabiano.silva@ifgoiano.edu.br)

<sup>3</sup> Discente do programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia, Instituto Federal Goiano.

<sup>4</sup> Estudantes de Graduação, Instituto Federal Goiano, Campus Iporá.

<sup>5</sup> Pesquisador, Instituto Federal Goiano, Campus Iporá.

monitoramento e manejo com vistas a maximizar o desempenho biológico e reduzir os efeitos de competição inter e intraespecífica nos próximos anos. A produtividade de morangas/abóboras não foi influenciada pelo sistema agrossilviculturais composto por *H. speciosa* e *S. oleracea* nas densidades de 403 a 803 árvores por hectare de mangabas. Conclui-se que, os sistemas agrossilviculturais em aleias compostas por morangas/abóboras (*C. maxima* / *C. moschata*) com *H. speciosa* e *S. oleracea*, contribuiu com a recuperação de áreas degradadas, prestando serviços ambientais, econômicos e sociais. Visto que, a produtividade evolui ao longo dos anos, caracterizando o processo de recuperação da área degradada, sem prejuízo ao crescimento de *H. speciosa* e de *S. oleracea*.

**Palavras-chave:** *Cucurbita*; *Hancornia speciosa*; *Syagrus oleracea*; produtividade; Consórcio.

*Cucurbita maxima* AND *Cucurbita moschata* CROPP IN DEGRADED LAND  
RECOVERY IN AGROFORESTRY SYSTEMS

**Abstract**

The annual cycle crops production has great potential for agroforestry systems composition. Technology is widely used, mainly during the establishment of tree species, as it provides agroeconomic, environmental and socio-cultural gains to those involved. The objective of this study was to evaluate the breeding performance of pumpkins / squash (*Cucurbita moschata* and *Cucurbita maxima*) cultivated in agroforestry systems associated with mangabeiras (*Hancornia speciosa* Gomes) and intercropped with *Hancornia speciosa* and guerebeiras (*Syagrus oleracea* Mart. (Becc.)) in the first three years used in the degraded area recovery (DAR) of the Cerrado domain. The treatments were arranged in four population densities of *H. speciosa* (403, 469, 603 and 803 trees per hectare). For each *H. speciosa* tree, four *Cucurbita* spp. Plants were grown in the dry period between september and december of each year. There were negative linear effects on the phytotechnical parameters of cultivated Cucurbitas. However, it has no effect on productivity (Mg.ha<sup>-1</sup>). This behavior occurs due to compensation in the number of plants per hectare cultivated. Thus, it is possible to cultivate Cucurbitas in the first years of implantation of *H. speciosa* orchards with or without *S. oleracea*. It is reiterated that the shift from less demanding to more demanding species from the first year to the second and third year reflects a decline in productivity. It is therefore necessary to use rustic and adapted cultivars in the first years of degraded areas recovery. However, there is a need for monitoring and management with a view to maximizing biological performance and reducing the effects of inter- and intra-specific competition in the coming years. It is concluded that the cultivation in agroforestry systems in alleys composed of squash / pumpkins (*C. maxima* and *C. moschata*) with *H. speciosa* and *S. oleracea* was able to contribute to the degraded areas recovery, providing environmental, economic and social services. The productivity increases over the years in the recovery process of the degraded area, without harming the development of *H. speciosa* and *S. oleracea*. It is concluded that squash / pumpkin productivity is not influenced by the agroforestry system composed by *H. speciosa* and *S. oleracea* at densities of 403 to 803 trees per hectare of *H. speciosa*.

**Key words:** *Cucurbita*; *Hancornia speciosa* Gomes; Intercropping; Productivity; *Syagrus oleracea* Mart. (Becc.).

## INTRODUÇÃO

A ciência demonstra há tempos que sistemas de cultivos consorciados de abóboras tendem a serem mais eficientes no manejo na fertilidade, na redução de pragas e doenças com ganhos significativos em produtividade dos sistemas produtivos (Risch, 1980; Du *et al.*, 2010; Bridgewater, 2012). Ressalta-se ainda que, arranjos que privilegie a complementariedade de diferentes sistemas radiculares proporcionam harmonia no uso da fertilidade do solo sem competição entre espécies companheiras (Postma e Lynch, 2012).

Entretanto, sistemas alicerçados em pousio por longos períodos não atendem as demandas crescentes de alimentos no mundo, a exemplo do “MILPAS” (sistemas de produção pré-colombiano praticado do México ao Chile, que consiste no cultivo consorciado de milho, abóbora e feijão) (Bridgewater, 2012). No entanto, o emprego e intensificação de sistemas agroflorestais proporcionam simultaneamente ao cultivo de plantas anuais as contribuições na reciclagem de nutrientes, sombreamento, redução na velocidade do vento, abrigo para inimigos naturais dentre outros serviços ambientais proporcionados pela presença de árvores em suas mais variadas formas (Alam *et al.*, 2014; Bhagwat *et al.*, 2008; Nath *et al.*, 2016).

Por outro lado, o processo de recuperação de áreas degradadas (RAD) normalmente é caro, pouco produtivo e demorado. De acordo com Macedo *et al.* (2008), o uso de leguminosas recuperou em termos de estoques de C e N no solo passados 13 anos, com taxa de acúmulo anual de 1,73 e 0,13 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> de carbono e nitrogênio, respectivamente.

Dentre os princípios fundamentais de recuperação, sabe-se que quanto mais biodiverso, maior a estabilidade do sistema, e mais variadas são as funções de cada espécie. Cita-se as contribuições de *Pinus massoniana* (L.) e *Dicranopteris dichotoma* ((Thunb.) Berhn.) em diferentes momentos durante a RAD, propiciando aumento da matéria orgânica do solo (MOS), a disponibilidade de fósforo e aumento nos teores de nitrogênio (Lyu *et al.*, 2019).

