



**SAMUEL GALVÃO ORLANDO**

**DINÂMICA DA RADIAÇÃO SOLAR E RESPOSTAS PRODUTIVAS EM  
SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

**LAVRAS-MG**

**2022**

**SAMUEL GALVÃO ORLANDO**

**DINÂMICA DA RADIAÇÃO SOLAR E RESPOSTAS PRODUTIVAS  
EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

Monografia apresentada à  
Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do Curso  
de Agronomia, para a obtenção do  
título de Bacharel.

Prof. Dr. Felipe Schwerz  
ORIENTADOR

**LAVRAS-MG**

**2022**

**SAMUEL GALVÃO ORLANDO**

**DINÂMICA DA RADIAÇÃO SOLAR E RESPOSTAS PRODUTIVAS EM  
SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

**DYNAMICS OF SOLAR RADIATION AND PRODUCTIVE RESPONSES IN  
AGROFORESTRY SYSTEMS**

Monografia apresentada à  
Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do Curso  
de Agronomia, para a obtenção do  
título de Bacharel.

APROVADO em 26 de setembro de 2022.  
Prof. Dr. Felipe Schwerz - UFLA  
Prof. Dr. Rafael Peron Castro -UFLA  
Prof, Dr. Victor Buono da Silva Baptista

---

Prof. Dr. Felipe Schwerz  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2022**

*“Na natureza não há competição; há coexistência.”*

*MASAMABU FUKKUOKA*

## RESUMO

O sistema agroflorestal (SAF) pode ser estipulado como o cultivo de espécies arbóreas e agrícolas em uma mesma área. No entanto, a integração de diferentes espécies de plantas com características eco fisiológicas distintas requer o estudo de estratégias de manejo visando o entendimento das respostas produtivas do sistema. Deste modo, o estudo pretendeu avaliar a produtividade e a dinâmica da radiação solar no sistema agroflorestal implantado no Sítio Trovão, Ijaci-MG. Objetivou-se avaliar as respostas de plantas frutíferas, hortaliças e aromáticas que estão em consórcio com plantas de adubação verde. Para esta finalidade, foram utilizadas parcelas experimentais com a área de um metro quadrado cada. A fim de avaliar as condições microclimáticas locais ao longo do ano de 2021, foram realizadas avaliações quinzenais de radiação solar e temperatura do ar com o auxílio de um medidor de radiação e um termômetro digital no horário entre as dez e as catorze horas. As medidas foram feitas em cinco posições diferentes sobre a área de cada parcela de hortaliças e quatro posições diferentes nas plantas frutíferas. As avaliações de produtividade foram realizadas após a colheita mensurando a matéria seca produzida em cada parcela. Além disso foram feitas avaliações de crescimento nas plantas frutíferas de citros e banana, tais como: altura, diâmetro do colo, diâmetro à altura do peito e projeção da copa. Os resultados de produtividade deste estudo demonstraram que as espécies cultivadas nesse ambiente não apresentaram danos econômicos tendo boas condições fitossanitárias. Os dados das avaliações de radiação solar interceptada e de temperatura do ar e do solo demonstraram diferenças nas médias quinzenais e mensais entre as parcelas analisadas nas diferentes espécies ao longo do ano, indicando a variabilidade nas condições microclimáticas inerentes ao arranjo espacial dos cultivos com as espécies ocupando diferentes estratos. Constata-se que o desenvolvimento e a produtividade das espécies de plantas frutíferas, hortaliças e aromáticas integradas em um sistema agroflorestal demonstrou uma boa capacidade produtiva perante as condições edafoclimáticas da região, o arranjo espacial e mediante o uso dos tratamentos voltados para um sistema orgânico e produção.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agrometeorologia. Sistemas agroflorestais. Agricultura orgânica.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Foto Aérea do Sítio Trovão.....                                     | 8  |
| Figura 2 - Mapa da Área do Sistema Agroflorestal.....                          | 9  |
| Figura 3 - Preparo de solo para implantação do sistema agroflorestal.....      | 10 |
| Figura 4 - Preparo de Microrganismos eficientes.....                           | 11 |
| Figura 5 - Arranjo do sistema agroflorestal.....                               | 11 |
| Figura 6 - Arranjo do sistema agroflorestal.....                               | 12 |
| Figura 7 - Arranjo do sistema agroflorestal.....                               | 12 |
| Figura 8 - Avaliações meteorológicas e de crescimento nas plantas perenes..... | 13 |
| Figura 9 - Avaliações meteorológicas nas hortaliças.....                       | 14 |
| Figura 10 - Podas e incorporação de matéria orgânica no solo.....              | 14 |
| Figura 11 - Desenvolvimento das plantas medicinais no SAF.....                 | 15 |
| Figura 12 - Desenvolvimento das plantas de cúrcuma no SAF.....                 | 15 |
| Figura 13 - Desenvolvimento das demais hortaliças no SAF.....                  | 15 |
| Figura 14 - Desenvolvimento das plantas de citros no SAF.....                  | 16 |
| Figura 15 - Desenvolvimento das plantas de bananeira no SAF.....               | 16 |
| Figura 16 - Colheita e secagem de plantas medicinais.....                      | 17 |
| Figura 17 - Colheita e secagem de <i>Cúrcuma longa</i> .....                   | 17 |
| Figura 18 - Colheita e pesagem de hortaliças.....                              | 18 |
| Figura 19 – Efeito da geada nas plantas de banana.....                         | 23 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|   |    |
|---|----|
| Gráfico 1 - Médias da altura e do diâmetro do caule em plantas de citros no SAF.....            | 19 |
| Gráfico 2 - Estimativa média da área da copa nas plantas de citros.....                         | 19 |
| Gráfico 3 - Médias da radiação solar interceptada nas plantas de citros.....                    | 20 |
| Gráfico 4 - Médias de temperatura interna e externa em planta de citros.....                    | 21 |
| Gráfico 5 - Médias de diâmetro do caule e DAP das plantas de bananeira.....                     | 21 |
| Gráfico 6 - Médias de altura das plantas se bananeira.....                                      | 22 |
| Gráfico 7 - Médias de área da copa ndas plantas de bananeira em Sistema Agroflorestal.....      | 23 |
| Gráfico 8 - Média des interceptação da radiação solar em plantas de bananeira .....             | 24 |
| Gráfico 9 - Médias de temperaturas interna e externa em plantas de bananeira .....              | 25 |
| Gráfico 10 - Médias de interceptação da radiação solar e da temperatura do ar em cúrcuma.....   | 25 |
| Gráfico 11 - Médias de interceptação da radiação solar e da temperatura do ar em Hortelã.....   | 26 |
| Gráfico 12 - Médias de interceptação da radiação solar e da temperatura do ar em Melissa.....   | 27 |
| Gráfico 13 - Médias de interceptação da radiação solar e da temperatura do ar em menta.....     | 27 |
| Gráfico 14 - Médias de interceptação da radiação solar e da temperatura do ar em cebolinha..... | 28 |
| Gráfico 15 - Médias de interceptação da radiação solar e da temperatura do ar em beterraba..... | 29 |
| Gráfico 16 - Médias de interceptação da radiação solar e da temperatura do ar em couve.....     | 29 |
| Gráfico 17 - Médias de interceptação da radiação solar e da temperatura do ar em Alface.....    | 30 |
| Gráfico 18 - Médias de interceptação da radiação solar e da temperatura do ar em cenoura.....   | 30 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Dados da colheita das parcelas de cúrcuma consociada banana..... | 31 |
| Tabela 2 - Dados da primeira colheita de plantas hortelã.....               | 32 |
| Tabela 3 - Dados da segunda colheita de plantas hortelã.....                | 32 |
| Tabela 4 - Dados das colheitas de menta.....                                | 33 |
| Tabela 5 - Dados da colheita de melissa.....                                | 34 |
| Tabela 6 - Dados da colheita de hortaliças.....                             | 35 |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1.INTRODUÇÃO.....   | 01 |
| 1.1. Objetivo geral .....   | 03 |
| 2.DESENVOLVIMENTO.....  | 03 |
| 2.1.Revisão de literatura .....                                   | 03 |
| 2.1.1.Cultura da Cúrcuma.....                                     | 03 |
| 2.1.2.Cultura do Citros .....                                     | 04 |
| 2.1.3.Cultura da Banana .....                                     | 05 |
| 2.1.4.Olericultura Orgânica .....                                 | 05 |
| 2.1.5.Sistemas Agroflorestais (SAF's) .....                       | 06 |
| 2.1.6. Fatores agrometereológicos em Sistemas Agroflorestais..... | 07 |
| 3. METODOLOGIA.....   | 07 |
| 4.RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                    | 19 |
| 4.1.Cultura do Citros.....  | 19 |
| 4.2. Cultura da Banana.....                                       | 22 |
| 4.3. Cultura da Cúrcuma.....                                      | 25 |
| 4.4. Cultura da Hortelã peluda.....                               | 26 |
| 4.5. Cultura da Melissa.....                                      | 27 |
| 4.6. Cultura da Hortelã japonesa.....                             | 27 |
| 4.7.Cultura da Cebolinha.....                                     | 28 |
| 4.8. Cultura da Beterraba.....                                    | 29 |
| 4.9. Cultura do Couve.....  | 29 |
| 4.10.Cultura da Alface.....                                       | 30 |
| 4.11. Cultura da Cenoura .....                                    | 31 |
| 5.CONSIDERAÇÕES FINAIS.....                                       | 36 |
| 6.Referências Bibliográficas.....                                 | 37 |

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema agroflorestal se trata de uma forma de uso do solo que combina, em uma mesma área e em um determinado tempo, o cultivo de elementos perenes – espécies arbóreas ou arbustivas, frutíferas, madeiráveis ou adubadoras. Esse ambiente com diversidade vegetal possibilita a recuperação de solos degradados necessitando do uso de insumos externos apenas nas fases iniciais de implantação e crescimento das plantas no sistema. Atualmente, a agricultura ocasiona diversas preocupações relacionadas à preservação ambiental, sendo assim, a utilização dos sistemas agroflorestais nos métodos de produção possibilita uma alternativa de manejo sustentável (SCHWERZ *et al.*, 2020). Em um sistema orgânico, a implementação dos cultivos em sistema agroflorestal promove a redução do custo de produção por meio do uso de recursos endógenos da propriedade rural. O aporte constante de biomassa vegetal oriunda de desbastes dos adubos verdes, plantas daninhas, e podas em plantas perenes do sistema fornece ao solo materiais com diferentes níveis de recalcitrância.

A variabilidade de espécies de plantas daninhas no curto prazo é influenciada pelo manejo da lavoura, sendo assim, necessita de alguns anos para ocasionar a alteração no banco de sementes do solo. Mesmo com a predominância de algumas espécies, as plantas daninhas não necessariamente podem ser problemáticas naquela área (SCHWERZ *et al.*, 2020). Então por meio do manejo de capina, poda e incorporação das plantas contidas na lavoura cria-se um sistema de acumulação que deve ser associado com a inoculação de microrganismos produzidos na propriedade rural a partir da coleta e multiplicação de micro fauna do solo da floresta pioneira local que são aplicados no solo das áreas de cultivo. Essa atividade biológica é capaz de promover o crescimento das plantas mediante a solubilização dos minerais aplicados no solo através da calagem e da fosfatagem, a mineralização da matéria orgânica, a produção de fito-hormônios através de simbioses associativas com as plantas e a mudança da arquitetura do sistema radicular.

