

UFRRJ

INSTITUTO DE AGRONOMIA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA

ORGÂNICA

DISSERTAÇÃO

Desempenho Agronômico de Consórcios de Espécies de Cobertura de Solo de Inverno nas Condições Climáticas do Município de Itobi, SP

Richard Geremias

2023



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CONSÓRCIOS DE ESPÉCIES DE
COBERTURA DE SOLO DE INVERNO NAS CONDIÇÕES
CLIMÁTICAS DO MUNICÍPIO DE ITOBI, SP**

RICHARD GEREMIAS

Sob a Orientação do Pesquisador
Dr. José Guilherme Marinho Guerra
Embrapa Agrobiologia

e coorientação do Pesquisador
Dr. Ednaldo, da Silva Araújo
Embrapa Agrobiologia

Dissertação submetida como requisito
parcial para obtenção do grau de **Mestre**
em Agricultura Orgânica, no Curso de
Pós-Graduação em Agricultura
Orgânica.

Seropédica, RJ
Novembro, 2023

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA**

RICHARD GEREMIAS

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura Orgânica**, no Curso de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica.

Dissertação aprovada em 01/11/2023

José Guilherme Marinho Guerra
Orientador
Pesquisador Dr. Embrapa Agrobiologia

Anelise Dias
Prof^a. Dra. UFRRJ

Arison José Pereira
Prof. Dr. UNITINS



DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS N° 3380/2024 - PPGAO (12.28.01.00.00.00.36)

(*Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO*)

(Assinado digitalmente em 27/02/2024 10:38)

ANELISE DIAS
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
PPGAO (12.28.01.00.00.00.36)
Matrícula: ####455#5

(Assinado digitalmente em 27/02/2024 11:19)

JOSÉ GUILHERME MARINHO GUERRA
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.857-##

(Assinado digitalmente em 27/02/2024 11:10)

ARISON JOSÉ PEREIRA
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.891-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/documentos/> informando seu número: 3380, ano: 2024, tipo: DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS, data de emissão: 27/02/2024 e o código de verificação: 01888ada8a

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

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

G367d Geremias, Richard, 1986-
 Desempenho agronômico de consórcios de espécies de cobertura de solo de inverno nas condições climáticas do município de Itobi - SP / Richard Geremias. - Casa Branca, 2023.
 47 f.: il.

Orientador: José Guilherme Marinho Guerra.
Coorientador: Ednaldo da Silva Araújo.
Tese(Doutorado). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em Agricultura Orgânica - PPGAO, 2023.

1. Adubação Verde. 2. Manejo de Solo. 3. Agroecologia. 4. Coquetel Vegetal. 5. Plantas multisserviço. I. Guerra, José Guilherme Marinho, 1958 , orient. II. Araújo, Ednaldo da Silva, 1974-, coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós Graduação em Agricultura Orgânica - PPGAO. IV. Título.

BIOGRAFIA

Richard Geremias, nasceu em 28 de março de 1986, natural de Vargem Grande do Sul, SP. Apaixonado pelas árvores desde criança, percebeu a importância da saúde humana e nossa relação com o planeta. Estudou em Sorocaba, no curso de Tecnologia em sistemas biomédicos. Trabalhou com manutenção de equipamentos médicos em São Paulo, onde despertou para a urgência de reconexão com a natureza e com sua essência. Em 2013 houve mudança de rumos, iniciando os estudos de Agronomia em Muzambinho, MG. O tempo dedicado à essa experiência permitiu expandir a consciência sobre sistemas alternativos de produção de alimentos e cultivos sustentáveis, realizou estágio em áreas de cultivo protegido, fazendas de produção em escala e em sistema de produção orgânica, foi quando conheceu o sítio A Boa Terra em 2016, na cidade de Itobi, SP. No ano seguinte iniciou os trabalhos como coordenador de produção no sítio, conheceu em 2018 o Programa de Pós Graduação em Agricultura Orgânica (PPGAO) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ); quando em 2021 iniciou no mestrado profissional avançando nos estudos e práticas em agroecologia e manejo do solo com plantas de cobertura.

AGRADECIMENTOS

A Deus por permitir a luz da vida e o caminho repleto de bênçãos e aprendizados.

Aos meus pais Rose e Zeca, pela abnegação e amor dedicados incondicionalmente.

À minha companheira e esposa Joice, pelo amor, apoio e compreensão e por compartilhar diariamente os desafios e glórias do processo;

À nossa filha Cecília, que nos ensinou a dimensão que o amor pode ser vivenciado, o maior presente e aprendizado de nossa jornada, nossa herança em semente chegou durante o mestrado.

Aos familiares e amigos, pela vibração positiva e energia de confiança transmitidas, foram bálsamo de conforto ao longo da jornada.

Ao Sítio A Boa Terra, seus fundadores Joop e Tini, aos gestores Júlio, Nicolette e Violeta, à equipe de campo da Produção e todos que trabalharam no sítio, devo a vocês essa grande experiência, obrigado por confiarem e permitirem que nosso trabalho avance um pouco a cada dia.

A todos os amigos que conheci na trajetória acadêmica, que fizeram e fazem parte da jornada diária de conhecimento e trabalho contínuo;

Ao amigo e orientador Dr. José Guilherme Marinho Guerra, pela generosidade e espírito fraterno compartilhado, que sua trajetória continue abençoada e que multiplique sempre a luz do conhecimento, obrigado por transmitir e desenvolver com excelência a missão de facilitador da ciência e pesquisa aplicada. Ao coorientador, amigo e professor Dr. Ednaldo da Silva, com quem tive os primeiros contatos com o programa e foi grande incentivador de minha participação; assim como das iluminadas companheiras, professoras e amigas Dra. Anelise Dias e Ms. Lucia Helena Maria de Almeida, graças a vocês tive o despertar para a pós graduação, obrigado por transmitirem segurança e confiança; a todos os professores do PPGAO. Ao amigo Dr. Jhonatan Marins Goulart, pela generosidade na colaboração e adaptação dos trabalhos e resultados, continue com essa satisfação vibrante de auxílio fraterno.

Um grande abraço de luz no coração de todos meus irmãos de jornada, estejamos em sintonia, elevando a consciência na escola da vida e buscando a plenitude e serenidade.