No processo de RAD, as espécies utilizadas compõem um dos fatores fundamentais. A mangabeira [*Hancornia speciosa* (Gomes)] produz frutos de grande aceitação pelo mercado consumidor (Pereira *et al.*, 2006; Santos *et al.*, 2017). Frutífera pertence à família Apocynaceae, árvore de porte médio, produtora de látex, cujo fruto é



denominado de “mangaba”. Palavra esta, cujo significado é “coisa boa de comer” na língua Tupi-Guarani (Vieira Neto *et al.*, 2002).

A *H. speciosa* é espécie nativa da América do Sul, no Brasil está presente em diferentes biomas, desde o nível do mar a 1500 m de altitude. Tem grande potencial de uso, graças sua amplitude adaptativa. Sabe-se que o extrato das folhas da mangaba possui propriedades anti-hipertensiva (Silva *et al.*, 2016). Propriedades antibacteriana sobre *Helicobacter pylori* e gastroprotetivas também são remetidas a mangabeira (Moraes *et al.*, 2008).

Já a gueroeira [*Syagrus oleracea* Mart. (Becc.)] é uma espécie nativa com ampla distribuição nos biomas brasileiros, com predominância nas regiões centrais de Cerrado. Está palmácea pertence à família Arecaceae, produz palmito amargo, castanhas, folhas e recursos madeireiros. Suas folhas e coprodutos possuem potencial forrageiro (Oliveira *et al.*, 2015), além de fornecer matéria-prima para produção de cosméticos, construções e alimentos (Castanhas e palmito) (Silva-Cardozo *et al.*, 2017), explorada amplamente por populações tradicionais nos Cerrados brasileiros.

O uso da gueroeira em sistemas agroflorestais, ou mesmo a produção em monocultivo, tem demonstrado bons resultados econômicos. Entretanto, há necessidade e potencial de seleção dos genótipos mais produtivos, visto que ainda há variabilidade nos recursos genéticos (Reis *et al.*, 2017) e de espécies (Noblick, 2017).

Frente a demanda crescente sobre o planeta por alimentos, fibras, energia e serviços socioambientais, associada a acirrada concorrência das atividades por áreas disponíveis (Popp *et al.*, 2014), são necessárias alternativas tecnológicas capazes de recuperar áreas degradadas em todas as partes do mundo.

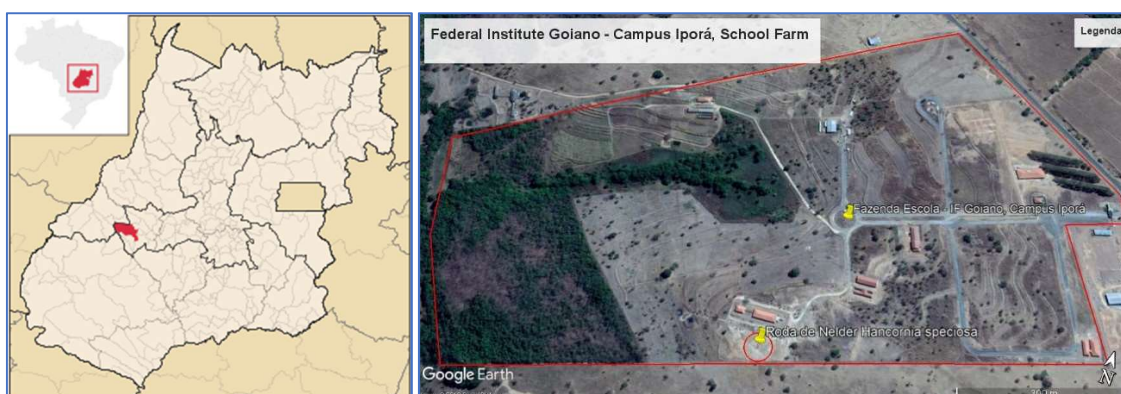
Embora as pesquisas tenham promovido melhoras nos agroecossistemas, a aplicação e capacidade diante do crescimento das demandas ainda representam riscos a capacidade dos solos agrícolas do planeta serem insuficiente (FAO, 2017). Há também a necessidade de conservar a biodiversidade de espécies nativas como *H. speciosa* (Fajardo *et al.*, 2018) e *S. oleracea*, devido ao grande potencial de uso e qualidade nutricional (Coimbra e Jorge, 2011).

Assim, objetivou-se avaliar o desempenho fitotécnico de abóboras/morangas (*Cucurbita moschata* e *Cucurbita maxima*) cultivadas em sistemas agrossilviculturais consorciadas com *Hancornia speciosa* e *Syagrus oleracea* nos primeiros três anos de recuperação de área degradada do domínio Cerrado.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local

O ensaio foi desenvolvido na Fazenda Escola do Instituto Federal Goiano, Campus Iporá, localizado nas coordenadas 15°25'38,55" S e 51°09'11,55" W a 588 m de altitude (Figura 1).



**Fig. 1.** Imagem do Brasil com destaque para município de Iporá, no estado de Goiás (esquerda) e imagem de satélite da área experimental no período de implantação da “Roda de Nelder”, 2 de agosto de 2016.

Fontes: Wikipedia, 2019 e Google Earth, 2016.

### Preparo inicial

O solo da área experimental foi retirado para uso em obras de terraplanagem, restando apenas o subsolo pobre em fertilidade e inóspito de vegetação a uma profundidade de aproximadamente 0,60. A revegetação desta área degradada foi limitada ao grau de degradação imposto pela exploração a que foi destinada o solo. O tipo do solo é classificado como CAMBISSOLO (EMBRAPA 2013).

A caracterização físico-química do perfil do solo da área antes da alteração nas camadas 0,00-0,20, 0,21-0,40 e 0,41-0,80 encontram-se nas tabelas 1 e 2. A retirada das camadas de solo limita a capacidade produtiva, conforme demonstrado nos atributos químicos da camada 0,41 a 0,80 m remanescentes na área utilizada.