De acordo com Resende *et al.* (2014), a atividade biológica no solo e os processos bioquímicos correspondentes constituem o sistema de ciclagem de nutrientes do solo. A porção viva desse sistema é representada principalmente por micro-organismos (bactérias, fungos actinomicetos e algas), raízes de plantas e animais vivos (meso e macrofauna) do solo. A reciclagem da água e de nutrientes pelos vegetais superiores completa este panorama.

Contudo, ocorre a melhoria estrutural e química e aumento da capacidade de armazenamento de água do solo para otimizar a produtividade agrícola, tornando a produção menos onerosa e menos dependente de recursos exógenos, permitindo ao agricultor maior autonomia sobre a sua produção e gestão dos recursos provenientes da sua propriedade.

Segundo Machado e Filho (2014) é preciso abandonar os conceitos convencionais e, em seu lugar, estudar e incorporar saberes que promovam tecnologias de modo aprimorar a eficiência agrícola e, que respeitam os bens comuns naturais, ao mesmo tempo em que ofereçam aos produtores um caminho produtivo e positivo econômica, financeira, social, ambiental e culturalmente.

Logo, a complexificação da biodiversidade nas áreas de cultivo, além de promover um solo otimizado no sistema agrícola atua como mantenedor da fitossanidade, pois, possibilita o controle biológico de pragas e doenças, tais serviços ecossistêmicos são cruciais para obter um produto de qualidade e eficiência energética no seu cultivo.

A temperatura do ar interfere diretamente nos processos que envolvem as atividades agrícolas. O conhecimento das condições microclimáticas é fundamental para o planejamento agrícola (SCHWERZ *et al.*, 2020). A produção de fitomassa está diretamente relacionada com a eficiência com que uma planta converte energia radiante em química, dado pelo processo de fotossíntese, com isso, é de grande importância determinar parâmetros de necessidades climáticas das culturas e padrões de resposta produtivas a modificações do ambiente físico decorrentes da implantação do sistema agroflorestal em cultivo com certificação orgânica.

Deste modo, medir a radiação solar, a temperatura do ar e do solo, bem como quantificar o crescimento e a produtividade das espécies vegetais de interesse econômico nesse sistema, promoverão resultados por meio de análises de variáveis que contribuirão de modo relevante para a produção agrícola integrada no âmbito da certificação orgânica considerando aspectos técnicos, econômicos, ambientais, sociais, políticos e legais.

## 1.1. Objetivo Geral

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a dinâmica da radiação solar em sistemas agroflorestais e sua influência na produtividade de onze espécies de plantas.

## 1.2. Objetivos Específicos

- Avaliar as influências sobre as condições meteorológicas nos diferentes arranjos de SAF cultivados nas áreas experimentais.
- Analisar e compreender a dinâmica da radiação solar no sistema agroflorestal com certificação orgânica em relação estratégias de manejo implementadas.
- Analisar o crescimento e a produtividade por área das parcelas experimentais determinadas.
- Promover a extensão rural e universitária dos manejos bem sucedidos, visando o cumprimento do princípio da indissociabilidade ensino pesquisa extensão.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1. Revisão de literatura

#### 2.1.1. Cultura da Cúrcuma

A *Cúrcuma longa L.*, é uma planta aromática, herbácea, anual, contém sistema radicular com ramificações laterais compridas, a parte utilizada da planta é o rizoma. A planta é originária da Índia e cultivada nos países de clima tropical com finalidade de uso condimentar e medicinal, pertence à família *Zingiberaceae*, sendo popularmente conhecida como açafrão-da-terra. No mercado internacional é considerada uma preciosa especiaria por compor os famosos temperos orientais segundo Pereira (2009 citado por Duarte *et al.*, 1989).

O maior produtor de açafrão-da-terra no Brasil é o estado de Goiás em que se destaca o município de Mara Rosa sendo o maior produtor nacional com cerca de 150 hectares e produtividade média de doze toneladas por hectare. Os rizomas são predominantemente destinados às indústrias nacionais de corantes e alimentos.

Segundo Sutharsan (2015), plantas de *Cúrcuma longa* cultivadas em ambiente com 50% de sombreamento tiveram maior produção de biomassa três meses após o

plântio do que as que foram cultivadas em campo aberto. Ainda de acordo com Jasmal *et al.* (1993) em um consórcio feito entre cúrcuma gengibre e álamo, a iluminação média abaixo das copas de álamo foi de 53, 46 e 38% de incidência radiação, respectivamente. A cultura da cúrcuma e do gengibre tiveram melhor desempenho como consórcio do que como monocultivos. Tal fator indica uma boa produtividade em ambientes parcialmente sombreado, o que viabiliza o seu cultivo em sistemas agroflorestais.

### 2.1.2. Cultura do Citrus

Segundo Oliveira *et al.* (2014), os citros encontram-se entre as frutas mais consumidas no Brasil, fazendo parte da dieta de brasileiros de todas as classes sociais. Como lembra Clovis *et al.* (2019) A produção orgânica e as alternativas agroflorestais são técnica e financeiramente viáveis e de alta eficácia no uso dos recursos produtivos, apesar dos altos impostos e falhas de mercado nacional que reduzem a rentabilidade, além dos benefícios ambientais que possuem o menor uso de insumos poluentes, reduzindo a necessidade de intervenções fitossanitárias e adubação da laranja e outros benefícios no sentido de intensificação sustentável da citros de mesa. Desse modo, é uma cultura agrícola de grande importância econômica tanto para consumo industrial quanto de mesa.

As plantas do gênero *Citros sp.* tem como centro de origem e domesticação o sudeste asiático e arredores, sendo essas regiões de florestas tropicais, tais fatores fazem com que seja viável o uso de citros em sistemas de produção agroflorestral devido à tolerância a níveis moderados de sombreamento, além disso temos cultivares oriundos de porta-enxertos Trifiliata, 'Carrizo' e 'Troyer' que são recomendados para a produção de frutos de alta qualidade, notadamente em regiões sujeitas a geadas, apresentando plantas de copas menores (OLIVEIRA *et al.*, 2014, p. 22). Isso possibilita a ampliação de possibilidades no arranjo espacial das plantas de citros quando inseridas em cultivos consorciados.

De acordo com Mvondo *et al.*, (2019) adotar uma estrutura espacial regular dos citros, com distâncias consideráveis é uma forma eficaz de combater a forte pressão parasitária infligida por *Phytophthora ssp.* Desse modo, é possível incrementar a biodiversidade no cultivo de citros considerando um arranjo de plantio com padrão organizado, desse modo, trazendo ganhos econômicos na produção, sendo o Brasil um grande produtor mundial.

### 2.1.3. Cultura da Banana

O Brasil é um grande produtor no âmbito da fruticultura, com destaque para a produção de banana, conforme Alves (1999), a banana é uma das frutas mais consumidas no mercado interno dos países tropicais por expressar a produtividade a partir do primeiro ano de cultivo, sendo um dos cultivos perenes de produção mais precoce. Por esse motivo, tem grande aderência por parte dos fruticultores.

Em 2021, as centrais de abastecimento do país comercializaram mais de 692,27 mil toneladas de banana, com valor negociado de cerca de R\$ 1,64 bilhão.<sup>1</sup>

A planta de bananeira no sistema agroflorestal é comumente usada no estrato médio dos SAF<sup>2</sup> s sendo uma excelente produtora de biomassa que é incorporada mediante a poda das folhas e a derrubada do pseudocaule durante a colheita, tais intervenções são necessárias ao manejo da cultura. Como nos lembra Rebello e Sakamoto (2021), as plantas podadas de bananeiras são picadas e seu material é espalhado nos campos, produzindo húmus mais estável no solo (originado de lignina).

### 2.1.4. Olericultura Orgânica

As Hortaliças são plantas de ciclo curto, que respondem bem ao manejo de adubação orgânica, sendo assim, existem diferentes vertentes de sistemas de produção orgânica no país, entre elas: “A Agricultura Orgânica é um sistema de produção agrícola do ramo da Agroecologia, onde estão incluídas outras escolas, como a Agricultura Biodinâmica, Agricultura Biológica, Agricultura Ecológica, Agricultura Natural e a Permacultura.” (SOUZA; RESENDE, 2014. p. 84).

Conforme a Lei no 10.831, de dezembro de 2003<sup>2</sup>, considera-se sistema orgânico de produção agropecuário todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não renovável, e a proteção do meio ambiente. Segundo Valarin

---

<sup>1</sup> ABRAFRUTAS. Associação Brasileira dos produtores e exportadores de frutas e derivados. Apresenta dados e informações sobre a Fruticultura Brasileira. Brasília-DF, 20.ago.2022. Disponível em: <https://abrafrutas.org/2022/05/producao-de-banana-deve-ser-50-maior-que-em-2021/#:~:text=Em%202022%2C%20Santa%20Catarina%20deve,7%20mil%20t%20em%202021.> Acesso em: 28.ago.2022.

<sup>2</sup> BRASIL. Congresso Nacional. **Lei nº 10.831**, de Dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Brasília: DF, 2003.

e Menezes (2007), em comparação à produção convencional, a produção orgânica é mais sustentável ambientalmente devido à otimização do uso dos recursos endógenos, desse modo, torna-se menos dependentes de recursos exógenos reduzindo a utilização de fontes de energia não-renováveis. Com isso, cria-se uma cobertura vegetal contínua para manter a ciclagem de nutrientes e a proteção do solo, ocasiona o aumento da capacidade de uso do território e assegura uma produção vegetal sustentável isenta do uso de insumos químicos.

As plantas medicinais, aromáticas, condimentares bem como as olerícolas também são classificadas como hortaliças, nesse trabalho foram cultivadas no sistema agroflorestal as plantas de *Mentha sp* (hortelã peluda), *Mentha arvensis* (hortelã japonesa), e *Melissa officinalis* (Melissa). Segundo Hanischi. *et al.* (2013) as espécies de plantas medicinais: *Cúrcuma longa* L.; *Arctium lappa* L.; *Pfaffia glomerata* (Spreng) Pedersen.; *Mikania glomerata* Sprengel.; *Alternanthera sp.*; *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. e *Maytenus ilicifolia* Mart. apresentaram persistência ao cultivo em áreas sombreadas no sistema agroflorestal. Sendo assim, dentre a grande diversidade de espécies compostas pelas plantas medicinais, observa-se o potencial para produção de algumas plantas medicinais em áreas sombreadas de sistema agroflorestal.

#### **2.1.5. Sistemas Agroflorestais**

Segundo Rebello e Sakamoto (2021), Agrofloresta é um termo frequentemente empregado quando se cultiva de forma mista árvores nativas ou exóticas, madeiráveis ou não, com hortaliças, culturas anuais, frutíferas, plantas de adubação verde e/ou animais. De acordo com Altieri (1987), o objetivo é implementar e manejar sistemas de cultivo de alta diversidade no qual o ambiente se torne propício à ocorrência de interações ecológicas e sinergismos entre os componentes biológicos, essas interações em teia promovem a fertilidade do solo, a produtividade e a proteção das culturas. Sendo assim, o manejo de podas constantes ao longo do tempo nos sistemas agroflorestais é mantenedor da dinâmica de produção vegetal e da fertilidade do solo que se fundamentam nas relações planta-solo-microrganismos.