RESUMO

GEREMIAS, Richard. **Desempenho agronômico de consórcios de espécies de cobertura de solo de inverno nas condições climáticas do município de Itobi, SP.** 2023. 35p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

Os sistemas orgânicos de produção integram princípios ecológicos que buscam associar a produção de alimentos à preservação do meio ambiente. Visando fortalecer esses princípios, a utilização de espécies de cobertura de solo voltadas à adubação verde, em cultivos consorciados, pode se constituir em uma estratégia interessante de manejo envolvendo a inter-relação solo-planta-atmosfera que resulta na conversão de fitomassa em matéria orgânica, proporcionando melhorias na fertilidade do solo. A partir desses preceitos, objetivou-se determinar os rendimentos produtivos, em diferentes épocas do ciclo de cultivo, de espécies de cobertura de solo de inverno cultivadas em consórcios, e definir uma densidade ideal de semeadura da fabácea tremoço branco relativamente às demais espécies consortes. O experimento foi conduzido no *sítio A Boa Terra*, município de Itobi, região central do estado de São Paulo. O delineamento estatístico foi o de blocos casualizados com seis tratamentos formados pelos arranjos das espécies de cobertura de solo de inverno, acrescido de um tratamento controle representado pela vegetação de ocorrência espontânea (VE). As espécies avaliadas foram: aveia preta (AP); nabo forrageiro (NF); trigo mourisco (TM); e tremoço branco (TB). Os arranjos de plantio foram compostos de proporções (%) das espécies nas misturas por ocasião da semeadura, como segue: 40AP + 20NF + 40TM; 30AP + 15NF + 30TM + 25TB; 20AP + 10NF + 20TM + 50TB; 10AP + 5NF + 10TM + 75TB; 100TB. Avaliou-se as produtividades de fitomassa fresca e seca de parte aérea aos 30, 51 e 80 dias após a semeadura (DAS). Dentre as espécies avaliadas formando as misturas das plantas de cobertura de solo de inverno, o nabo forrageiro apresentou alto potencial de produtividade de fitomassa seca de parte aérea, refletindo a maior habilidade competitiva em relação às demais espécies, com destaque aos 80 DAS, alcançando produtividade superior a 10 Mg ha^{-1} . Considerando as diferentes proporções de misturas das espécies de cobertura de solo de inverno, aquela que propiciou a maior viabilidade e expressão da produção de fitomassa de parte aérea seca do tremoço branco foi 50% da fabácea na mistura, em que esta espécie alcançou produtividade de parte aérea seca de $1,38 \text{ Mg ha}^{-1}$ e o respectivo consórcio $12,56 \text{ Mg ha}^{-1}$ de fitomassa de parte aérea seca.

Palavras-chave: agroecologia, manejo de solo, adubação verde

ABSTRACT

GEREMIAS, Richard. **Agronomic performance of intercropped winter cover crop species under the climatic conditions of Itobi, SP.** 2023. 35p. Dissertation (Master's in Organic Agriculture). Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

Organic production systems integrate ecological principles that associate food production with environmental preservation. In order to enhance these principles, soil cover species aimed at green manure in intercropped crops can constitute a management strategy involving the soil-plant-atmosphere interrelationship that results in the phytomass conversion into organic matter, providing soil fertility improvements. Based on these precepts, this work aimed to determine the productive yields, at different cultivation periods, of winter ground cover plants cultivated in intercrops, and to define an ideal sowing density of the white lupine relative to the other consort species. The experiment was conducted at the A Boa Terra farm, in the municipality of Itobi, central region of the state of São Paulo. The experimental design was randomized blocks with six treatments formed by the arrangements of winter ground cover species, and a control treatment represented by spontaneously occurring vegetation (VE). The species evaluated were: black oat (AP); forage turnip (NF); buckwheat (TM); and white lupine (TB). The planting arrangements were composed of the species proportion(%) in the mixtures at the time of sowing: 40AP + 20NF + 40TM; 30AP + 15NF + 30TM + 25TB; 20AP + 10NF + 20TM + 50TB; 10AP + 5NF + 10TM + 75TB; 100TB. The fresh and dry shoot phytomass productivity was evaluated at 30, 51, and 80 days after sowing (DAS). Among the species evaluated, forage turnip showed a higher potential for dry shoot phytomass productivity than forming mixtures of winter ground cover plants, reflecting the greater competitive ability in relation to other species, especially at 80 DAS, achieving productivity greater than 10 Mg ha^{-1} . Considering the different proportions of mixtures of winter ground cover species, the one that provided the greatest viability and expression of the phytomass production of shoots was the white lupine with a proportion of 50% of this leguminous plant in the mixture reached 1.38 Mg ha^{-1} of dry phytomass and 12.56 Mg ha^{-1} of the respective consortium.

Keywords: agroecology, soil management, green manure

LISTA DE ABREVIASÕES E SÍMBOLOS

ATRAI	Associação dos Trabalhadores Rurais de Itobi
Ca	Cálcio
CIIAGRO	Centro integrado de informações agrometeorológicas
cm	Centímetro
CTC	Capacidade de troca de cátions
dm	Decímetro
DAP	Dias após o plantio
DAS	Dias após semeadura
EM	Microrganismos eficientes
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FBN	Fixação biológica de nitrogênio
FNR	Fosfato Natural Reativo
FMA	Fungos micorrízicos arbusculares
FMF	Fitomassa fresca
FMS	Fitomassa seca
g	Grama
GSL	Glucosinolatos
ha	Hectare
IAC	Instituto Agronômico de Campinas
IBD	Instituto Biodinâmico de Botucatu
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ITC	Isotiocianato
K	Potássio
Kg	Quilogramas
m	Metro
mm	Milímetro
Mg	Magnésio
Mg ha ⁻¹	Megagrama por hectare
N	Nitrogênio
N ₂	Nitrogênio atmosférico
UD	Unidade demonstrativa
P	Fósforo
PESAGRO-RIO	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro
PPGAO	Programa de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica
RPCP	Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas
S	Enxofre
t	Tonelada
UNITINS	Universidade Estadual do Tocantins
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
V %	Saturação por bases

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultado de análise de terra da área onde foi instalado o experimento, Quadra 4 no Sítio A Boa Terra, Itobi, SP, 2022.....	17
Tabela 2. Proporções das espécies de cobertura de solo e equivalência em massa de sementes utilizadas nos diferentes arranjos de cultivo compondo os tratamentos. Itobi-SP, sítio A Boa Terra, 2022.....	18
Tabela 3. Densidade de semeadura das espécies de cobertura de solo nos diferentes arranjos de cultivo compondo os tratamentos. Itobi, SP, sítio A Boa Terra, 2022.....	19
Tabela 4. Produtividades de fitomassa de parte aérea fresca e seca das espécies de cobertura de solo nos diferentes arranjos de cultivo, aos 30 dias após a semeadura, nas condições climáticas de Itobi, SP, no ano de 2022.....	20
Tabela 5. Produtividades de fitomassa de parte aérea fresca e seca das espécies de cobertura de solo nos diferentes arranjos de cultivo, aos 51 dias após a semeadura, nas condições climáticas de Itobi, SP, no ano de 2022.....	22
Tabela 6. Produtividade de fitomassa de parte aérea seca das espécies de cobertura de solo nos diferentes arranjos de cultivo, aos 80 dias após a semeadura, nas condições climáticas de Itobi, 24 SP, no ano de 2022	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dados meteorológicos mensurados durante a condução do trabalho experimental. Informações geradas pela estação meteorológica Radar IAC/CIIAGRO, para o município de Itobi, SP.....	17
Figura 2. Distribuição proporcional da produtividade de fitomassa de parte aérea seca por espécie nos diferentes arranjos de cultivo, em relação ao total, aos 30 dias após a semeadura, nas condições climáticas de Itobi, SP, no ano de 2022.....	21
Figura 3. Distribuição proporcional da produtividade de fitomassa de parte aérea seca por espécie nos diferentes arranjos de cultivo em relação ao total, aos 51 dias após a semeadura, nas condições climáticas de Itobi, SP, no ano de 2022.....	23
Figura 4. Distribuição proporcional da produtividade de fitomassa de parte aérea seca das espécies nos diferentes arranjos de cultivo em relação ao total das misturas, aos 80 dias após a semeadura, nas condições climáticas de Itobi, SP, no ano de 2022.....	24
Figura 5. Distribuição da produtividade de fitomassa de parte aérea seca ($Mg\ ha^{-1}$) aos 30, 51 e 80 dias após a semeadura, nas condições climáticas de Itobi, SP, no ano de 2022.....	25