O solo foi preparado inicialmente com duas operações de gradagem intermediária (Discos de 28”), intercaladas por uma operação de calagem (1,8 Mg.ha<sup>-1</sup> - Calcário Dolomítico) e uma de gessagem (200 Kg.ha<sup>-1</sup> – Sulfato de Cálcio) conforme necessidades de correção do solo adaptado de Ribeiro *et al.* (1999).

**Tabela 1** - Caracterização dos atributos físico-químicos e macronutrientes do solo da área. Iporá, Goiás, 2016.

Perfil (m)	MO	Argila	Silte	Areia	pH (ClCa)	Ca	Mg	Al	H	CTC	P*	K	Na	S
	g.Kg <sup>-1</sup>					cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>					mg.dm <sup>-3</sup>			
0,00-0,20	16,0	230,0	130,0	640,0	4,7	2,6	0,6	0,1	4,1	7,75	58	136	3	6
0,21-0,40	7,0	270,0	170,0	560,0	4,2	0,9	0,2	1,5	1,9	4,62	3	48	1	7
0,41-0,80	10,0	500,0	300,0	200,0	4,2	0,5	0,2	1,0	2,8	4,60	2	40	3	4

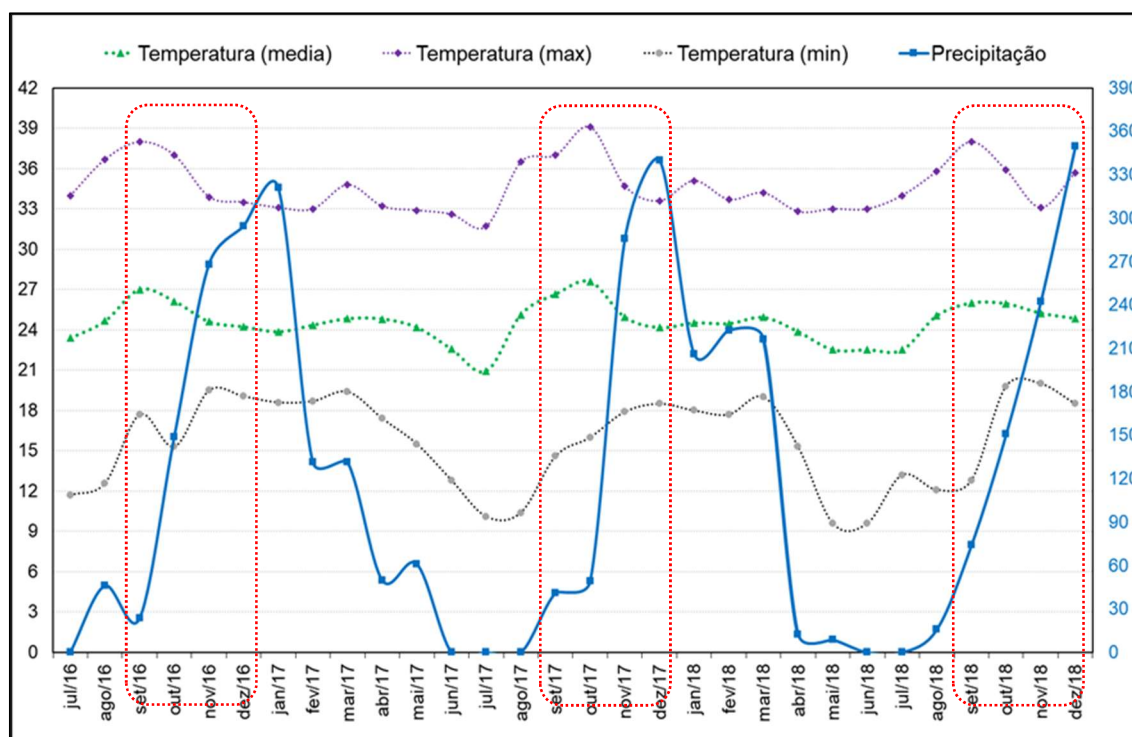
\* Melich I.

**Tabela 2** - Caracterização da relação Ca:Mg, saturação por alumínio (M), saturação de bases (V), saturação por (Ca, Mg e K) e micronutrientes do solo da área. Iporá, Goiás, 2016.

Perfil (m)	Relação Ca:Mg	M	V	Ca	Mg	K	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		%					mg.dm <sup>-3</sup>				
0,00-0,20	4,3	3,0	46,0	33,8	7,8	4,5	0,2	1,3	27,0	70,0	4,9
0,21-0,40	4,5	55,0	27,0	19,6	4,3	2,7	0,1	1,1	11,0	20,0	0,6
0,41-0,80	2,5	55,0	17,0	10,9	4,3	2,2	0,3	1,1	10,0	10,0	0,3

### Condições ambientais

O regime climático da região é caracterizado com Aw (Köppen, 1948). As temperaturas máxima, mínima, média e a precipitação do período foram registradas pela estação meteorológica automática A028 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (Figura 2).



**Fig. 2.** Temperaturas máximas, mínimas, médias atingidas e volume acumulado de precipitação entre julho de 2016 a dezembro de 2018. Fazenda Escola, Instituto Federal Goiano, Campus Iporá, Iporá-GO, Brasil.

..... Períodos correspondente a presença dos cultivos de moranga/abóboras nos sistemas agrossilviculturais.

### Manejos de cultivo das morangas / abóboras

O cultivo da moranga (*Cucurbita maxima*) acesso ‘AC18 IFGOIANO’ foi realizado no 1º ano, seguido nos próximos anos (2º e 3º) pelo cultivo de abóbora (*Cucurbita moschata*) cultivar comercial ‘Bahiana Tropical’. Utilizou-se acesso do banco ativo de Germoplasma do Instituto Federal Goiano, Campus Iporá por se tratar de material rústico. A partir do segundo ano, adotou-se o cultivar comercial com objetivo de melhorar o potencial produtivo.