Baseado na ideia de Primavesi e Primavesi (2018, p. 15), plantas que crescem em solos desprovidos de matéria orgânica são plantas menos vigorosas, mais sujeitas ao ataque de pragas e patógenos. Com isso, os sistemas diversificados dificultam a proliferação abundante de pragas e patógenos, bem como, possuem maior resiliência perante fatores climáticos que possam gerar doenças abióticas.

### 2.1.6. Fatores Agrometeorológicos em Sistemas Agroflorestais

A dinâmica da radiação solar é um fator importante para o crescimento das plantas, sendo sua disponibilidade fortemente modificada pelas diferentes alturas das plantas inseridas nos sistemas agroflorestais. “A complexidade de um sistema agroflorestal promove a eficiência hídrica, criando um microclima capaz de manter a temperatura e umidade do ar e do solo favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas.” (VOLTINI *et al.*, 2018). Tal fator ocorre devido ao sistema de estratificação, que quando aliado ao manejo de podas, norteiam as possibilidades de arranjo espacial das plantas no sistema agroflorestal, considerando o espaçamento entre linhas, espaçamento entre plantas, altura das plantas, tempo de crescimento e demanda de radiação das diferentes espécies, com isso, permite que a luz chegue ao chão, sendo que cada estrato receberá uma quantidade de luz filtrada pelo estrato acima.

As plantas cultivadas em sistemas agroflorestais que possuem menor disponibilidade de radiação, podem apresentar variações no uso da radiação solar e também na eficiência de produção de fitomassa seca (NARDINI *et al.*, 2019). Com isso, deve-se dimensionar o arranjo espacial do sistema considerando a incidência da radiação solar ideal para atender a demanda de cada espécie cultivada nos diferentes estratos, para que não ocorra a redução da radiação solar interceptada em cada dossel a ponto de prejudicar o processo fotossintético ocasionando um efeito deletério na produtividade.

## 3. METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido em um experimento de campo, implantado próximo a Universidade Federal de Lavras, localizado no Sítio Trovão (Figura 1), S/N, Zona Rural, Ijaci, MG, CEP 37205000, Brasil.

Figura 1 - Foto aérea do Sítio Trovão



Fonte: Rafael Peron (2022)

Para estabelecer as parcelas do experimento foi usada a área de 0,3 hectares (Figura 2) contendo um sistema agroflorestal em que foram avaliadas 3 parcelas de *Mentha sp* (hotelã peluda), 1 parcela de *Mentha arvensis* (hortelã japonesa), 1 parcela de *Melissa officinalis* (melissa) 5 parcelas de *Cúrcuma longa* l. (açafreão-da-terra), 1 parcela de *Beta vulgaris esculenta* (beterraba), 1 parcelas de *Daucus carota subsp. Sativus* (cenoura), 1 parcela de *Lactuca sativa* (alface roxa e americana), 1 parcela de *Allium fistulosum* L (cebolinha) e 1 parcelas de *Brassica oleracea* (couve manteiga), e também foram avaliadas cinco plantas de banana e cinco plantas de citros.

Figura 2 – Mapa da Área do Sistema Agroflorestal



Fonte: Do autor (2022)

O preparo da área do para implantação do sistema agroflorestal iniciou dia 8 de fevereiro de 2021, o solo da área se trata de um latossolo vermelho distrófico que possui baixa fertilidade natural, sendo assim, ao introduzir plantas mais exigentes em um sistema de cultivo orgânico, é necessário a utilização de adubos minerais, orgânicos e inoculação de microrganismos, com isso, no preparo do solo foi feita uma aração e uma gradagem, posteriormente foi incorporado  $150 \text{ g/m}^2$  de fosfato natural reativo,  $100 \text{ g/m}^2$  de calcário dolomítico  $2 \text{ kg/m}^2$  de composto de esterco bovino, então esse material foi incorporado ao solo com outra gradagem para então os canteiros serem delimitados com 1,2 m de largura e cobertos com o volume de  $20 \text{ l/m}^2$  de matéria seca de *Brachiaria brizantha* (Figura 3).

Figura 3. Preparo de solo para implantação do sistema agroflorestal



Fonte: Do autor (2022)

A seguir foi feita a inoculação de microrganismos eficientes (E.M) de solo florestal na dose  $50\text{ml/m}^2$  diluídos em 10 litros de água, essa aplicação é feita a cada quinze dias. O preparo do inoculante é feito com 700 g de arroz cozido em água sem cloro, o arroz então deve ser colocado em um recipiente protegido e que ao mesmo tempo possa ter contato com a serrapilheira da mata nativa da região, dessa forma o arroz foi colocado sobre colmos de bambu e estes sobre um sombrite então foi colocado dentro de uma caixa de madeira, e protegido com uma tela ao redor da caixa. Essa caixa com o arroz foi levada até a mata nativa mais próxima da propriedade rural e colocada em contato com a serrapilheira por quinze dias, após esse tempo os microrganismos do solo florestal são capturados no arroz que em seguida é misturado a 10 litros de água e um quilo de açúcar mascavo para que seja armazenado em garrafas fechadas e se inicie a fermentação anaeróbica.

Com a fermentação, ocorre a produção de gás internamente as garrafas, então as garrafas devem ser abertas para retirada do gás e fechadas novamente a cada dois dias, após o fim do processo fermentativo cessa a produção de gás com isso a proliferação dos microrganismos já foi obtida geralmente após 15 dias de fermentação, o produto então deve ser filtrado e está pronto para uso e pode ser armazenado por até 1 ano (Figura 4).

Figura 4. Preparo de Microrganismos eficientes



O sistema agroflorestal é composto por citros, bananeiras, açafão-da-terra, hortaliças, plantas medicinais, plantas aromáticas, o arranjo foi dimensionado de modo a conter uma linha de plantas perenes (citros, bananeira, amora) espaçadas a cada 6 metros de largura, e nessa região entrelinha estão contidos três canteiros de hortaliças de 1.2 metros de largura. Pode-se observar as imagens da série temporal do desenvolvimento do sistema agroflorestal (Figura 5, Figura 6 e Figura7).

Figura 5. Arranjo do sistema agroflorestal



Fonte: Do autor (2022)

Figura 6. Arranjo do sistema agroflorestal



Fonte: Do autor (2022)

Figura 7. Arranjo do sistema agroflorestal



Fonte: Do autor (2022)

Após os trabalhos de planejamento e implantação dos canteiros, foram delimitadas as parcelas a serem avaliadas, e a partir do dia 16 de março de 2021, foram iniciadas as avaliações de crescimento (diâmetro da altura do peito, diâmetro do colo, projeção vertical e projeção horizontal) utilizando fita métrica e uma trena, e também as avaliações das variáveis meteorológicas de temperatura do ar usando um termômetro digital infravermelho, bem como, a medição da radiação solar a nível do solo e também a 1,5m

de altura em relação ao nível do solo visando calcular a radiação solar interceptada pelas plantas de cada parcela utilizando um medidor de radiação solar digital portátil.

No caso das plantas perenes, as medidas de radiação foram feitas em quatro posições a nível do solo e quatro posições a 1,5m de altura do solo, considerando a projeção da copa das plantas, 2 pontos no sentido vertical e 2 pontos no sentido horizontal, sempre sendo feita junto ao colo da planta e iniciando pelo lado direito do avaliador, estando em frente à planta, as avaliações das plantas perenes foi feita mensalmente (Figura 8).

Figura 8. Avaliações meteorológicas e de crescimento nas plantas perenes



Fonte: Do autor (2022)

No caso parcelas de hortaliças as medidas de radiação e temperatura foram feitas com cinco repetições aleatórias com cada equipamento dentro da área de cada parcelas, tanto a nível do solo quanto a 1,5 m de altura a cima de cada parcela, as hortaliças foram avaliadas uma vez a cada duas semanas (Figura 9).

Figura 9. Avaliações meteorológicas nas hortaliças



Fonte: Do autor (2022)

A manutenção da adubação de cobertura nas plantas do sistema agroflorestal foi mediante incorporações de matéria orgânica oriunda das podas das plantas de adubação verde (feijão guandu e margaridão), e da serragem dos galhos triturados proveniente das podas de *Moringa oleifera*, também foi feita uma inoculação com microrganismos eficientes a cada quinze dias (Figura 10).

Figura 10. Podas e incorporação de matéria orgânica no solo



Fonte: Do autor (2022)

Figura 11. Desenvolvimento das plantas medicinais no SAF



Figura 12. Desenvolvimento das plantas de cúrcuma no SAF



Figura 13. Desenvolvimento das demais hortaliças no SAF



Figura 14. Desenvolvimento das plantas de citros no SAF



Fonte: Do autor (2022)

Figura 15. Desenvolvimento das plantas de bananeira no SAF



Fonte: Do autor (2022)

Para aferir a produtividade das parcelas de plantas medicinais que ocorreu em dois ciclos de colheita durante o ano, foi realizado a pesagem em balança digital da matéria verde após cada colheita e pesagem da matéria seca após a secagem em desidratador elétrico por 24 h a 40 °C sendo a matéria seca a parte comercializável desses produtos (Figura 16).

Figura 16. Colheita e secagem de plantas medicinais.



Fonte: Do autor (2022)

Para as parcelas de *Cúrcuma longa* foi feita apenas uma colheita durante o ano e foi realizado a pesagem em balança digital da matéria verde após a cada colheita e pesagem da matéria seca após a secagem em desidratador elétrico por 48 h a 45 °C (Figura 19).

Figura 17. Colheita e secagem de *Cúrcuma longa*



Fonte: Do autor (2022)

Nas parcelas das demais hortaliças foi feita apenas a pesagem em balança digital da matéria verde de cada planta e a soma do peso de todas as plantas que foram colhidas

em cada parcela, sendo uma parcela para cada espécie com beterraba, cenoura, alface couve, cebolinha. Tais produtos são comercializados in natura (Figura 18).

Figura 18. Colheita e pesagem de hortaliças



Fonte: Do autor (2022)

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

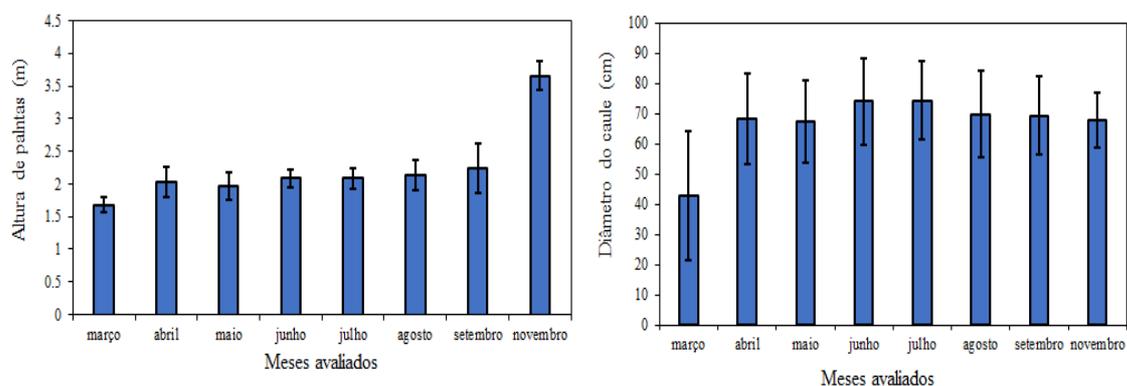
Os resultados a seguir foram obtidos a partir dos dados de crescimento e de produtividade das plantas que foram cultivadas no sistema agroflorestal, e também da coleta dos dados variáveis meteorológicas de temperatura e percentual de radiação interceptada de todas as espécies, sendo que, quanto maior a interceptação da radiação maior é a quantidade de luz que atinge o dossel das plantas. Foi feita uma análise descritiva utilizando a média e do desvio padrão da amostra, com o objetivo de compreender as respostas produtivas das plantas conforme as variações existentes no sistema de produção.