ANEXOS

Figura 1. Estratificação na mistura de espécies de cobertura aos 55 dias após a semeadura.....	34
Figura 2. (A) Preparo dos canteiros e semeadura; (B) espécies aos 10 dias após a semeadura.34	
Figura 3. Imagens fotográficas relativas a detalhes no sistema radicular das espécies cultivadas em diferentes misturas nas condições climáticas em Itobi, SP, no ano de 2022. (A) Nodulação em tremoço branco (15 DAS); (B) 30 dias após semeadura; (C) Raiz fasciculada com agregação de solo em aveia preta aos 30 dias após semeadura	34
Figura 4. (A) Vista dos canteiros aos 30 DAS; (B) pleno florescimento aos 55 DAS; (C) 80 DAS com dominância do nabo forrageiro.	35
Figura 5. (A) Diversidade de espécies e florescimento do trigo mourisco aos 42 dias; (B) Sílicas em amadurecimento aos 80 dias	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Sítio A Boa Terra	2
2.2 Espécies de cobertura do solo e adubação verde.....	3
2.2.1 Desafios desde a implantação dos cultivos de cobertura de solo	7
2.2.2 Misturas multifuncionais.....	8
2.3 Espécies de inverno avaliadas no presente estudo	9
2.3.1 Aveia preta (<i>Avena strigosa</i>).....	9
2.3.2 Nabo Forrageiro (<i>Raphanus sativus</i>).....	10
2.3.3 Trigo Mourisco (<i>Fagopyrum esculentum</i>).....	13
2.3.4 Tremoço Branco (<i>Lupinus albus</i>)	15
2.4 Cenário atual e contextualização do projeto de pesquisa.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Caracterização da área experimental	17
3.2 Delineamento experimental e descrição das atividades.....	18
3.3 Tratamento estatístico dos dados	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5 CONCLUSÕES	25
6 CONSIDERAÇÕES GERAIS	26
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
8 ANEXOS	34

1 INTRODUÇÃO

O manejo adequado do solo proporciona condições favoráveis ao estabelecimento e à produção das espécies cultivadas. Predominantemente, o manejo da fertilização das áreas agrícolas em sistemas de produção ditos “convencionais” é associado à fertilização com fontes sintéticas de nutrientes; e ao intenso revolvimento do solo e à eliminação da cobertura vegetal formada pelas espécies de ocorrência espontânea, acarretando na exposição que favorece os processos erosivos, ocasionando perdas expressivas de terra que carreiam carbono e nutrientes essenciais ao crescimento vegetal.

Considerando o exposto, a utilização de espécies de cobertura de solo voltadas à adubação verde se torna uma prática de manejo fundamental com vistas à proteção dos solos, ainda que por período de tempo relativamente curto ao longo do ano. Em adendo, a adubação verde possibilita aportar na camada de solo efetivamente ocupada pelas raízes absorventes da grande maioria das espécies anuais comerciais quantidades expressivas de carbono, por meio da incorporação da fitomassa, e de nutrientes ciclados de camadas mais profundas do solo ou, no caso do N, alta proporção deste elemento essencial derivado da atmosfera quando se cultivam espécies de cobertura da família *Fabaceae*.

Nos sistemas orgânicos de produção, o cultivo das espécies de cobertura de solo para adubação verde é amplamente difundido, embora ainda pouco utilizado, com vistas à diversificação do sistema; à descompactação e ao controle de fitomoléstias de solo; à atração de artrópodes inimigos naturais de pragas agrícolas e de insetos polinizadores; além dos aspectos ligados à fertilidade química do solo destacados anteriormente. As espécies destinadas a esse fim podem ser cultivadas em monocultivos, consorciadas a culturas de interesse econômico, ou ainda em consórcios múltiplos, denominados de coquetéis vegetais. Nesta última modalidade deve-se destacar que há pouca experiência acumulada sobre os benefícios efetivos dos coquetéis.

Contudo, os coquetéis vegetais, além da diversificação inerente que promovem, podem carrear características funcionais complementares entre as espécies, em decorrência, sobretudo, de suas características botânicas e morfológicas distintas. Dentre as espécies de inverno frequentemente utilizadas, destacam-se membros das famílias *Fabaceae*, *Poaceae*, *Asteraceae*, *Brassicaceae* e *Polygonaceae*.

Apesar dos benefícios relatados com a utilização de plantas de cobertura de solo com vistas à adubação verde, com destaque aos consórcios múltiplos, a adoção desta estratégia de manejo da adubação verde requer conhecimentos preliminares oriundos de trabalhos de pesquisa adaptativos relativos, por exemplo, a conjuntos compatíveis de espécies, bem como de proporções adequadas de cada espécie dentro de determinado consórcio para que se expresse plenamente o potencial de produção de fitomassa.

Destarte, a hipótese posta sob teste no presente trabalho é que há uma proporção ótima para a composição de um consórcio de espécies de cobertura de inverno formado por aveia preta, nabo forrageiro e trigo mourisco associados ao tremoço branco, de forma a beneficiar o desempenho agronômico desta fabácea.

Diante do exposto, os objetivos deste trabalho foram determinar os rendimentos produtivos, em diferentes épocas do ciclo de crescimento, de espécies de cobertura de solo de inverno, cultivadas em consórcios, e definir uma densidade ideal de semeadura da fabácea tremoço branco relativamente às demais espécies consortes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sítio A Boa Terra

A história do sítio começa quando Joop e Tini, um casal de holandeses, no decorrer de sua jornada, observando as condições sociais, vivenciando os trabalhos com agricultura e uso de pesticidas; se inspiraram na necessidade humana de cultivar relação saudável com o próximo e com o planeta, então em 1981, fundaram um dos sítios pioneiros em agricultura orgânica no Brasil, o *Sítio A Boa Terra*.

No início da década de 90, um acontecimento importante foi o movimento social mediado pela Sra. Tini, possibilitou a construção em mutirão, o Bairro União, através de ação coletiva com famílias sem moradia, e a Associação de Trabalhadores Rurais de Itobi (ATRAI), foi fundada, onde famílias receberam um hectare de terra no sítio para cultivar seus alimentos nos períodos de entressafra, principalmente nas colheitas de algodão. A partir desses eventos a produção foi tomando forma e as primeiras experiências com cultivo de hortaliças e montagem de cestas diversificadas com produtos sem veneno ou adubo químico foram entregues no município, e na década de 90, a produção foi certificada.