As *Cucurbita* spp. foram semeadas em bandejas plásticas com células cônicas de 3,6 x 7,4 cm - 50 cm<sup>3</sup>, transplantadas para o campo 10 dias após o semeio.

As covas de cultivos foram de 0,2 x 0,2 x 0,2 m adubadas no plantio com 5 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> de composto orgânico (Quadro 1) e 482 Kg.ha<sup>-1</sup> do fertilizantes formulado (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) 4-30-10, adaptado de Ribeiro *et al.* (1999). A distribuição da adubação de plantio foi estabelecida conforme a dose preconizada por hectare, dividida entre o número de covas por hectare de cada densidade populacional.

**Quadro 1.** Composição química média do composto orgânico utilizado na adubação de base das Moranga/Abóboras. Iporá, Goiás, Brasil, 2016.

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P	K	Ca	Mg
2,40%	1,40%	0,62%	0,83%	2,35%	0,42%

As adubações, de cobertura foram realizadas no 28º e 42º dia após o semeio das *Cucurbita* spp., distribuídos manualmente no entorno da plantas a 10 cm. Aplicou-se 100 Kg.ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 30-0-20 (N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O) e 100 Kg.ha<sup>-1</sup> de ureia (46% N) na 1ª e 2ª cobertura, respectivamente (Ribeiro *et al.*, 1999).

As morangas e abóboras foram irrigadas por meio de sistema de irrigação localizada (gotejamento), manejada por leituras de tensiômetros (Marouelli *et al.*, 1996).

Não foi realizado aplicações de fungicidas, herbicidas e inseticidas durante o cultivo. Para o manejo das plantas espontâneas, realizou-se capinas manuais no 14º dia após o transplântio.

### Avaliações fitotécnicas

As colheitas foram realizadas quando os frutos da moranga/abóboras atingiram maturação. Oportunamente, determinou-se a produtividade por área (Kg.ha<sup>-1</sup>) e por planta (Kg.planta<sup>-1</sup>). Os frutos foram pesados, determinando a massa média (Kg), comprimento (cm) e diâmetro (cm) dos frutos. Quantificado o número de frutos, foi possível determinar a prolificidade (frutos.planta<sup>-1</sup>). Foram utilizados régua, dinamômetros e paquímetros.

Avaliou-se os aspectos biométricos das mangabeiras e gueroberas, determinando o diâmetro do coleto (mm), altura das plantas (m) e número de folhas (unidades), 30 meses após transplântio para o campo (dezembro de 2018).

### Arranjo experimental

As parcelas experimentais foram alocadas em dez raios dispostos de forma equidistantes, agrupando em seis circunferências (Aléias), em roda de Nelder (Nelder, 1962), formando as densidades populacionais previamente calculadas e modeladas para o referido experimento. A circunferência interna e a externa formadas no arranjo são as bordaduras.

As circunferências internas (Quadro), proporcionaram quatro arranjos equivalentes as densidades populacionais modelada de 403, 469, 603 e 803 árvores.ha<sup>-1</sup> de mangabeiras (*H. speciosa*). Oportunamente, avaliou-se dois sistemas

agrossilviculturais: 1º – Mangaba consorciada com moranga/abóboras e 2 – Mangaba consorciada com guerobas e moranga/abóboras.

Os tratamentos foram agrupados em: Dois sistemas agrossilviculturais, quatro densidades populacionais e duas épocas (2º e 3º ano de cultivo de abóboras), formando esquema fatorial 2x4x2. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso (DBC), com cinco repetições (Raios).

No sistema agrossilvicultural com *S. oleracea* foram dispostas 1608, 1693, 1851 e 2032 plantas da palmeira guerobeira por hectare nas densidades populacionais 403, 469, 603 e 803 de árvores de *H. speciosa* por hectare, respectivamente.

As guerobeiras foram dispostas entre as plantas de mangabeiras, formando linhas de cultivo de mangabas e guerobas, espaçadas na linha a 1,0 metro entre plantas.

As morangas/abóboras foram em ambos os sistemas agrossilviculturais cultivadas na proporção de quatro plantas para cada árvore de *H. speciosa*, dispostas equidistantes a 1,0 m uma das outras no entorno da mangabeira. Desta maneira, o estande final das morangas/abóboras foi de 1612, 1876, 2412 e 3212 plantas por hectare nas densidades populacionais 403, 469, 603 e 803 árvores de mangaba, respectivamente.

### **Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste “F” ( $p \leq 0,05$ ). Quando significativos, aplicou-se o teste “t” ( $p \leq 0,05$ ) com objetivo de distinguir os efeitos dos tratamentos indicados pelo teste “F”. Para as densidades populacionais de cultivo, realizou-se a ANAVA. Havendo efeito, realizou-se o desdobramento dos tratamentos com propósito de determinar efeito linear e quadrático.

### **RESULTADOS**

Os dois sistemas agrossilviculturais avaliados não apresentam diferenças para os atributos biométricos das mangabeiras (*H. speciosa*) aos 30 meses de idade. O diâmetro, comprimento e número de folhas médio das plantas foram 23,98 mm, 0,81 m e 196 folhas, respectivamente. Não houve efeito linear ou quadrático das densidades populacionais sobre o crescimento das mangabeiras (*H. speciosa*).

As guerobeiras apresentaram diâmetro do coleto e altura de plantas de 31,63 mm e 1,01 m, respectivamente. Houve efeitos lineares decrescentes sutis apenas para o número de folhas {Número de folhas =  $14,405395 - 0,004026.x$  \*} ( $R^2=79,74\%$ ),

considerando as densidades populacionais adotadas para gueroqueira (*S. oleracea*) nos sistemas.

Nas safras 2017 e 2018, que representam as épocas de cultivo avaliadas, influenciaram todos os atributos fitotécnicos avaliados das abóboras. Em linhas gerais, houve comportamento inferior, mediano e superior no 2º, 1º e 3º ano de cultivo, respectivamente (Tabela 3). Há inversão no comportamento da prolificidade ao longo dos anos influenciados principalmente pela característica do genótipo cultivado no 1º ano.