### 4.1. Cultura do citros

É possível observar no gráfico 1, que as plantas de citros apresentaram uma altura média de 1.3 m após 9 meses de crescimento analisados. Isso demonstra que as plantas de citros, oriunda de mudas enxertadas, tiveram baixo desenvolvimento radial de caule, bem como pouco crescimento em altura e área da copa no decorrer dos meses avaliados, tal fator é possivelmente devido à compactação subsuperficial do solo e ao ataque de pragas, sendo principalmente a desfolha ocasionada pela formiga saúva (*Atta cephalotes*), suprimindo assim o potencial de desenvolvimento de parte aérea das plantas de citros.

Para a variável diâmetro do caule, é possível observar uma tendência crescente no desenvolvimento radial, demonstrando o aumento do potencial do fluxo de seiva ao longo do tempo, sendo tal fator de desenvolvimento mantido em resposta à irrigação por gotejamento contida no sistema agroflorestal.

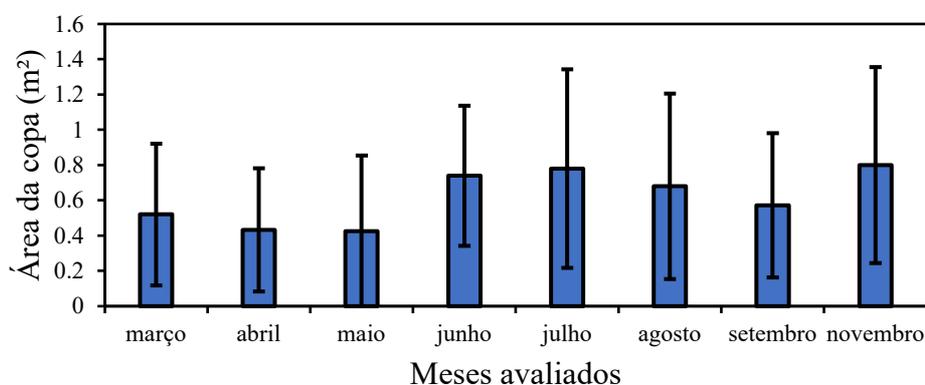
Gráfico 1 – Médias da altura e do diâmetro do caule em plantas de citros no SAF



Fonte: Do autor (2022)

Pode-se observar no gráfico 2 que ocorreu uma variação entre as médias da área da copa nas plantas de citros, tal fator é devido ao ataque de pragas que causaram desfolha nas plantas ao longo dos meses seguido da rebrota, voltando a recuperar a área foliar. No mês de maio ocorreu uma desfolha mais severa, com uma boa recuperação de área da copa no mês de junho e julho sendo os meses que atendem a exigência de temperatura ideal para o desenvolvimento da planta que é de 13°C e 32°C. Posteriormente, no mês de agosto e setembro ocorreu novamente a redução da área foliar com a retomada do crescimento no mês de novembro.

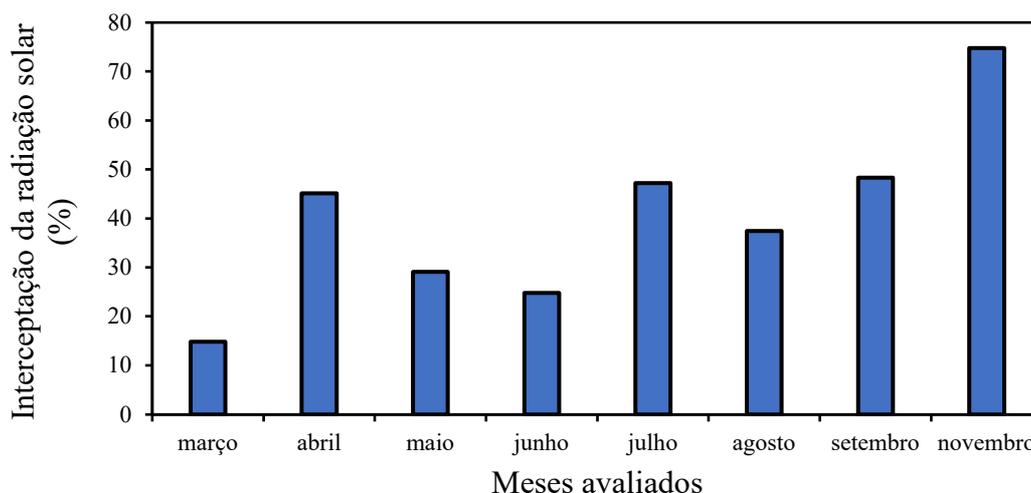
Gráfico 2 - Estimativa média da área da copa nas plantas de citros



Fonte: Do autor (2022)

É possível observar no gráfico 3 que a radiação solar interceptada pelas plantas de citros teve a sua menor percentual no mês de março, tal fator se deve as variações na área foliar da planta e projeção da copa, seguindo, no mês de abril ocorreu um aumento considerável na interceptação da radiação solar, com uma diminuição nos meses de maio e junho, no mês de julho ocorreu novamente um aumento da interceptação sendo nos próximos meses a partir de agosto uma tendência crescente no aumento da interceptação da radiação solar.

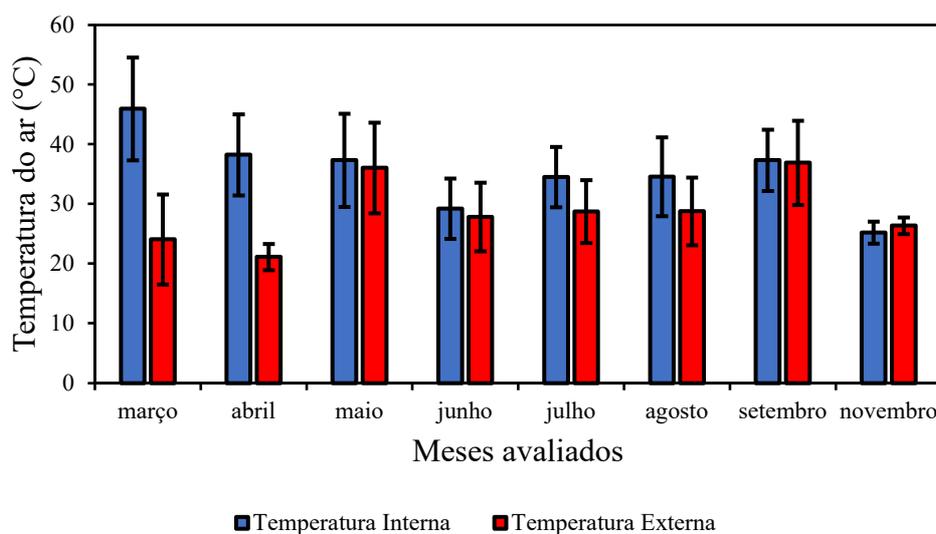
Gráfico 3 – Médias da radiação solar interceptada nas plantas de citros



Fonte: Do autor (2022)

No gráfico 4, pode-se observar a variação entre as médias das temperaturas internas (a nível do solo) e externas (a 1,5 m de altura do solo) ao longo dos meses. Nos meses de março e abril ocorreu a maior diferença entre a temperatura interna e externa, tal fator possivelmente é devido ao menor desenvolvimento da área da copa nesses meses e o baixo nível de matéria orgânica como cobertura de solo nos meses iniciais de crescimento das plantas, tornando o solo mais exposto perante a incidência da radiação solar.

Gráfico 4 – Médias de temperaturas interna e externa em plantas de citros



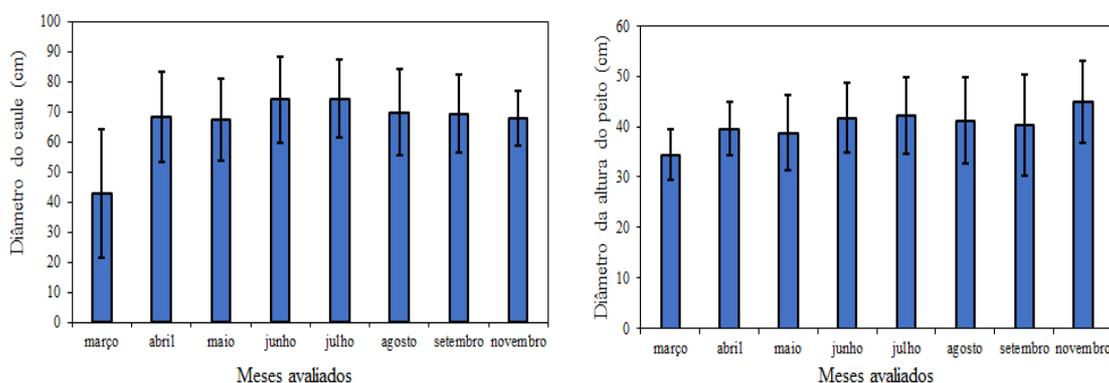
Fonte: Do autor (2022)

No gráfico 5 é demonstrado os resultados das médias de crescimento das plantas de bananeira contidas no sistema agroflorestal. No gráfico referente ao diâmetro do caule,

feito com a medida da base do pseudocaule das plantas, é possível observar uma maior diferença de crescimento entre os meses de março e abril, nos meses a partir de abril ocorreu pouca variação de crescimento entre as plantas, sendo nos meses de junho e julho apresentando maior diâmetro, possivelmente devido a condições climáticas mais amenas e menor taxa de evapotranspiração das plantas. No gráfico das medidas de diâmetro da altura do peito que é aferido a medida a cerca de 1,5 metros de altura do pseudocaule, pode-se observar uma menor variação de crescimento a longo dos meses em relação ao diâmetro do caule, tendo o maior diâmetro no mês de novembro.

#### 4.2. Cultura da banana

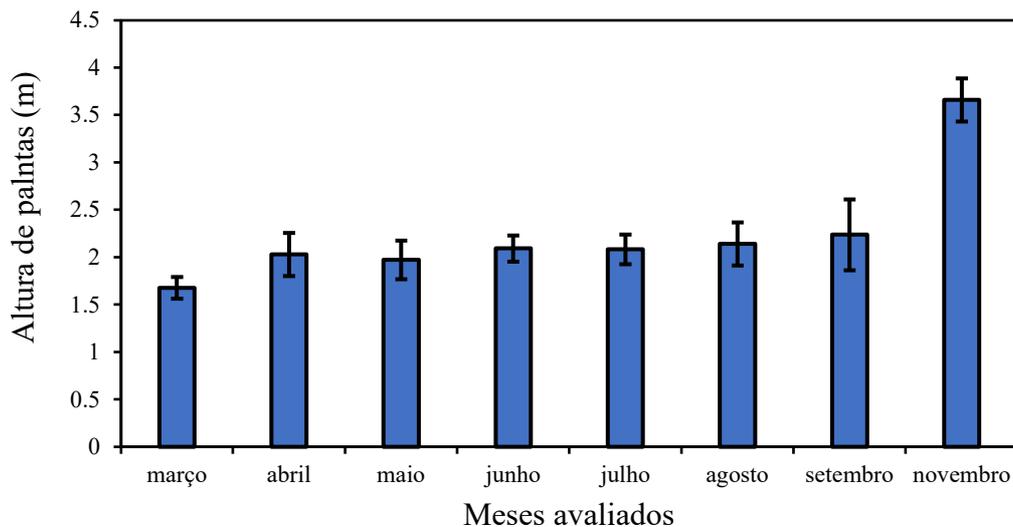
Gráfico 5 – Médias de diâmetro do caule e DAP das plantas de bananeira



Fonte: Do autor (2022)

O gráfico 6 refere-se à média de altura das plantas, sendo possível observar pouca variação de crescimento entre os meses de abril e setembro, com uma diferença de altura considerável entre os meses de outubro e novembro, que possivelmente é em resposta ao maior fotoperíodo e o aumento das chuvas nessa época do ano, se aproximando também do período reprodutivo.