Atualmente o sítio tem área produtiva de 12 hectares, cultivada com frutas e hortaliças diversas e mais de 30 colaboradores envolvidos nos processos de produção, embalagem e comercialização.

O cenário atual apresenta muitos desafios para a produção orgânica de hortaliças, o manejo da fertilidade do solo nesses sistemas se caracteriza pelo aporte de resíduos de origem animal, necessidade de produzir fitomassa vegetal e manejo intensivo de capinas. A elevação dos custos e a escassez de esterco animal para fertilização são uma realidade que torna urgente a gestão de resíduos para compostagem na propriedade, porém se faz urgente a adoção de práticas que possibilitem a redução desses insumos de adubação, melhorando a fertilidade nas áreas e a conservação do solo e da água, com uso do potencial das plantas de cobertura e adubação verde, reciclando nutrientes in situ e potencializando atividade biológica com melhor uso das espécies.

Conquanto a utilização de espécies de cobertura para adubação verde é parte do manejo do solo no contexto do *Sítio A Boa Terra*, seja em cultivos em sucessões ou em consórcios com as lavouras comerciais, seja em cultivos exclusivos ou em misturas, busca-se alcançar os benefícios decorrentes da introdução desta prática agrícola nas dimensões amplas da fertilidade do solo, por meio de efeitos em suas características biológicas, físicas e químicas. Todavia, ainda não há claramente uma ideia formada do desempenho fitotécnico de espécies de cobertura de inverno cultivadas consorciadas no ambiente do *Sítio A Boa Terra*.

2.2 Espécies de cobertura do solo e adubação verde

O manejo adotado em sistemas de produção orgânica deve integrar princípios sustentáveis, que promovam o bem-estar dos envolvidos nas atividades, a preservação dos ecossistemas naturais e a conservação da água e do solo. No que se refere ao manejo do solo, a gestão de fitomassa e a ciclagem de nutrientes são essenciais para o fortalecimento do sistema. Nesse contexto, a adubação verde é alternativa prática e eficaz para o fornecimento de nutrientes e a adição de matéria orgânica ao solo (GUERRA et al., 2007; SANTOS et al., 2011).

As espécies de cobertura de solo, utilizadas para fins de adubação verde, são relatadas desde as antigas civilizações dos egípcios, gregos, babilônios, romanos e chineses. As espécies contribuíam para o controle de erosão e fornecimento de nutrientes para os cultivos subsequentes. No entanto, com o advento dos insumos modernos e intensificação da agricultura dita convencional, no século passado, houve uma tendência em desconsiderar o papel dessa

prática no manejo da fertilidade e conservação do solo. Somente nas últimas décadas, impulsionado pelos impactos negativos causados pelo manejo inadequado do solo e avanço de estudos científicos, retomou-se à devida importância da utilização desta técnica (FLORENTIN et al., 2011; CALEGARI, 2023).

As espécies de cobertura de solo, são plantas predominantemente de ciclo anual, semi-perenes ou perenes, com diversidade funcional e de hábitos de crescimento diversificados. Em sua maioria, apresentam rusticidade e maior potencial de produção de fitomassa quando comparadas as espécies espontâneas. Tais espécies podem ser manejadas em sistema de sucessão visando o plantio direto, rotação de culturas ou em consórcio com as culturas de interesse econômico. Após o manejo de corte, a fitomassa pode ser incorporada ou mantida em superfície, contribuindo para a redução de insumos externos e melhorando o equilíbrio ambiental (ESPINDOLA et al., 1997; ESPINDOLA et al., 2005; ANGELETTI et al., 2018).

Resultados de pesquisa publicados no Brasil e no mundo, evidenciam os benefícios das espécies utilizadas para cobertura do solo e adubação verde:

- Proteção do solo: Redução de processos erosivos (erosão hídrica e eólica), estruturação do solo formando agregados estáveis e proteção da superfície pela ação de cobertura viva ou palhada, amenizando o impacto das gotas, o escoamento superficial e o vento (SMOLIKOWSKI; PUIG; ROOSE, 2001; GUERRA et al., 2023);
- Teor de umidade: Redução da evaporação da superfície em solo coberto, conservação da umidade da irrigação e das chuvas, aumento da retenção de água. Ampliação de micro poros do solo, criados pela fauna edáfica e pelas raízes, melhorando a capacidade de recarga (taxa de infiltração e armazenamento de água) (LIMA et al., 2009; BAHIENSE et al., 2015);
- Descompactação e estruturação do solo: Ação do sistema radicular no rompimento de camadas compactadas; melhorando a estrutura do solo e aeração. Aumento da população de minhocas e de substâncias húmicas. Redução das perdas no escoamento superficial, manutenção da umidade e aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) (CORRÊA, 2002; KORUCU; SHIPITALO; KASPAR, 2018);
- Cerva viva e geração de fitomassa: Espécies com potencial formação de barreiras vivas, utilizadas com multifuncionalidade, são úteis na proteção de

áreas com exposição a fatores abióticos, principalmente o vento que carrega a umidade da superfície; para a produção de fitomassa estas espécies devem ter alta capacidade de rebrota e formação de ramos, ou perfilhos, suportando podas sucessivas, cuja fitomassa pode ser disposta em cobertura, ou triturada para utilização em compostagem (SUMITHRA; NAYAK; POOJA, 2023);

- Ciclagem de nutrientes e Matéria orgânica do solo (MOS): Os resíduos dos cultivos de cobertura, deixados no solo ou incorporados, podem substituir parcialmente a utilização de fertilizantes químicos, melhorando o rendimento das colheitas e estabilizando a produtividade. Além disso, possibilitam o aumento do carbono orgânico do solo (COS), emergindo e reciclando nutrientes das camadas profundas, além da captura de N₂ atmosférico pela fixação biológica de Nitrogênio (FBN) (AITA; GIACOMINI, 2003; LEAL et al., 2019);
- Captura secundária de nutrientes: Espécies desenvolvidas após a colheita da cultura comercial, podem ser semeadas em pré-colheita ou sobressemeadura, normalmente cultivadas por um breve período. Este manejo possibilita o aproveitamento residual de fertilizantes, retendo nutrientes na fitomassa que de outra forma poderiam ser perdidos pelo escoamento da água ou na lixiviação durante o período de entressafra (TIECHER et al., 2012; SUMITHRA; NAYAK; POOJA, 2023);
- Introdução de resiliência e adaptação às alterações climáticas: Auxiliam na capacidade adaptativa dos agrossistemas em resposta ao estresse e instabilidade climática; ajudam nas épocas de estiagem ou precipitações intensas, mantendo o solo protegido; reduzem o uso de fertilizantes nitrogenados com alto índice salino e dos combustíveis fósseis, e a lixiviação de nitratos para as águas e a volatilização de gases de efeito estufa (SHARMA et al., 2018; SUMITHRA; NAYAK; POOJA, 2023);
- Manejo de ervas: A supressão de ervas espontâneas reduz os custos com capinas ou herbicidas, uma vez que as culturas de cobertura competem por luz, água e nutrientes e precisam crescer o suficiente para superar/impedir as espécies indesejadas. Os efeitos podem ser físicos, formando cobertura morta (mulching) e domínio do dossel, por sombreamento; efeitos químicos quando os aleloquímicos presentes no tecido vegetal e exsudados radiculares, auxiliam ou suprimem certas espécies; e efeito biológico através das mudanças da fauna

edáfica, alterando as condições para espécies inoportunas prosperarem (COUËDEL et al., 2018; SHARMA et al., 2018; SMITH et al., 2020);