**Tabela 3.** Índices fitotécnicos de moranga/abóboras (*Cucurbita maxima* e *Cucurbita moschata*) cultivadas na entressafra dos primeiros três anos de recuperação da área degradada via sistemas agrossilviculturais. Iporá, Goiás, Brasil, 2016-2018

Variáveis fitotécnicas	Épocas de Cultivo		
	1º Ano - 2016 (Moranga)*	2º Ano - 2017 (Abóbora)	3º Ano - 2018 (Abóbora)
Massa dos frutos (Kg)	0,64	0,25 b	1,63 a
Produtividade (Kg.planta <sup>-1</sup> )	1,20	0,18 b	1,66 a
Produtividade (Mg.ha <sup>-1</sup> )	2,67	0,37 b	3,42 a
Comprimento dos frutos (cm)	11,05	2,08 b	12,29 a
Diâmetro dos frutos (cm)	9,50	3,20 b	14,37 a
Prolificidade (frutos.planta <sup>-1</sup> )	2,01	0,36 b	0,99 b

Letras diferentes na linha representam diferenças aferidas pelo teste “t” p<0,05.

\* Morangas não comparada pela análise estatística a abóboras cultivadas no 2º e 3º ano.

É perceptível pelos resultados que a área aumenta a produtividade do 2º para o 3º ano, indicativo agrônomo importante, que remete as melhorias diretas da capacidade produtiva do solo em processo de recuperação.

O ganho nos índices biométricos e fitotécnicos foram expressivos. Elevou-se 275% para prolificidade e multiplicou-se a produtividade por planta em 9,22 vezes (Tabela 3). Os sistemas de cultivo não influenciaram os índices fitotécnicos do cultivo de morangas/abóboras, exceto para diâmetro dos frutos (Tabela 4).

**Tabela 4.** Índices fitotécnicos de abóboras (*Cucurbita moschata*) cultivadas na entressafra dos primeiros três anos de recuperação da área degradada via sistemas agrossilviculturais. Iporá, Goiás, Brasil, 2017-2018

Variáveis fitotécnicas	Sistemas de Cultivo	
	Mangaba + Abóboras	Mangaba + Gueroba + Abóboras
Massa dos frutos (Kg)	0,90 a	0,99 a
Produtividade (Kg.planta <sup>-1</sup> )	0,91 a	0,93 a
Produtividade (Mg.ha <sup>-1</sup> )	1,90 a	1,90 a
Comprimento dos frutos (cm)	6,85 a	7,52 a
Diâmetro dos frutos (cm)	7,85 a	9,71 a
Prolificidade (frutos.planta <sup>-1</sup> )	0,69 a	0,69 a

Letras diferentes na linha representam diferenças aferidas pelo teste “t” p<0,05.

As densidades populacionais exerceram efeitos lineares negativos sobre os parâmetros fitotécnicos, exceto para produtividade por área cultivada (Mg.ha<sup>-1</sup>) (Tabela 5). Portanto, a redução dos parâmetros fitotécnicos ao nível de planta e frutos não foram suficientes para atingir a produtividade final por hectare.

**Tabela 5.** Efeitos quantitativos sobre os índices fitotécnicos de abóboras (*Cucurbita moschata*) cultivadas sob diferentes densidades populacionais de *H. speciosa*. Iporá, Goiás, Brasil, 2016-2018

Variáveis fitotécnicas	Coeficientes da equação		R <sup>2</sup>	P
	a	b		
Massa (Kg)	1,543818	-0,001056	80,23 %	0,001
Produtividade (Kg.Planta <sup>-1</sup> )	2,085655	-0,002047	68,10 %	0,001
Produtividade (Mg.ha <sup>-1</sup> )	-	-	-	ns
Comprimento (cm)	9,987365	-0,004918	67,50 %	0,025
Diâmetro (cm)	12,583938	-0,006669	75,96 %	0,050
Prolificidade (frutos.planta <sup>-1</sup> )	1,178018	-0,000889	69,00 %	0,011

Em média, a produtividade foi de 1,77, 2,72, 1,51 e 1,60 Mg.ha<sup>-1</sup> nas densidades 403, 469, 603 e 803 plantas de *H. speciosa* por hectare, respectivamente. Não houve efeito quadrático para as variáveis fitotécnicas avaliadas.



## DISCUSSÃO

Não houve diferenças nos atributos biométricos das plantas de *H. speciosa* quando cultivada com *S. oleracea* ou com *S. oleracea* e *Cucurbita* sp., denotando-se capacidade adaptativa à consorciação. Embora apresente crescimento lento, a *H. speciosa* são plantas rústicas com potencial adaptativo (Uhlmann *et al.*, 2018) e propriedades biomedicinais (Moraes *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2016), além do potencial produtivo de abóboras produzirem frutos de qualidade (Santos *et al.*, 2017).

Desta forma, recomenda-se a escolha do sistema agrossilvicultural mais biodiverso, composto pelas três espécies avaliadas. Assim, espera-se explorar com mais maestria os benefícios provenientes deste método prestador de serviços sociais, econômicos, ambientais e produtor de alimentos.

Não houve competição nas densidades populacionais mais elevadas, mesmo quando consorciadas com *S. oleracea*. Estes sistemas mais densos e biodiversos permitem desbastes futuros, bem como compensações com eventuais perdas durante a implantação.

Por outro lado, os desbastes referidos culminam com a colheita. Assim, plantas tenham condições de produzirem palmitos comerciais podem ser retidas dos sistemas como ferramenta de manejo. Ressalta-se ainda, que o cultivo entre as plantas de *H. speciosa* nas linhas promove a competição na linha. Entretanto, disponibilizam área passíveis de serem cultivadas com culturas anuais nas entre linhas, a exemplo do cultivo de moranga/abóboras na entressafra.