Gráfico 6 – Médias de altura das plantas se bananeira



Fonte: Do autor (2022)

Em contrapartida, no gráfico 7 é possível observar a média da área da copa das plantas de bananeira, que entre os meses de março e julho teve variações em área devido ao manejo de poda das folhas, no mês de agosto houve uma redução abrupta na área da copa devido ao estresse gerado pela geada que ocorreu no final do mês de julho de 2021 causando um dano drástico nas plantas de bananeira ocasionando desidratação e senescência de parte das folhas (Figura19).

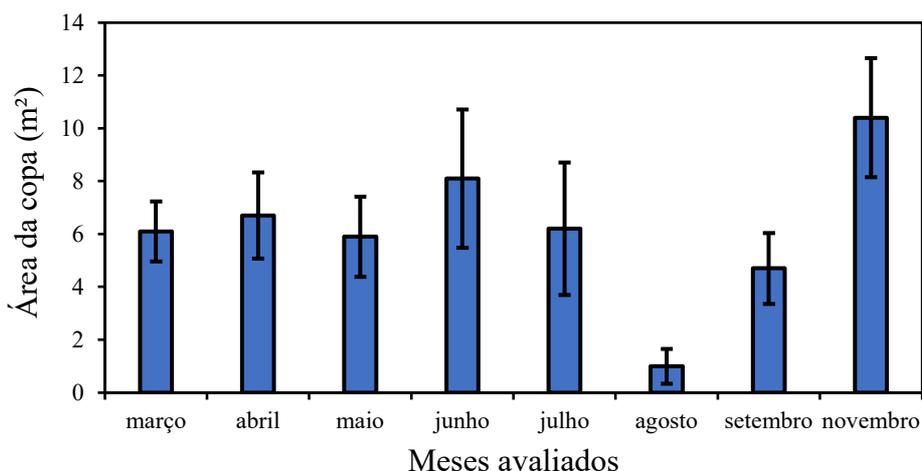
Figura 19 – Efeito da geada nas plantas de Bananeira



Fonte: Do autor (2021)

Durante os meses de setembro à novembro as plantas retomaram o desenvolvimento demonstrando a alta capacidade de resiliência do cultivo da banana no sistema agroflorestal.

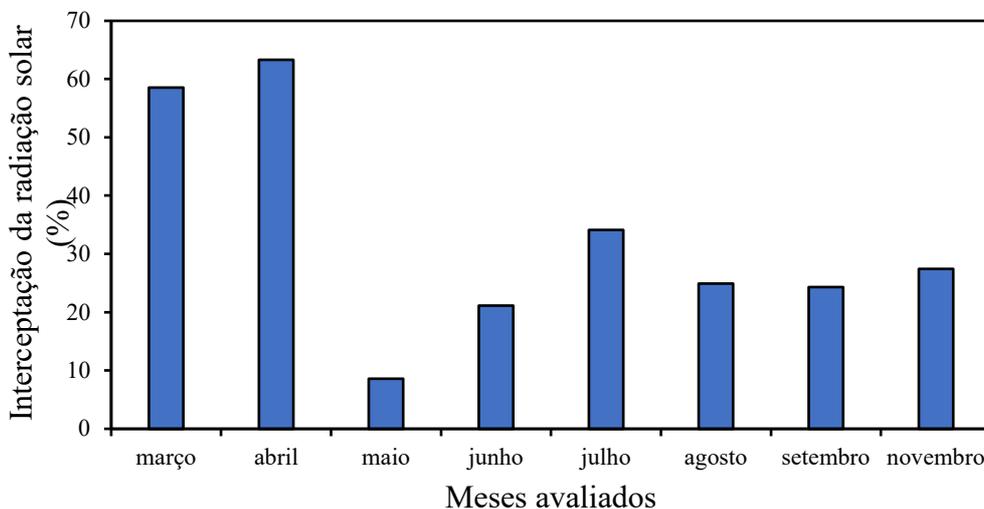
Gráfico 7 – Médias de área da copa ndas plantas de bananeira em Sistema Agroflorestal



Fonte: Do autor (2022)

Podemos observar que o gráfico 8 demonstra os resultados das médias de interceptação da radiação solar das plantas de bananeira. Nos meses de março e abril ocorreram as mais altas porcentagens de interceptação da radiação solar, devido à maior área foliar das plantas nesses meses que não tendo ocorrido manejo de poda e desbrota, interceptação luminosa pelas plantas.

Gráfico 8 – Médias de interceptação da radiação em plantas de Bananeira

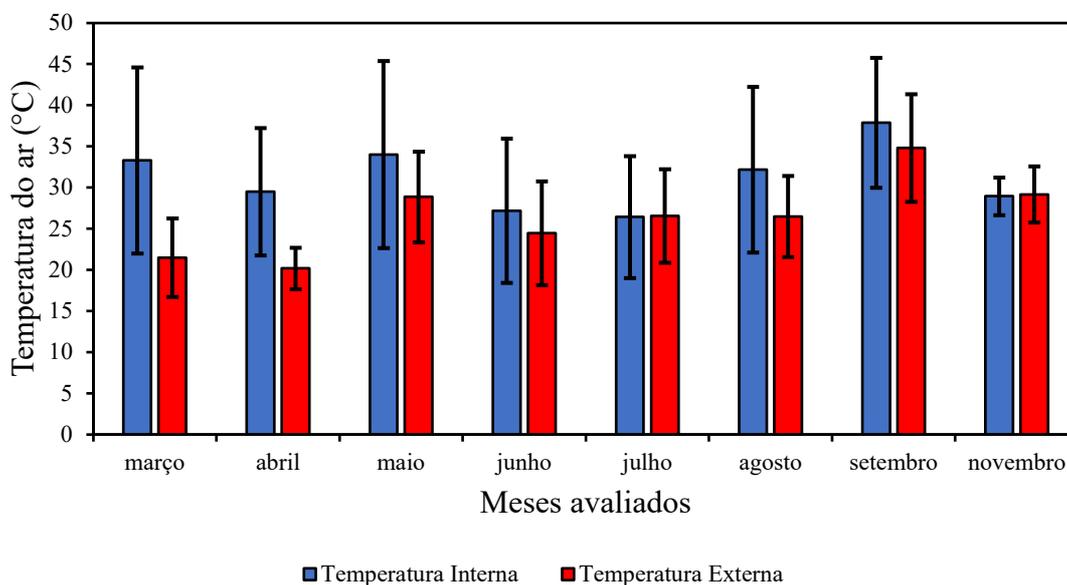


Fonte: Do autor (2022)

Do mesmo modo, o gráfico 9 demonstra as médias das temperaturas do ar internas e externas na região das plantas de bananeira, observa-se que a temperatura interna e externa do ar ficaram semelhantes no mês de julho e novembro, estas variações ocorreram possivelmente devido ao fato de que no mês de novembro o solo já se encontrava com um aporte maior de matéria orgânica que foi sendo incorporada ao longo do tempo, bem

como, maior área de projeção da copa das plantas proporcionando maior homogeneidade dessas variáveis na região.

Gráfico 9 – Médias de temperaturas interna e externa em plantas de bananeira

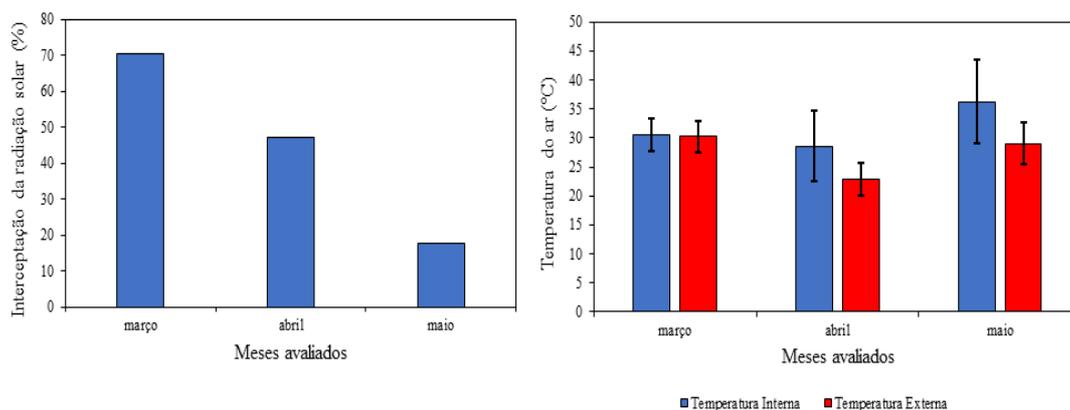


Fonte: Do autor (2022)

#### 4.3. Cultura da Cúrcuma

É possível observar no gráfico 10 que a interceptação da radiação solar teve uma tendência decrescente no decorrer dos meses para cultura da cúrcuma, esse fator ocorreu devido ao plantio adensado da cultura com rápido desenvolvimento de parte aérea, bem como, o aumento da área foliar das plantas de bananeiras que estavam em consórcio ocupando o estrato alto e gerando sombreamento nas plantas de cúrcuma. Para temperatura do ar, as temperaturas internas e externas ficaram iguais no mês, devido ao desenvolvimento inicial da planta, e manteve um padrão de diferença entre essas temperaturas para os meses de abril e maio.