- Controle natural de fitomoléstias: O incremento de biodiversidade favorece as populações de organismos antagônicos às pragas, entre pássaros, insetos benéficos, aracnídeos e uma série de microrganismos (fungos, bactérias e vírus) que atuam como controle biológico natural das pragas, suprimindo populações desequilibradas de insetos com potencial de causar danos aos cultivos, e fitopatógenos (PRIMAVESI, 2002; DINIZ, 2011; GUERRA et al., 2023);
- Atração de polinizadores: O manejo do hábitat com o cultivo de espécies floríferas é uma inserção estratégica, oferecendo ambientes de refúgio para insetos que se beneficiam de pólen e néctar. Tal fato favorece a polinização dos campos agrícolas, essencial para algumas espécies. Servem somente fonte alimentar para abelhas nativas, criação de abelhas e produção de mel, além de atrair outros predadores e parasitoides que atuam no controle biológico (ROSADO, 2007; ARAJ; WRATTEN, 2015; BARROS, 2020);
- Bioativação do solo: Promove o crescimento das populações microbianas no solo, o desenvolvimento de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCP), bactérias diazotróficas de vida livre, fungos micorrízicos arbusculares (FMA), solubilizadores de fósforo (P), mineralizadores de matéria orgânica, microrganismos antagonistas de patógenos, atenuando desequilíbrios com fitonematoídes e doenças nos cultivos (POSSINGER; BYRNE; BREEN, 2013; DAMON et al., 2014; FAYAD et al., 2019);
- Renda suplementar: Algumas espécies podem ser úteis como forrageiras e pastagem, servindo simultaneamente como cultura de cobertura e fonte de alimentação humana e renda com colheita de sementes, grãos, silagem e feno (CALEGARI, 2023; WUTKE et al., 2023);
- Recuperação de áreas degradadas e fitorremediação: Determinadas espécies têm a capacidade de prosperar em solos depauperados, ácidos ou alcalinos, podendo regenerar áreas improdutivas, atuando como fitorremediadoras, reduzindo índices de salinidade e extraíndo elementos tóxicos e metais pesados (MITCHELL et al., 2001; COUËDEL et al., 2019);
- Função paisagística e beleza cênica: O embelezamento da propriedade pode servir como atrativo para o turismo ecológico. Além disso, a contemplação de

paisagens naturais é um fator positivo no desenvolvimento da sensibilidade humana, promovendo bem-estar, equilíbrio e consciência no momento presente (WUTKE et al., 2023);

Essas vantagens decorrentes dos cultivos de espécies de cobertura de solo para adubação verde justificam a sua adoção generalizada. No entanto, é muito importante o planejamento do cultivo da semeadura até o encerramento/terminação, o critério de seleção das espécies de adubos verdes mais adequadas para cada tipo de solo, clima e sua adaptação à realidade regional. Muitas espécies cumprirão diversos serviços ecossistêmicos listados, porém nenhuma servirá para todos os fins. Dentre as espécies mais utilizadas na adubação verde estão: leguminosas (*Fabaceae*), gramíneas (*Poaceae*), brássicas (*Brassicaceae*), asteráceas (*Asteraceae*) e poligonáceas (*Polygonaceae*).

2.2.1 Desafios desde a implantação dos cultivos de cobertura de solo

Muitos produtores desconhecem as melhores opções na rotação de culturas. A sucessão ordenada de cultivos, depende de um planejamento criterioso e adequação dos processos no tempo e no espaço. As principais restrições técnicas que influenciam o desempenho das culturas de cobertura ocorrem principalmente na semeadura e na terminação; as culturas de cobertura normalmente não requerem manejo intensivo ou atividades ao longo do ciclo.

A escolha das espécies depende das condições climáticas, tendo em vista que as espécies apresentam diferentes sensibilidades a estresses abióticos, dependendo diretamente da disponibilidade de água e temperatura. A partir do diagnóstico da área realiza-se a escolha do método de semeadura, semeando a lanço ou em linhas. Outro desafio é a necessidade de mão de obra com a ação de plantio, podendo ser realizado manualmente em pequenas áreas (SHARMA et al., 2018; WUTKE et al., 2023).

Os custos com sementes são significativos na fase de estabelecimento, cujos passos seguintes são determinar a espécie (serviços e desserviços), a taxa de germinação, o tempo de emergência e a densidade populacional. Poucos estudos identificam a densidade ideal para um serviço específico (principalmente aumento de produção de fitomassa). No entanto, essa otimização na população de plantas é a principal forma de reduzir os custos de semeadura.

Existem cuidados especiais na recomendação de redução da densidade de semeadura, pois recomendações baixas ou emergências inadequadas poderão produzir coberturas desuniformes, fato que favorece a mato competição. A disponibilidade de sementes idôneas é fundamental para garantir uma boa emergência, grande desafio e uma das principais fontes de

variabilidade, assim como a velocidade de emergência e desenvolvimento inicial favorecem a dominância das espécies de cobertura (TRIBOUILLOIS et al., 2016; CHAPAGAIN; LEE; RAIZADA, 2020).

O preparo do solo e os herbicidas são os métodos de terminação mais utilizados, qualquer que seja a espécie de cobertura utilizada. No entanto, esses métodos têm muitas desvantagens, como custos econômicos e ambientais. Outros tipos de terminações mecânicas podem ser utilizados, com destaque ao tombamento com rolo faca, grade niveladora, roçagem, trituração ou incorporação em baixa profundidade, fornecendo uma abordagem alternativa.

A seleção de espécies com requisitos semelhantes pode melhorar o sucesso da terminação. Se as culturas de cobertura não forem devidamente eliminadas, podem reaparecer, chamado de potencial de reemergência; ou por formação de banco de semente podem competir com a cultura primária em momento inoportuno. Uma curiosidade é que em algumas é possível interromper o cultivo pela ação do inverno, das geadas e da neve, em algumas regiões reduzindo custos de terminação (SHARMA et al., 2018).