A massa média dos frutos das morangas/abóboras foi influenciada pela época de cultivo. Sabe-se, que esta característica pode ser influenciada também pela eficiência no uso da água disponível (Fandika *et al.*, 2011). É importante ressaltar que o desenvolvimento das demais espécies consorciadas com a abóbora é beneficiada com a redução da evaporação de água no solo, e consequente eficiência no uso da água por unidade de ( $\text{Kg} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) (Du *et al.*, 2010). Este motivo já justifica a adoção dos cultivos consorciados com árvores nas suas mais variadas formas e sistemas agroflorestais.

O consórcio de abóbora com árvores madeireiras e frutíferas é descrito com sucesso, promovendo serviços ambientais, ganhos agronômicos, econômicos e sociais (Du *et al.*, 2010; Rahman *et al.*, 2016; Nath *et al.*, 2016), melhorando o índice de uso eficiente da terra (UET) em até de 132% (Du *et al.*, 2010). Entretanto, a presença de árvores pode provocar mudança morfológica das raízes e promover a competição por nutrientes e principalmente água (DUAN *et al.*, 2017).

As produtividades foram abaixo dos patamares descritos na literatura para condições agronômicas favorável (El-Hamed e Elwan, 2011). Todavia, a condição de área degradada em recuperação, impõe ao cultivo de abóboras restrições no teto produtivo, limitando a produtividades inferiores a  $0,34 \text{ Mg.ha}^{-1}$  (Cesar *et al.*, 2013).

Ressalta-se que os cultivos em aleias avaliados demonstraram potencial para abertura de áreas degradadas como forma a contribuir para amortizar investimentos econômicos, bem como contribuir na redução dos passivos ambientais. Quanto mais biodiversos, maiores são os produtos disponibilizados, cita-se a qualidade das amêndoas que poderão ser produzidas pela gueroqueira (*S. oleracea*) (Coimbra e Jorge, 2011), servindo de fonte de vitamina A, proteína e energia.

Segundo Alam *et al.* (2014), cerca de um terço dos rendimentos econômicos provenientes de sistemas agrofloretais é da produção agrícola e/ou madeireira. Os demais 2/3 de aproximadamente 55 mil dólares potencialmente gerados por hectare são serviços ambientais. Ressalta-se, que toda essa riqueza beneficia diretamente aos agrossilvicultores e a sociedade em sua totalidade.

Neste sentido, a conservação da biodiversidade por meio do manejo intencional contribui igualmente com as áreas conservadas de forma intocada (Bhagwat *et al.*, 2008) e devem ser estratégicas (Fajardo *et al.*, 2018).

Em solos agrícolas não degradados, os cultivos apresentam capacidade produtiva bem superiores. Abdel-Rahman *et al.* (2012), descrevem produtividades médias de *C. moschata* próxima a  $13 \text{ Mg.ha}^{-1}$ . Já El-Hamed e Elwan (2011), demonstram redução significativa de  $14,98$  para  $10,02 \text{ Mg.ha}^{-1}$  do primeiro para o segundo ano, comportamento similar aos encontrados neste trabalho. O fator cultivar também contribui para a amplitude da produtividade entre  $2,20$  a  $36,26 \text{ Mg.ha}^{-1}$  conforme o ano e a densidade do cultivo (El-Hamed e Elwan, 2011).

Considerando que a produtividade de morangas/abóboras nos primeiros três anos não é influenciada pela alta densidade de plantas (*H. speciosa*), e pelo incremento da gueroqueiras (*S. oleracea*) nos sistemas agrossilviculturais, recomenda-se a adoção de sistemas mais biodiversos e densos, com vista a garantir o estabelecimento e formação do componente silvicultural.

Sorenson e Damschen (2019), também reforçam que o uso de maiores densidades na RAD em savanas independe da origem da degradação. No entanto, ponderam da necessidade de gerenciar a competição subterrânea. Neste contexto, acredita-se que a

presença da cultura anual cultivada sob condições de suprimento de fertilizantes e manejo reduz o risco de competição, bem como propicie a RAD em menor tempo.

O gênero *Cucurbita* quando cultivado sob altas densidades (4780 a 9560 plantas.ha<sup>-1</sup>) apresentam redução na massa média dos frutos, porém proporcionam ganhos em produtividade por área (El-Hamed e Elwan, 2011; Abdel-Rahamn *et al.*, 2012; Bakhtouri *et al.*, 2017). É necessário, porém, zelar pelo tamanho dos frutos conforme o padrão apreciado pelos consumidores, bem como da qualidade intrínseca dos frutos produzidos (Ex. teores de carotenoides, açúcares totais e sólidos solúveis totais) (Abdel-Rahman *et al.*, 2012).

A produtividade não apresentou ganhos proporcionados pelos níveis mais elevados dos estandes deste estudo. Portanto, o estande não atingiu patamares suficientes, visto que os efeitos lineares decrescentes determinados neste estudo apresentam coeficientes baixos (Tabela 4). Novos estudos podem explorar aumento nas densidades populacionais de abóboras a exemplo do praticado em monocultivos (El-Hamed e Elwan, 2011; Bakhtouri *et al.*, 2017).

Abdel-Rahman *et al.*, (2012) observaram redução no número de flores femininas, provocado por densidades maiores de plantas. A prolificidade no modelo determinado estima redução  $\{y = 1,662402 - 0,000958.x\}$  aproximada de um fruto por planta a cada mil plantas acrescentadas por hectare cultivado. Entretanto, haverá ganhos de produtividade global provenientes das contribuições das novas plantas. Desta forma, há necessidade de fazer novos estudos com propósito de determinar o ponto de máxima produtividade (Mg.ha<sup>-1</sup>) ajustados por regressões quadráticas.