Gráfico 10 – Médias de interceptação da radiação solar e da temperatura do ar em cúrcuma

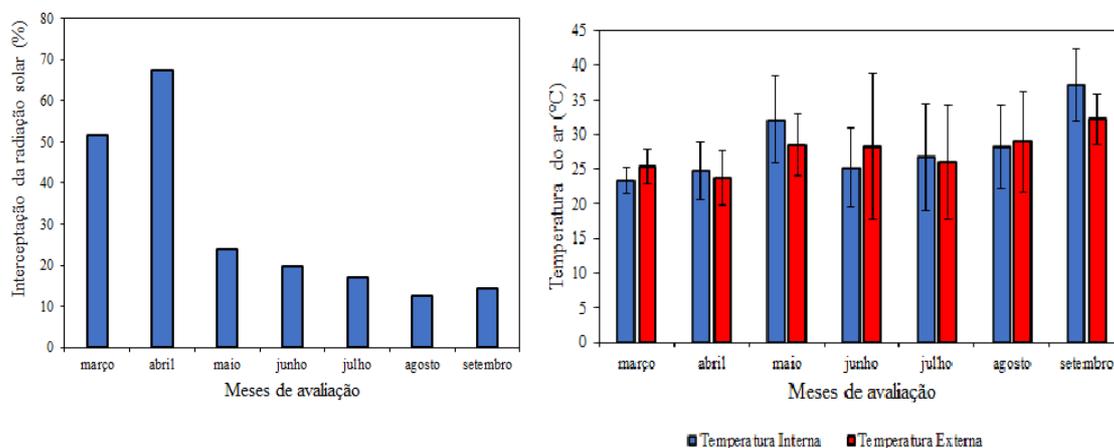


Fonte: Do autor (2022)

#### 4.4. Cultura do Hortelã peluda

O gráfico 11 demonstra os resultados da dinâmica da radiação solar na cultura da hortelã peluda, que se trata de um cultivar de porte ereto, chegando a 1.2 m de altura tendo o plantio adensado, sendo assim nos meses iniciais de março a abril, o cálculo de porcentagem de interceptação luminosa gerou maiores resultados pois durante crescimento inicial dessa espécie predomina a produção de folhas ocasionado rápida formação do dossel e cobertura do solo, e posteriormente ocorre o estiolamento dos caules e possível tombamento caso passe do ponto ideal de colheita, sendo assim ocorre menor interceptação da radiação durante as meses iniciais de crescimento. A temperatura interna e externa não apresentou um padrão de resposta com maior desvio padrão para temperatura externa no mês de junho. A cultura da hortelã também foi afetada pela geada do mês de julho, tendo sua área foliar degradada.

Gráfico 11 – Médias de interceptação da radiação solar e da temperatura do ar em Hortelã

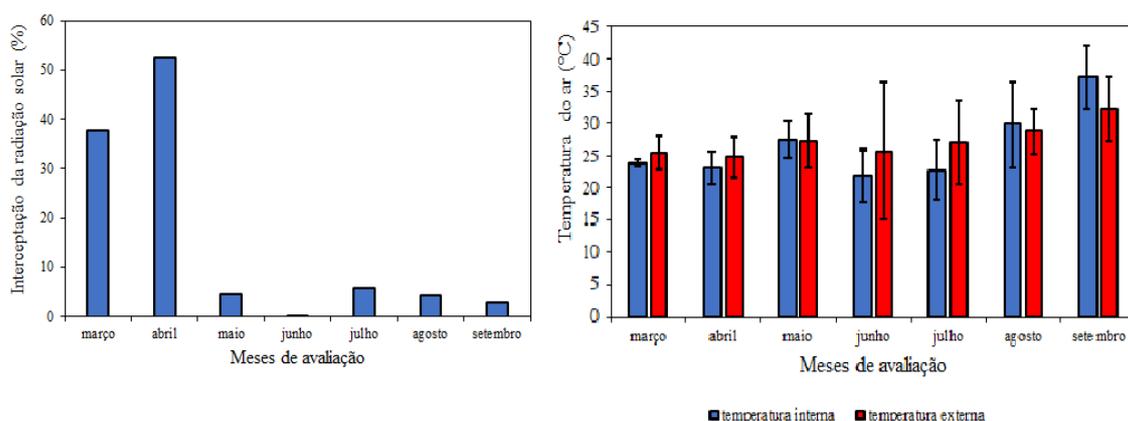


Fonte: Do autor (2022)

#### 4.5. Cultura da Melissa

Assim sendo, no gráfico 12 é possível observar os resultados da dinâmica da radiação solar na cultura melissa, que se trata de um cultivar rasteiro com o plantio adensado, sendo assim, nos meses iniciais de março a abril, os resultados de interceptação luminosa foram maiores, pois a planta estava com o máximo de área foliar e as plantas de estrato alto consorciadas ao redor estavam com porte baixo, não interferindo na incidência de luz dentro da parcela. A primeira colheita ocorreu no final do mês de abril, com redução total da área foliar e início do sombreamento da parcela com plantas de bananeira consorciadas ao redor. No mês de junho ocorreu a diminuição total da interceptação de luz devido à nebulosidade e as baixas temperaturas nos dias que foram feitas as análises. A temperatura interna e externa não apresentou um padrão de resposta com maior variabilidade de temperatura externa no mês de junho. A cultura da melissa também foi afetada pela geada do mês de julho, tendo sua área foliar sofrendo 100% de perda.

Gráfico 12 – Médias de interceptação da radiação solar e da temperatura do ar em Melissa

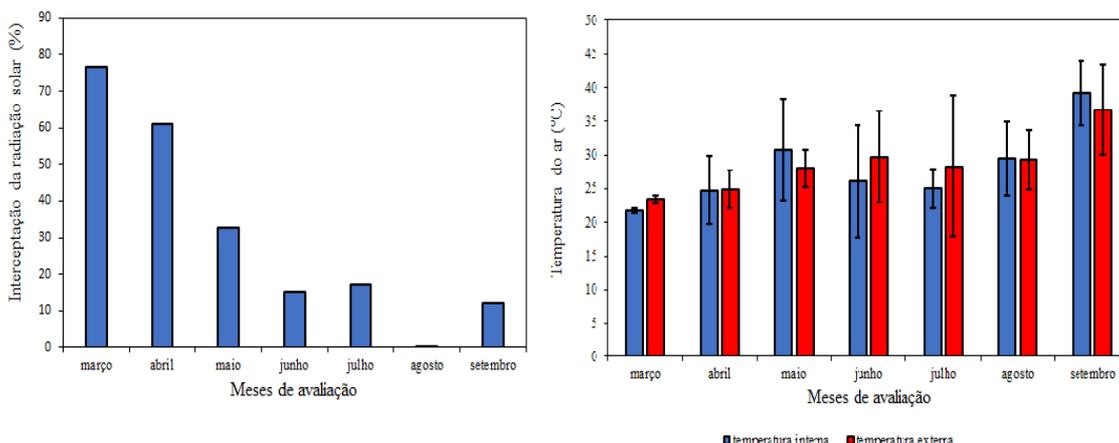


Fonte: Do autor (2022)

#### 4.6. Cultura da hortelã japonesa (menta)

É possível demonstrar no gráfico 13, que a dinâmica da radiação solar na parcela das plantas de menta, que tem um porte rasteiro e o desenvolvimento semelhante ao das plantas de melissa e foram cultivadas na mesma região, tendo as mesmas influências da dinâmica de sombreamento das plantas estrato alta que estavam consorciadas ao redor, desse modo, o padrão de comportamento das variáveis analisadas foi semelhante, com exceção da interceptação luminosa no mês de agosto possivelmente devido à nebulosidade e as baixas temperaturas nos dias que foram feitas as análises

Gráfico 13 – Médias de interceptação da radiação solar e da temperatura do ar em menta

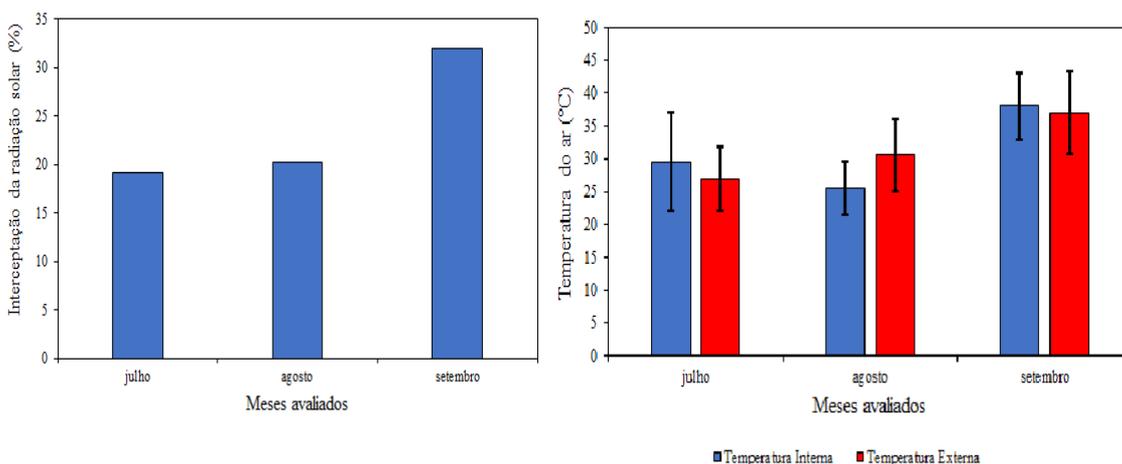


Fonte: Do autor (2022)

#### 4.7. Cultura da cebolinha

Nesse sentido, o gráfico 14 demonstra uma tendência crescente para a interceptação de luz na cultura da cebolinha sendo no mês de setembro a mais alta percentagem de interceptação devido ao fato desse mês ter maior fotoperíodo em relação aos meses anteriores. Na dinâmica da temperatura do ar pode-se observar que não houve um padrão, sendo nos meses de julho e agosto a temperatura interna superou a temperatura externa.

Gráfico 14 – Médias de interceptação da radiação solar e da temperatura do ar em cebolinha

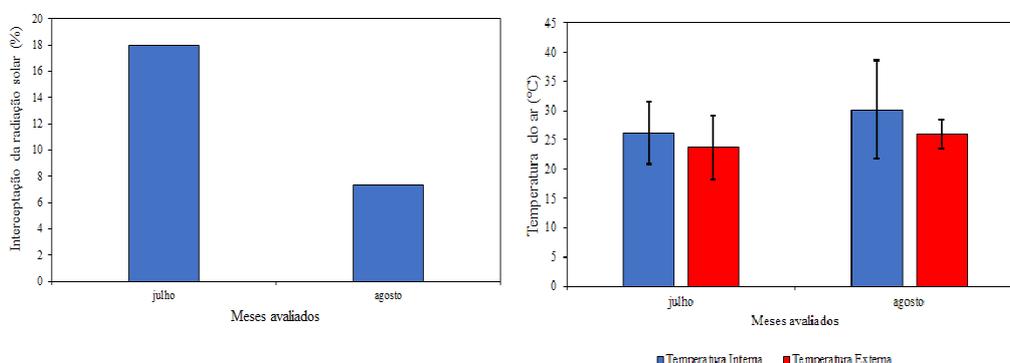


Fonte: Do autor (2022)

#### 4.8. Cultura da Beterraba

No gráfico 15, é possível observar a maior média na interceptação de luz na parcela de beterraba no mês de julho, tal fator se foi devido aos eventos de geada ocorridos entre o final do mês de julho e início do mês de agosto, que fez com que as folhas perdessem a turgescência antes da colheita, esse fator não afetou a qualidade do tubérculo. Na dinâmica da temperatura do ar, o mês de agosto apresentou maiores médias do que o mês de julho mantendo o padrão de maior temperatura interna nos dois meses em relação temperatura externa.