O tempo de permanência varia conforme o objetivo e ecofisiologia das espécies. Para a maioria das culturas é recomendado que sejam manejadas em época de pleno florescimento, quando de maneira geral há maior concentração de nutrientes na parte aérea. Apesar das técnicas promissoras para estabelecer e encerrar culturas de cobertura multiserviços, existem poucos trabalhos publicados a respeito de como otimizar economicamente o manejo de culturas de cobertura e menos informações sobre coquetéis de plantas (CALEGARI, 2016; COUËDEL et al., 2019).

2.2.2 Misturas multifuncionais

O cultivo de coberturas vegetais multiespécies (CCVM) a priori, possibilita benefícios sistêmicos além dos decorrentes dos monocultivos, porém, para tanto é importante conhecer o desempenho agronômico das espécies nos cultivos exclusivos e suas interações nos policultivos. Embora publicações técnico-científicas mostrem resultados satisfatórios, estudos relativos aos CCVM possuem limitações no que se refere à ampla disseminação, tendo em vista que o desempenho das espécies é sujeito às condições locais, relacionadas aos aspectos edafoclimáticos e, portanto, devem ser testados regionalmente para que sejam efetivamente apropriados pelos agricultores (CHU et al., 2017).

De acordo com o descrito por Khatounian (2001), a solução para simular a natureza seria

cultivar um conjunto de espécies com hábitos de crescimento e necessidades contrastantes, idealmente, de nichos complementares. A dificuldade reside justamente em identificar as complementariedades e encaixar o conjunto de espécies no sistema de rotação visado. A utilização de misturas de espécies é a opção mais assertiva do que inserir culturas não ideais na dinâmica de rotação.

Chapagain et al. (2020) mencionaram que a semeadura de misturas pode aumentar os custos de produção se comparadas ao cultivo simples e propõe uma série de critérios para o cultivo ser bem-sucedido, desde a escolha e número de espécies, o método de semeadura (manual ou mecanizado), a densidade populacional das espécies, a proporcionalidade na mistura, presença de dormência e o tempo de germinação. Todos esses fatores associados à variável climática determinam a qualidade da cobertura com multiespécies.

Nas misturas devem ser evitadas espécies proliferadoras de populações de fitonematoides, sendo que as mais recomendadas pelos resultados efetivos e aumento na produtividade das culturas, são as misturas com proporções de leguminosas. O sistema de plantio direto (SPD) conceituou cultivar gramíneas ou a mistura com espécies de maior relação C/N nos esquemas de rotação, obtendo mais estabilidade à cobertura morta. O porte e o hábito de crescimento devem ser adequados à composição florística, avaliando o método de manejo da fitomassa para cada objetivo (COUËDEL et al., 2019).

2.3 Espécies de inverno avaliadas no presente estudo

2.3.1 Aveia preta (*Avena strigosa*)

A aveia preta (*Avena strigosa*) é espécie da família *Poaceae* (gramínea), originária da Ásia, possui sistema radicular fasciculado e alta capacidade de perfilhamento (hábito cespitoso); as plantas podem atingir até 1,20m de altura, sendo preconizada de forma recorrente para cobertura de solo nos períodos de temperaturas amenas. Desenvolve-se melhor quando a semeadura é realizada entre março e julho, apresentando elevada capacidade de cobertura e produtividade de fitomassa. Geralmente a aveia preta tem elevado efeito supressor (alelopatia positiva) sobre infestantes, reduzindo os custos com capinas ou herbicidas. A espécie pode ser consorciada com espécies compatíveis, sendo excelente estruturadora de solo e forrageira (CALEGARI et al., 1993).

Para produção de fitomassa recomenda-se de 40 a 60 kg de sementes ha⁻¹. Podendo ser utilizada em sobressemeadura no milho safrinha, em fase de crescimento vegetativo, com 50 cm a 70 cm de altura. Nessa situação de semeadura a lanço recomenda-se um adicional de 20%

de sementes em relação a semeadura em linhas. A aveia preta pode ser semeada por adubadeiras e distribuidores pendulares, seguidos de incorporação leve. A cultivar Iapar 61 (aveia-preta de ciclo longo), tem grande capacidade de perfilhamento (de 15 a 25 perfis por planta) e produtividade de fitomassa seca de 6 t ha⁻¹. Já materiais graníferos de aveia branca tem rendimentos de até 5 t ha⁻¹ de grãos e rendimento de fitomassa em torno de 20 t ha⁻¹ a 25 t ha⁻¹ de massa verde (DERPSCH; CALEGARI, 1992).

Estudos comprovam que o uso de misturas de aveia com brássicas e leguminosas são eficientes contentores de erosão do solo e em sistemas rotacionados consorciado com ervilha (*Pisum sativum*) indicaram ampliação na população de minhocas em comparação ao solo nu (KORUCU; SHIPITALO; KASPAR, 2018; COUËDEL et al., 2019).

A dormência fisiológica é a principal classe de dormência presente nos cereais de estação fria e normalmente ocorre pela ação do ácido abscísico (ABA), hormônio inibidor do desenvolvimento do embrião (BASKIN; BASKIN, 2004). Feliceti (2022) considera que cultivares de aveia normalmente tem dormência com duração de até 60 dias após a colheita. Kehl (2021) comparou banco de germoplasma e concluiu que os genótipos de aveia preta Iapar 61 apresentam os maiores percentuais de dormência.

2.3.2 Nabo Forrageiro (*Raphanus sativus*)

O nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), é uma brássica (família *Brassicaceae*), originária da Ásia, que se adapta bem em solos de baixa fertilidade e às condições do sul e sudeste brasileiro, tolerante a geadas e favorecida por temperaturas amenas. É uma espécie anual, herbácea, ereta, com sistema radicular pivotante, profundo e tuberoso, atuando na descompactação do solo.

A germinação e o crescimento inicial são rápidos, demandando pouca umidade, cuja altura das plantas pode atingir 1,8 m. A produção de fitomassa seca varia de 2 t ha⁻¹ a 6 t ha⁻¹. A fitomassa promove elevada ciclagem de nutrientes e mesmo não fixando nitrogênio em associação com microrganismos, disponibiliza o nitrogênio absorvido do solo para culturas sucessoras, cuja disponibilidade varia de 60 a 180 kg ha⁻¹ ano⁻¹. (CALEGARI et al., 1993; AITA; GIACOMINI, 2003; LIMA FILHO et al. 2014; CARLOS, 2016; CALEGARI, 2023).

A recomendação para semeadura simples de nabo forrageiro pode chegar a 20 kg de sementes ha⁻¹ visando a rápida cobertura do solo ou de 2 a 10 kg ha⁻¹ para produção de sementes ou em misturas. Esta espécie apresenta efeito alelopático positivo em amendoim bravo (*Euphorbia heterophylla*), capim marmelada (*Urochloa plantaginea*) e capim-colchão

(Digitaria horizontalis) (WUTKE et al., 2023).

O nabo forrageiro pode ser cultivado em misturas com tremoço (*Lupinus* sp.), ervilhaca (*Vicia* sp.), aveia preta (*Avena strigosa*), centeio (*Secale cereale*), azevém (*Lolium multiflorum*) e mostarda branca (*Sinapis alba*) em manejo rotacionado para suprimir ervas espontâneas em solos de baixa fertilidade e diminuir a população e banco de sementes de infestantes (COUËDEL et al., 2018; WUTKE et al., 2023).