Conclui-se que, os sistemas agrossilviculturais em aleias compostas por morangas/abóboras (*C. maxima* / *C. moschata*) com mangabeira (*H. speciosa*) e gueroba (*S. oleracea*), promoveu a recuperação de áreas degradadas, prestando serviços ambientais, econômicos e sociais (diretos e indiretos). Ademais, a produtividade evoluiu ao longo dos anos no processo de recuperação da área degradada, sem prejuízo ao desenvolvimento das mangabeiras (*H. speciosa*) e das guerobeiras (*S. oleracea*). Todavia, há necessidade de monitoramento e manejo com vistas a maximizar o desempenho biológico e reduzir os efeitos de competição inter e intraespecífica.

Conclui-se que a produtividade de morangas/abóboras não é influenciada pelo sistema agrossilviculturais composto por mangabas (*H. speciosa*) e guerobas (*S. oleracea*) nas densidades de 403 a 803 árvores por hectare de mangabas.

## AUTHOR ORCID<sub>s</sub>

Estenio Moreira Alves <https://orcid.org/0000-0002-2208-7384>

## AGRADECIMENTOS

A equipe agradece ao apoio financeiro do CNPq (SETEC/MEC N ° 17/2014 – Processo: 468549/2014-5 e MCTI/MAPA/CNPq N° 40/2014 - Processo: 473115/2014-0) e ao Instituto Federal Goiano, através dos Campi Rio Verde, Iporá e Polo de Inovação.

## CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Estenio Moreira Alves – Condução do ensaio e escrita do artigo; Fabiano Guimarães Silva – Condução do ensaio e correções; Adriano Perin - Condução do ensaio e correções; Lucas Jorge dos Santos – Condução do ensaio; Oséias do Nascimento Ramos – Condução do ensaio; Flavio Lopes Claudio – Condução do ensaio; Jéssica Lorraine Sales Silva – Condução do ensaio; Guido Calgaro Junior – Condução do ensaio; Darliane de Castro Santos – Condução do ensaio e correções.

## REFERÊNCIAS

- Abdel-Rahman MSS, El-Dkeshy MHZ and Attallah SY** (2012) Plant spacing with seed chilling or plant girdling affect of pumpkin (*C. moschata*) growth and yield components. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* **8**, (1) 6-10.
- Alam M, Olivier A, Paquette A, Dupras J, Revéret J-P and Messier C** (2014) A general framework for the quantification and valuation of ecosystem services of tree-based intercropping systems. *Agroforestry Systems* **88**, (4) 679-691. <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9681-x>
- Bakhtouri ARS, Mohammadi H and Eslam BP** (2017) Effects of nitrogen and plant spacing on the phenological characteristics, morphology and the yield of medical pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* **33**, (1) 51-60.
- Bhagwat SA, Willis KJ, Birks HJB and Whittaker RJ** (2008) Agroforestry: A refuge for tropical biodiversity? *Trends in Ecology & Evolution*, **23**, (5) 261-267. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.01.005>
- Bridgewater S** (2012) *A natural history of Belize: Inside the Maya Forest*. London: Natural History Museum. p.154–155. ISBN 978-0-292-72671-0

- César RG, Brancalion PHS, Rodrigues RR, Oliveira AMS and Alves MC** (2013) Does crotalaria (*Crotalaria breviflora*) or pumpkin (*Cucurbita moschata*) inter-row cultivation in restoration plantings control invasive grasses? *Scientia Agrícola*, **70**, (4) 268-273. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162013000400008>
- Coimbra MC and Jorge N** (2011) Proximate composition of guariroba (*Syagrus oleracea*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*) palm fruits. *Food Research International* **44**, (7) 2139–2142. <https://doi:10.1016/j.foodres.2011.03.032>
- Du X, Dou T, Feng L, Zhang W and Zhang L** (2010) The ecological effects of young elm trees belt-pumpkin strip intercropping system at the Agro-Pastoral Ecotone in Northern China. *Agricultural Sciences in China* **9**, (8) 1183–1193. [https://doi:10.1016/s1671-2927\(09\)60206-6](https://doi:10.1016/s1671-2927(09)60206-6)
- Duan ZP, Gan YW, Wang BJ, Hao XD, Xu WL, Zhang W and Li LH** (2017) Interspecific interaction alters root morphology in young walnut/wheat agroforestry systems in northwest China. *Agroforestry Systems* **93**, 419. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0133-2>
- El-Hamed KEA and Elwan MWM** (2011) Dependence of pumpkin yield on plant density and variety. *American Journal of Plant Sciences* **2**, 636-643. <https://doi.org/doi:10.4236/ajps.2011.25075>
- Fajardo CG, Costa DF, Chagas KPT and Vieira FA** (2018) Diversidade genética em populações de *Hancornia speciosa* Gomes: Implicações para a conservação dos recursos genéticos. *Ciência e Agrotecnologia* **42**, (6) 623-630. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542018426019018>
- Fandika IR, Kemp PD, Millner JP and Horne DJ** (2011) Yield and water use efficiency in Buttercup squash (*'Cucurbita maxima'* Duchesne) and Heritage pumpkin (*'Cucurbita pepo'* Linn). *Australian Journal of Crop Science* **5**, (6) 742-747.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations.** The future of food and agriculture – Trends and challenges. Rome. 2017. 163p. ISSN 2522-722X (online).
- Köppen W** (1948) *Climatologia; con un Estudio de los Climas de la Tierra.* México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478p.
- Lyu M, Xie J, Giardina CP, Vadeboncoeur MA, Feng X, Wang M, Ukonmaanaho L, Lin T-C, Kuzyakov Y and Yang Y** (2019) Understorey ferns alter soil carbon

chemistry and increase carbon storage during reforestation with native pine on previously degraded sites. *Soil Biology and Biochemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.02.004>

**Macedo MO, Resende AS, Garcia PC, Boddey RM, Jantalia CP, Urquiaga S, Campello EFC and Franco AA** (2008) Changes in soil C and N stocks and nutrient dynamics 13 years after recovery of degraded land using leguminous nitrogen-fixing trees. *Forest Ecology and Management*, **255**, (5–6) 1516-1524. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.11.007>