Gráfico 15 – Médias de interceptação da radiação solar e da temperatura do ar em beterraba

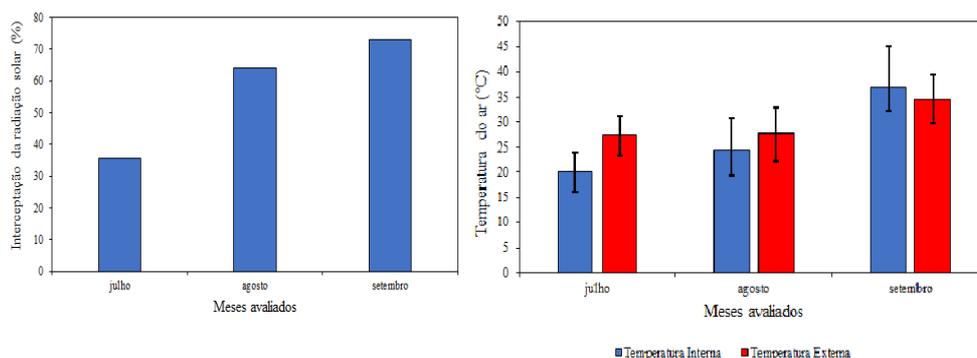


Fonte: Do autor (2022)

#### 4.9. Cultura da couve

Já no gráfico 16, é possível observar que a dinâmica da radiação solar no que tange a interceptação de luz demonstrou uma tendência crescente no decorrer dos meses avaliados, tal fator ocorre devido ao aumento da temperatura e do fotoperíodo. Por motivos semelhantes, a temperatura do ar teve uma elevação das médias mais considerável no mês de setembro, sendo que, ocorreu nesse mês, maiores médias de temperatura interna.

Gráfico 16 – Médias de interceptação da radiação solar e da temperatura do ar em couve

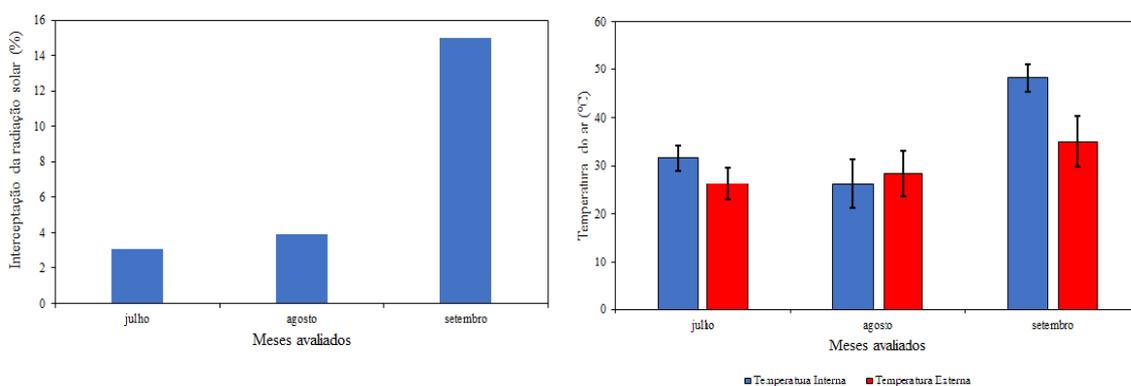


Fonte: Do autor (2022)

#### 4.10. Cultura do Alface

O gráfico 17 evidencia um aumento discrepante de interceptação da radiação solar pelas plantas da parcela de alface, tal fator ocorreu devido a resposta resiliente das plantas em relação ao efeito da geada, sofrendo o murchamento com redução de área foliar com posterior recuperação da total turgescência antes da colheita, tal fator ocorreu também devido as diferenças climáticas com maior incidência solar no mês de setembro. Na temperatura do ar, observa-se um aumento mais considerável também no mês de setembro, sendo que a maior temperatura externa ocorreu apenas o mês de agosto, não demonstrando um padrão da dinâmica da temperatura do ar ao longo desses meses avaliados.

Gráfico 17 – Médias de interceptação da radiação solar e da temperatura do ar em Alface

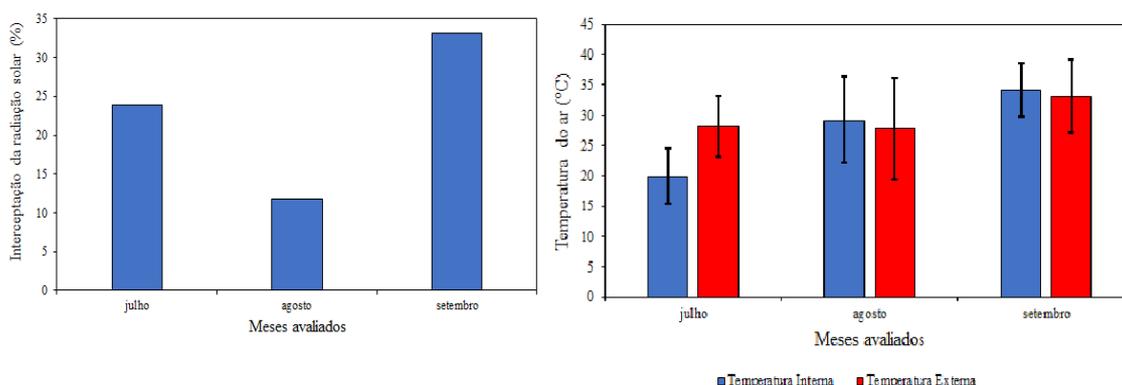


Fonte: Do autor (2022)

Em contrapartida, no gráfico 18 observamos que as médias de interceptação da radiação solar na cultura não apresentarem um padrão ao longo dos meses avaliados, tal fator possivelmente é devido ao maior sombreamento da parcela gerado pelas plantas de banana proporcionando menor incidência da radiação solar. A temperatura interna do ar foi maior do que a temperatura externa nos meses de agosto e setembro, não demonstrando um padrão de comportamento.

#### 4.11.Cultura da cenoura

Gráfico 18 – Médias de interceptação da radiação solar e da temperatura do ar em cenoura



Fonte: Do autor (2022)

Além disso, podemos observar pelos dados da tabela 1 que a média de produtividade em matéria verde da cúrcuma foi de 1.4 kg para o peso de duas plantas que corresponde 0.7 kg/planta com a densidade de plantio de aproximadamente 8,6 plantas/m<sup>2</sup>, totalizando assim aproximadamente 6.2 kg/m<sup>2</sup> de produtividade. De acordo com Berni *et al.*, (2014) a maior produtividade utilizando rizoma-semente de 15g para o plantio foi de 0.834 kg/planta, que corresponde a 1.668 kg para cada duas plantas. portanto, a cúrcuma apresentou menor produtividade em sistema agroflorestal com adubação orgânica.

Tabela 1- Dados da colheita de cúrcuma. Data: 26/05/2021 (peso de duas plantas)

|                                    | MATÉRIA VERDE (kg) | MATÉRIA SECA (kg) |
|------------------------------------|--------------------|-------------------|
| Produtividade média em SAF         | 1.4                | -----             |
| Produtividade média em monocultivo | 1.668              | -----             |

Fonte: Do autor (2022)

De acordo com os dados da tabela 2 e 3, a produtividade média de hortelã peluda na segunda colheita apresentou maior produtividade geral em todas as parcelas devido a maior incidência de chuvas e maiores temperaturas e radiação, associadas à construção da fertilidade do solo ao longo do tempo, a produtividade média geral de matéria verde foi de 0.891 kg/m<sup>2</sup> e de matéria seca foi de 0.144 kg/m<sup>2</sup>. Segundo Inneco (2003), a produção mais alta de matéria seca de hortelã foi de 2.77 ton./ha no segundo corte, que

corresponde à  $0.277 \text{ kg/m}^2$ , sendo assim, a produção de hortelã no sistema agroflorestal com sombreamento apresentou uma menor produtividade possivelmente devido a menor incidência de luz no dossel.

Tabela 2: Dados da primeira colheita de plantas hortelã. Data: 20/04/2021

| Produtividade média | Matéria verde ( $\text{kg/m}^2$ ) | Matéria seca ( $\text{kg/m}^2$ ) |
|---------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| SAF                 | 0.921                             | 0.260                            |
| Monocultivo         | -----                             | 0.277                            |

Fonte: Do autor (2022)

Tabela 3: Dados da segunda colheita de hortelã. Data: 20/11/2021

| Produtividade média | Matéria verde ( $\text{kg/m}^2$ ) | Matéria seca ( $\text{kg/m}^2$ ) |
|---------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| SAF                 | 0.860                             | 0.213                            |
| Monocultivo         | -----                             | 0.277                            |

Fonte: Do autor (2022)

É possível perceber na tabela 4, a produtividade das parcelas de hortelã japonesa no primeiro e no segundo corte, sendo a segunda colheita feita no período de verão com maior produtividade, isso indica que as maiores temperaturas e pluviosidades dessa época influenciaram no aumento da produtividade das plantas. A produtividade média de matéria verde foi de  $0,675 \text{ kg/m}^2$  e de matéria seca foi de  $0.255 \text{ kg/m}^2$ . Segundo Chagas (2011), a produtividade de hortelã japonesa com adubação orgânica a base de esterco bovino em sistema de monocultivo foi de  $0.3012 \text{ kg/m}^2$ . Portanto, a produtividade em sistema agroflorestal apresentou menor valor do que em sistema orgânico de monocultivo, possivelmente devido a menor incidência de luz causada pela estratificação.

Tabela 4: Dados das colheitas de menta.

| Produtividade                              | Matéria verde<br>(kg/m <sup>2</sup> ) | Matéria seca<br>(kg/m <sup>2</sup> ) |
|--|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Primeira colheita<br>Data: 20/04/2021      | 0.650                                 | 0.230                                |
| Segunda colheita<br>Data:<br>20/11/2021    | 0.700                                 | 0.280                                |
| Produtividade<br>média em SAF              | 0.675                                 | 0.255                                |
| Produtividade<br>média em mo-<br>nocultivo | -----                                 | 0.301                                |

Fonte: Do autor (2022)

A tabela 5 contém os dados de colheita do primeiro e do segundo corte das plantas de melissa a média de produtividade de matéria verde foi de 1.329 kg/m<sup>2</sup>, a média de produtividade de matéria seca foi de 0.195 kg/m<sup>2</sup>. De acordo com Meira, Martins e Mangnotti (2012), a produtividade de matéria seca de plantas de melissa com sombreamento de 25% foi de 11.35 g/planta, sendo assim, na densidade de plantio de 8.6 plantas/m<sup>2</sup> equivale a 0.097 kg/ m<sup>2</sup> de matéria seca. Com isso, a melissa cultivada em sistema agroflorestal apresentou maior produtividade de matéria seca, respondendo positivamente ao sombreamento.

Tabela 5: dados das colheitas de melissa.

| Produtividade                         | Matéria verde (kg/m <sup>2</sup> ) | Matéria seca (kg/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Primeira colheita<br>Data: 20/04/2021 | 1.274                              | 0.300                             |
| Segunda colheita<br>Data: 20/11/2021  | 1.385                              | 0.340                             |
| Produtividade média em SAF            | 1.329                              | 0.320                             |
| Produtividade média em monocultivo    | -----                              | 0.097                             |

Fonte: Do autor (2022)

Na tabela 6, correspondente a produtividade das demais hortaliças no sistema agroflorestal, é possível observar uma boa resposta de desenvolvimento no sistema agroflorestal demonstrando uma boa adaptabilidade a condições de sombreamento moderado exercido pelas plantas de bananeira no estrato alto, bem como a resiliência das plantas em relação ao evento de geada.