Entre os desserviços do nabo forrageiro está a formação e liberação de sementes viáveis que podem abastecer os bancos de sementes; a maturação das siliquas é favorecida por temperaturas mais elevadas e dias longos, com potencial de infestação nas áreas de cultivo, daí a importância do planejamento e encerramento do ciclo quando as sementes não estiverem viáveis (CALEGARI et al., 1993).

Experiências de Mitchell et al. (2001) mostraram a capacidade de estabelecimento e potencial das Brássicas, desenvolvendo maior fitomassa da parte aérea em condição de condutividade elétrica (EC) alta (7dS m^{-1}) e a consequente redução da salinidade na solução de solo após a colheita.

A espécie pode ser cultivada em sistemas de rotação, em consórcio com frutíferas ou em misturas funcionais. Porém, não é recomendado como pré-cultura de mandioca, feijões, girassol e cebola pelo risco em aumentar propágulos de patógenos, principalmente em áreas com histórico de mofo-branco, causado pelo fungo *Sclerotinia* spp; as brássicas hospedam estes patógenos e atualmente não são considerados eficazes para suprimi-los (COUËDEL et al., 2018).

As espécies para adubação verde podem ser úteis no controle de fitonematoides, sendo más hospedeiras ou antagônicas à reprodução desses fitoparasitas. As pesquisas mostram que há variação quanto à susceptibilidade das espécies de cobertura de solo, em decorrência da espécie e do nível de infestação no local de cultivo. Em alface, a rotação com espécies que não são hospedeiras de fitonematoides formadores de galhas radiculares (*Meloidogyne* spp.) contribui para a morte desses organismos por inanição (PINHEIRO et al., 2010).

O cultivo de nabo forrageiro em coquetéis vegetais é uma medida eficaz na supressão de populações de fitonematoides de lesão radicular *Pratylenchus brachyurus*. Os efeitos supressivos das culturas de cobertura sobre os fitonematoides parasitas de plantas também são explicados pelo seu impacto na microfauna e na microflora do solo. Os fitonematoides de vida

livre parecem ser menos suscetíveis às toxinas produzidas pelas brássicas do que os fitonematoídes parasitas (INOMOTO et al., 2006; LIMA, 2006; CHIAMOLERA, 2012; VEDOVETO et al., 2013; ABREU, 2015).

A supressão de pragas e patógenos associados a fitoquímicos, presentes nos resíduos culturais, foi denominada “biofumigação” e gerou interesse na regulação das comunidades biológicas do solo, incluindo fitonematoídes, fungos, bactérias e ervas daninhas. Estratégias para capturar os efeitos benéficos da supressão de patógenos sem impactos negativos em organismos benéficos ou não-alvo têm sido uma área de interesse recente. Pesquisas com as culturas de canola e mostarda em cobertura, estimularam *Trichoderma* spp. (fungos antagonistas de numerosos patógenos) em mais de 300% (MATTHIESSEN; KIRKEGAARD, 2006).

Segundo Agerbirk e Olsen (2012), os glucosinolatos (GSL's) são metabólitos secundários presentes no vacúolo de algumas plantas, contendo enxofre (S) e nitrogênio (N) e quando os tecidos vegetais são rompidos, esses compostos reagem com enzimas produzindo numerosos compostos com ação antimicrobiana, destacamos os isotiocianatos (ITC's). Os GSL's também podem ser liberados na rizosfera. Os tipos e concentrações de GSL's variam significativamente entre espécies de brássicas e entre tecidos radiculares e caulinares da mesma espécie e as implicações ecológicas e agronômicas da ação em patógenos foi considerada em diversas revisões.

Aissani e Sebai (2022) concluíram que até 20% dos ITC's em plantas de nabo forrageiro é formado por *rafasatina*. Este composto puro induziu fortemente a paralisia de juvenis de 2º estágio em fitonematoídes de galhas, além de ação nematicida. Em conclusão, os resultados desta investigação revelam que *R. sativus* e o seu principal composto *rafasatina* devem ser integrados no sistema de gestão de pragas (AISSANI; SEBAI, 2022).

Em estudos in vitro, os ITC's liberados por brássicas demonstraram efeitos biocidas promissores em diversos patógenos, incluindo *Rhizoctonia solani*, *Verticillium dahliae*, e *Ralstonia solanacearum* (BROWN; MORRA, 1997).

As crucíferas em misturas tendem a produzir mais fitomassa por planta, tanto para os rebentos como para as raízes, comparando-se às culturas isoladas, de modo que a produção total de GSL por planta geralmente aumenta em mistura com leguminosas. Estes resultados foram validados para uma ampla gama de espécies de crucíferas e fornecem suporte para misturas de

crucíferas e leguminosas com multifuncionalidade, mantendo potencialmente uma alta produção de GSL (COUËDEL et al., 2019)

2.3.3 Trigo Mourisco (*Fagopyrum esculentum*)

O trigo sarraceno, da família *Polygonaceae*, é uma espécie de origem asiática cultivado há pelo menos 5000 anos e a maior probabilidade é que a origem seja chinesa (OHNISHI, 1998). Com o passar do tempo o Japão, à Rússia e à China se tornaram os maiores produtores e consumidores desse pseudocereal que se espalhou pelos continentes (TREADWELL; HUANG, 2008).

O desenvolvimento é anual, o caule é ereto, herbáceo, ramificado com boa adaptabilidade, a planta pode chegar a 1,5m de altura, prospera em solos de baixa fertilidade, seu sistema radicular pivotante tolera curtas estiagens, possui capacidade de germinação e crescimento inicial emergencial.

Eficiente na cobertura do solo, pode ser semeado o ano inteiro, em linhas ou a lanço, em terra limpa ou sobressemeadura, de forma mecanizada ou manualmente. Na semeadura em linhas recomenda-se entre 40 e 60 de sementes kg ha^{-1} ; já na semeadura a lanço pode-se acrescentar 20%. A cultivar ‘IPR 92’ mais adensada teve a melhor produtividade de fitomassa. A produção de grãos varia entre 0,5 e 3 t ha^{-1} . Em média produz cerca de 30 t ha^{-1} e de até 7 t ha^{-1} , respectivamente, de fitomassa verde e seca. Em condições de semeadura no sul do país, com 70 dias, em cultivo no outono-inverno, pode-se obter maior fitomassa em comparação com semeaduras de primavera (FERNANDES, 2021; WUTKE et al., 2023).

O florescimento pleno ocorre próximo aos 50 dias de ciclo, podendo iniciar a fase reprodutiva precocemente, aos 35 dias após a semeadura (DAS), cuja fenologia oscila em decorrência das condições geoclimáticas assim como a produção de fitomassa. O manejo do habitat com o cultivo de espécies floríferas é uma tática para a associação de medidas de controle biológico em programas de manejo integrado, especialmente nos cultivos de manejo orgânico (BARROS, 2020).