**Marouelli WA, Carvalho e Silva WL and SILVA HR** (1996) Manejo da irrigação em hortaliças. Brasília: EMBRAPA-SPI (5ª edição). 72p. ISBN 85-85007-27-3

**Moraes TM, Rodrigues CM, Kushima H, Bauab TM, Villegas W, Pellizzon CH, Brito ARMS and Hiruma-Lima CA** (2008) *Hancornia speciosa*: Indications of gastroprotective, healing and anti-*Helicobacter pylori* actions. *Journal of Ethnopharmacology*, **120**, 161-168. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.08.001>

**Nath TK, Jashimuddin M, Hasan MDK, Shahjahan MD and Pretty J** (2016) Agroforestry Systems, **90**, (3) 405-416. <https://doi.org/10.1007/s10457-015-9863-1>

**Nelder JA** (1962) New kinds of systematic designs for spacing experiments. *Biometrics* **18**, (3) 283-307. <https://doi.org/10.2307/2527473>

**Noblick LR** (2017) A revision of the genus *Syagrus* (Arecaceae). *Phytotaxa*, **294**, (1) 001–262. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.294.1.1>

**Oliveira ER, Monção FP, Gabriel AMA, Santos RA, Moura LV, Santos MV and Silva LVM** (2015) Valor nutricional dos resíduos industriais da guariroba (*Syagrus oleracea*) para ruminantes. *Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, **10**, (2) 334-339. <https://10.5039/agraria.v10i2a4152>

**Pereira AV, Pereira EBC, Silva Junior JF, Silva DB** (2006) Mangaba. In: Vieira RF, Costa TSA, Silva DB, Ferreira FR and Sano SM. Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p.187-214.

**Popp J, Lakner Z, Harangi-Rákos M and Fáric M** (2014) The effect of bioenergy expansion: Food, energy, and environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **32**, 559-578. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.056>

- Postma JA and Lynch JP** (2012) Complementarity in root architecture for nutrient uptake in ancient maize/bean and maize/bean/squash polycultures. *Annals of Botany*, **110**, (2) 521–534. <https://doi.org/10.1093/aob/mcs082>
- Rahman SA, Sunderland T, Roshetko JM and Healey IBR** (2016) Tree culture of smallholder farmers practicing agroforestry in Gunung Salak Valley, West Java, Indonesia. *Small-scale Forestry*, **15**, (4) 433–442.
- Reis EF, Pinto JFN, Costa Netto AP, Assunção HF and Silva DFP** (2017) Diversidade genética entre populações de guarirobeiras no Estado de Goiás. *Revista Ceres*, **64**, (6) 631-636.
- Ribeiro AC, Guimarães PTG and Alvarez VH** (1999) Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aprox. Viçosa: CFSEMG, 359p.
- Risch S** (1980) The population dynamics of several herbivorous beetles in a tropical agroecosystem: The effect of intercropping corn, beans and squash in Costa Rica. *Journal of Applied Ecology*, **17**, (3) 593-612. <https://doi.org/10.2307/2402639>
- Santos LJ, Gléria AA, Custódio AM, Paim TP, Santos LC and Alves EM** (2017) Produtividade de abóbora cabotiá cultivada em consórcio e monocultivo. *Scientia Agraria Paranaensis* **16**, (4) 516-520. <http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v16n4p516-520>
- Silva GC, Braga FC, Lemos VS and Cortes SF** (2016) Potent anti hypertensive effect of *Hancornia speciosa* leaves extract. *Phytomedicine*, **23**, 214-219. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2015.12.010>
- Silva-Cardoso IMA, Souza AM and Scherwinski-Pereira JE** (2017) The palm tree *Syagrus oleracea* Mart. (Becc.): A review. *Scientia Horticulturae*, **225**, 65–73. <https://doi:10.1016/j.scienta.2017.06.054>
- Sorenson QM and Damschen EI** (2019) The mechanisms affecting seedling establishment in restored savanna understories are seasonally dependent. *Journal of Applied Ecology*. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13354>
- Uhlmann LAC, Oliveira RJ and Santos MG** (2018) Efeitos alelopáticos de extratos vegetais de *Hancornia speciosa* Gomes, na germinação de *Lactuca sativa* L. *Revista Fitos*, **12**, (2)147-160. <https://doi10.5935/2446-4775.20180014>
- Vieira Neto RD, Cintra FLD, Silva AL, Silva Júnior JF, Costa JLS. Silva AAG and Cuenca MAG** (2002) Sistema de produção de mangaba para os tabuleiros costeiros e baixada litorânea. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 22p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Sistemas de Produção, 02).

## CONCLUSÃO GERAL

O uso de técnicas estatísticas, de análises multivariadas a partir de parâmetros de análises fisiológicas, biometria de plantas e do ambiente, foi capaz de prever diferenças entre época do ano em mangabeiras (*H. speciosa*).

O cultivo consorciado é indicado, pois não há prejuízos ao desenvolvimento das mangabeiras (*H. speciosa*) até o momento avaliado, proporcionando ao agrossilvicultor diversificar a produção de alimentos e serviços ambientais, bem como garantir ganhos econômicos e sociais.

O desempenho fitotécnico das morangas/abóboras não foi influenciado pelos sistemas agrossilviculturais composto por mangabas (*H. speciosa*) e guerobas (*S. oleracea*) nos intervalos entre 403 e 803 árvores por hectare de mangabas. Desta forma, recomenda-se o uso das maiores densidades e do maior número de espécies (biodiversidade) com propósito de aumentar os ganhos agrônômicos, garantir a recuperação da área degradada e assegurar as eventuais perdas de árvores ao longo do período de implantação.

Ressalta-se a necessidade de monitoramento dos aspectos fisiológicos e biométricos ao longo dos próximos anos, com vistas a maximizar o desempenho biológico e reduzir os efeitos de competição inter e intraespecífica.