A produtividade de cebolinha no sistema agroflorestal foi de 4 kg/m<sup>2</sup>, de acordo com site da Embrapa.<sup>3</sup>, a produtividade esperada da cebolinha em monocultivo é de 25 ton./ha, que corresponde à 2.5 kg/m<sup>2</sup>, sendo assim, o cultivo de cebolinha em sistema agroflorestal apresentou maior produtividade por área em relação ao cultivo convencional

A produtividade média de raízes tuberosas de beterraba no sistema agroflorestal corresponde a 2.7 kg/m<sup>2</sup>. De acordo com Côrrea *et al.* (2014) a maior produção de massa fresca por raiz foi de 0.161 kg/planta que constitui a média de 1.61 kg/m<sup>2</sup> sendo 10 plantas/ m<sup>2</sup>. Desse modo, o cultivo em sistema agroflorestal apresentou um maior resultado de produtividade comparado ao sistema de monocultivo.

A produtividade expressa pela couve no sistema agroflorestal foi de 3.9 kg/m<sup>2</sup>. Como visto em Trani (2015), a média de produção de couve manteiga no estado de São

<sup>3</sup> EMBRAPA. Empresa especializada em pesquisa agropecuária. Brasília-DF, 20. ago. 2022. Disponível em: [https://www.embrapa.br/hortalicas/cebola/orcamento-da-producao-de-cebola#:~:text=Produtividade%20esperada%3A%2025.000%20kg%2Fha%20ou%201.250%20cx%20de%2020kg&text=2.,"ser%20adotado%20pelo%20produtor%20rural](https://www.embrapa.br/hortalicas/cebola/orcamento-da-producao-de-cebola#:~:text=Produtividade%20esperada%3A%2025.000%20kg%2Fha%20ou%201.250%20cx%20de%2020kg&text=2.,). Acesso em: 20.ago.2022.

Paulo é de 29 ton./ha que corresponde à 2.9 kg/m. Com isso, a produtividade no sistema agroflorestal superou a produtividade em monocultivo com 1 kg/m<sup>2</sup> a mais de folhas de couve.

Pode-se concluir conforme demonstrado na tabela 6, que o peso médio das plantas de alface foi 0.6 kg. Segundo Ledo (2000) o peso médio de alface crespo cultivar Simpson no sistema de monocultivo a pleno sol é de 0.373 kg/planta, logo a produtividade da alface em sistema agroflorestal foi superior ao cultivo convencional a pleno sol.

No sistema agroflorestal a produtividade da cenoura foi de 2.7 kg/m<sup>2</sup>. Segundo Trani (2015), a média de produtividade de cenoura no verão varia entre 20 e 30 ton/ha no Brasil, que corresponde a 2 kg/m<sup>2</sup> e 3 kg/m<sup>2</sup> respectivamente, por tanto, a produtividade da cenoura no sistema agroflorestal apresentou a produtividade dentro da média nacional.

TABELA 6: Dados da colheita das olerícolas. Data: 25/08/202 (Cebolinha, beterraba, couve, alface e cenoura).

| Olerícolas | Unidades de plantas/m <sup>2</sup> | Peso total das plantas colhidas (kg/m <sup>2</sup> ) | Produtividade média em monocultivo (kg/m <sup>2</sup> ) |
|------------|------------------------------------|--|---|
| Cebolinha  | 12                                 | 4.0  | 2.5   |
| Beterraba  | 10                                 | 2.7  | 1.61  |
| Couve      | 8                                  | 3.9  | 2.9   |
| Alface     | 10                                 | 6.0  | 3.73  |
| Cenoura    | 13                                 | 2.7  | 2.5   |

Fonte: Do autor (2022)

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o término do trabalho nos cultivos do Sistema Agroflorestal concluiu-se que as plantas apresentaram boa produtividade, boa sanidade, e boa capacidade de resiliência levando em conta o episódio de geada que afetou todas as plantas do sistema com exceção das plantas de citros. No decorrer do ano de 2021 foram observados as respostas e o desenvolvimento das plantas nesse modelo de produção ficando evidente que o aumento da fotossíntese está intimamente ligado ao plantio em alta densidade e aos arranjos estratificados, sendo que o sistema agroflorestal trabalha em quatro dimensões tais como: a altura (estrato/andar), o comprimento, a largura e o tempo, oferecendo as plantas um nicho capaz de reduzir o estresse e intensificar a fotossíntese. A cobertura de solo com qualidade e suficiência é a ativadora e mantenedora dos processos biológicos, ciclagem de nutrientes e geração de fertilidade.

Por meio de experimentos como esse, é possível observar e definir qual o estrato que as plantas estão compondo dentro do sistema (baixo, médio, alto ou emergente) bem como, a necessidade de temperatura e incidência luminosa de cada cultura de interesse, considerando sempre o ciclo atual ou o ciclo futuro das plantas que compõe os estratos superiores afim de definir com assertividade o dimensionamento e o manejo do sistema.

No caso do sistema de manejo agroflorestal do Sítio Trovão, é viável que se trabalhe a diversificação da agroflorestal voltada para a estratificação do sistema, tendo em vista que, o sistema é composto apenas por plantas que compõe o estrato médio e o estrato baixo. Desse modo, deve-se acrescentar espécies madeiráveis do estrato alto e aumentar o plantio das espécies companheiras ou de adubação verde, para ampliar e diversificar a incorporação de matéria orgânica no solo, reduzindo assim a mão-de-obra direcionada para capina das plantas daninhas que por sua vez invadem o sistema pouco estratificado.

A diversificação do Sistema Agroflorestal dispensa o uso de insumos exógenos criando sistemas de acumulação, aumentando o teor de matéria orgânica que melhora as condições biológicas, químicas e físicas do solo proporcionando o estabelecimento de plantas mais exigentes e otimizando a fixação de carbono do sistema.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da Agricultura Sustentável**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004.

ALVES, E. J. **A Cultura da Banana: aspectos técnicos, econômicos e agroindustriais**. 2. ed. rev. Embrapa, Cruz das Almas: Bahia, 1999. 585 p.

BERNI, R. F.; CHAVES, F. C. M.; PINHEIRO, J. B.; VAZ, A. P. A. Produção de açafão em função de acessos e do peso de rizomas-semente. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Campinas, v.16, n.3, 2014. p.765-770.

CHAGAS, J. H *et al.* Produção da hortelã-japonesa em função da adubação orgânica no plantio e em cobertura. **Hortic. bras.**, v. 29, n. 3, jul.- set. 2011.

CORRÊA C.V *et al.* Produção de beterraba em função do espaçamento. **Horticultura Brasileira**. v. 32, n.1, 2014. p. 111-114.

CLOVIS, B., L *et al.* Economic analyzes of conventional orange, ic and agroforestry systems in Southern Brazil. **Custos e Agronegócio**, v. 15. 2019. p. 402-432.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 3. ed. Porto Alegre, Editora UFRGS, 2005.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (org.) **Erosão e conservação dos solos: Conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro; Imago editora, 2008. 340p.

HANISCH, A. L *et al.* Persistência de plantas medicinais em sistemas agroflorestais no município de São Bento do Sul, SC, Brasil. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Campinas, v.15, n.4, 2013. p.774-779.

INNECCO, R *et al.* Espaçamento, época e número de colheitas em hortelã-rasteira (*Mentha x villosa Huds*). **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n.2, 2003. p.247 – 251.

JASMAL, S, C.; MISHRA, V. K.; VERMA, K. S. Intercropping Ginger and turmeric with poplar (*Populus deltoides* ‘G-3’ Marsh.). **Agroforestry Systems**. Índia, 1993. p. 111-117.

LÉDO, F. J. S.; SOUSA, J. A.; SILVA, M. R. Desempenho de cultivares de alface no Estado do Acre. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 18, n. 3, 2000. p. 225-228.

MACHADO, L. C. P.; FILHO, L. C. P. M. A agroecologia. IN: \_\_\_\_\_. **Dialética da Agroecologia**. 1. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2014. p- 35-42.

MEIRA, M. R.; MARTINS, E. R.; MANGANOTTI, S. A. Crescimento, produção de fitomassa e teor de óleo essencial de melissa (*Melissa officinalis* L.) sob diferentes níveis de sombreamento. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Botucatu, v.14, n.2, 2012. p.352-357.

NARDINI, C *et al.* Growth and solar radiation use efficiency of corn cultivated in agroforestry systems. **Emirates Journal of Food and Agriculture**. v.31, 2019. p. 535-543.

OLIVEIRA, R. P *et al.* Cultivares de citros recomendadas pela Embrapa Clima Temperado para o Rio Grande do Sul em 2014. **Comunicado Técnico da Embrapa**, Pelotas-RS, 2014. 41 p.

PEREIRA, R. C. A.; MOREIRA, M. R. Cultivo de *Cúrcuma longa* L. (Açafrão-da-índia ou Cúrcuma). **Comunicado Técnico**, nº 142. Fortaleza-CE. 2009.

PEREIRA, R. C. A. Açafrão (*Cúrcuma longa*). EPAMIG.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 9. ed. São Paulo, Nobel, 1979.

PRIMAVESI, A. A.; **A biocenose do solo na produção vegetal e deficiências minerais em culturas, nutrição e produção vegetal**. 1. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2018.

REBELLO, J. F.; SAKAMOTO, D. G. **Agricultura Sintropia segundo Ernest Gotsh**. São Paulo: Ed Reviver, 2021. 156 p.

RESENDE, M *et al.* **Pedologia: Base para distinção de ambientes**. 6. ed. Lavras, Editora UFLA, 2014. p.85-147.

SCHWERZ, F *et al.* Growth, radiation use efficiency and yield of sugarcane cultivated in agroforestry systems: An alternative for threatened ecosystems. **Anais [..]** da Academia Brasileira de Ciências 90, 2018. p.3265-3283.

SCHERWZ, F *et al.* Growth and yield of soybean cultivated in agroforestry systems. **Revista Ceres**, 67, 3, 2020.

\_\_\_\_\_. Ocorrência e importância de plantas daninhas sob sistemas de consorciação de cultivos. **Revista Planta Daninha**, 29, 4, 2011.

\_\_\_\_\_. Técnicas de estimativa da temperatura do ar no estado de Minas Gerais, Brasil, em regiões de clima Cwa E Cwb segundo sistema de classificação climática de Köppen-Geiger. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, 45, 2021.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. Conceitos, Objetivos, escolas e Aplicação dos princípios Agroecológicos. IN: \_\_\_\_\_. **Manual de Horticultura Orgânica**. 3. ed. Ed. Aprenda Fácil, 2014.

SUTHARSAN, S.; SRIKRISHNAH, S. Effect of Different Shade Levels on Growth and Tuber Yield of Turmeric (*Cúrcuma longa* L.) In the Batticaloa District of Sri Lanka. **Agric.& Environ.Sci**, Sri Lanka, 2015. p. 813-816.

TRANI, P. E *et al.* Couve de folha: do plantio á pós-colheita. **Boletim Técnico**. Campinas, 2015. 36 p.

VALARIN, P. J.; MENEZES, E. L. A. Avaliação da Sustentabilidade de Estabelecimentos Rurais de Produção Orgânica de Hortaliças no Estado do Rio de Janeiro pelo Método APOIA-Novo Rural. **Comunicado Técnico da Embrapa**. Seropédica- RJ, 2007.

VENZON, M.; JÚNIOR, T. J. P.; PALLINI, A. (*coord.*) **Avanços no controle alternativo de pragas e doenças**. Viçosa- EPAMIG, 2008.

VOLTINI, L. C *et al.* Uso de água em Sistemas Agroflorestais: Uma breve revisão de literatura. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n.12, 2018.