Os resultados dos estudos de Smith et al. (2020), envolvendo misturas de 14 espécies, que avaliaram a supressão de ervas daninhas, sugeriram que quando esse for o único objetivo, há maior probabilidade de resultados positivos plantando a cultura de cobertura, com maior efeito supressor, como uma monocultura do que em uma mistura, ressaltando a falta de estudos envolvendo combinações efetivas para essa finalidade.

As habilidades de arranque do trigo mourisco favorecem a dominância inicial da espécie em consórcios, sendo versátil com potencial para supressão de plantas espontâneas; sua alelopatia é ferramenta de manejo integrado com práticas e espécies complementares, com eficiente redução de infestantes. Descobriu-se que a espécie tem elevado teor de rutina em fitomassa e nos grãos, um flavonoide que confere atividade antioxidante, sendo este um campo aberto para pesquisas (LIMA FILHO et al., 2014; FERNANDES, 2021).

Estudos lançam luz sobre o potencial das misturas multifuncionais em clima temperado. Três misturas em quatro localidades de não leguminosas como aveia (*Avena sativa*), mostarda (*Sinapis alba*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum*) com proporções de leguminosas, ervilhas (*Pisum sativum*), ervilhaca (*Vicia sativa*) e tremoço (*Lupinus albus*). A produtividade de fitomassa verde nas fazendas variou de 14,22 a 26,03 t ha⁻¹. As que tiveram efeito significativo, com melhor rendimento, foram misturas com proporção de leguminosas abaixo de 50%. Somente uma das áreas apresentou maior rendimento da mistura com leguminosas acima de 50% (MOROZOVA; JANSONE, 2022).

Araj e Wratten (2015) constataram que a oferta de pólen do trigo mourisco aumentou a fecundidade e longevidade do micro-himenóptero parasitoide *Diaeretiella rapae*; importantes controladores de insetos praga são atraídos pelo potencial florífero do trigo mourisco. O pólen serve como alimento complementar na dieta dessas vespas. Rosado (2007) constatou o mesmo para o predador generalista *Chrysoperla externa* e sua ação fornecendo néctar e polén são alternativa na diversificação de agroecossistemas para o controle biológico conservativo. Calegari (2016) destacou que no Brasil não ouve relatos de aumento da densidade populacional de fitonematoídes (*Meloidogyne* spp e *Pratylenchus brachyurus*) com o cultivo dessa espécie, porém estudos são contraditórios na literatura internacional, sendo necessários mais estudos específicos sobre o assunto em nossas condições agrícolas. Segundo Melo et al. (2023), o trigo sarraceno tem potencial como cultura de cobertura para o controle de *P. brachyurus*, não multiplicando ou hospedando o fitonematoíde de lesões, mas é necessário cuidado ao introduzir esta planta em áreas infestadas com *M. javanica*.

Resultados de pesquisa sugerem que o cultivo após trigo sarraceno aumenta a absorção de P na cultura seguinte, sendo esta cultura classificada como eficiente na absorção de fósforo (P) por Arcand e Schneider (2006). Porém, faltam evidências determinantes sobre quanto tempo o P solubilizado pode permanecer na forma disponível e se esta quantidade é significativa para as colheitas subsequentes (TEBOH; FRANZEN, 2011; DAMON et al., 2014).

Microrganismos mineralizadores e exsudatos radiculares contendo ânions orgânicos podem ter um papel importante na dinâmica do P da rizosfera do trigo sarraceno. Em ambientes com baixo P a planta produziu quantidades significativamente maiores de ácido tartárico (POSSINGER; BYRNE; BREEN, 2013). Misturas de trigo sarraceno com leguminosas, gramíneas e nabo forrageiro contribuíram para o fornecimento de P para as culturas principais, aumentando significativamente a absorção de P e o seu teor no solo. Uma melhor disponibilidade e utilização de P através de culturas de cobertura podem reduzir a necessidade de insumos (EICHLER-LÖBERMANN et al., 2008; EICHLER-LÖBERMANN; GAJ; SCHNUG, 2009).

Outros trabalhos de pesquisa concluíram que o trigo sarraceno não melhorou rendimento em áreas onde foi utilizada fosfato natural reativo (FNR) (VALCIN, 2022). Wenzel (2022) observou queda no rendimento de colheita de trigo (*Triticum aestivum*) em sucessão ao trigo mourisco, comprovando teoria sobre alelopatia positiva suprimindo culturas de folha estreita, descrita por Primavesi (2016).

2.3.4 Tremoço Branco (*Lupinus albus*)

As espécies mais difundidas são originárias da região do Mar mediterrâneo, enquanto outras espécies do gênero *Lupinus* spp. provêm do Norte da África, da Península Ibérica, da Grécia e da Cordilheira dos Andes, na América do Sul. No Brasil, são mais conhecidos o tremoço branco (*Lupinus albus*), o tremoço azul (*L. angustifolius*) e o tremoço amarelo (*L. luteus*). A espécie desenvolve-se em diversas condições climáticas, sendo o tremoço branco tolerante às condições de temperaturas mais elevadas no outono/inverno, enquanto o tremoço azul sobrevive mesmo em condições de até 8 °C negativos. Os tremoços são destinados à proteção e à recuperação dos solos e também à produção de grãos.

As plantas preferem solos de média fertilidade, são anuais, eretas, herbáceas, com ciclo de 50 a 120 dias até o florescimento e de 180 dias para a colheita de grãos. Podem produzir até 5 t de fitomassa seca ha⁻¹. O sistema radicular é pivotante e de rápido desenvolvimento, podendo se aprofundar em 1 m ou mais, auxiliando na descompactação e com alta atividade simbiônica, com até 130 kg de N fixado ha⁻¹ ano⁻¹. Recomenda-se a semeadura para colheita de grãos até 100 kg ha⁻¹ e até 130 kg ha⁻¹ de sementes, para produção de fitomassa e cobertura do solo. O manejo da fitomassa é feito em pleno florescimento, entre de 100 a 120 dias de ciclo. Possui alta capacidade de absorção e mobilização dos nutrientes no solo assim como a capacidade de reciclar nitrogênio e disponibilização do fósforo (WUTKE et al., 2023).

Em misturas com aveias, centeio, nabo forrageiro e triticale (*Triticum secale*) o tremoço branco tem antagonismo potencial à antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), por isso recomenda-se o seu consórcio em pomares; porém é suscetível aos fungos de solo *Rhizoctonia* spp. e *Fusarium* spp.; misturas com gramíneas são recomendadas para reduzir a multiplicação dos fitonematoïdes. O cultivo de tremoço deve ser evitado em locais infestados por *M. incognita*, estudos demonstraram que todas as cultivares de tremoço branco permitiram a formação intensa de galhas em suas raízes (DERPSCH; CALEGARI, 1992).

A inclusão de leguminosas, em misturas multisserviços, é uma solução eficaz para a obtenção de serviços ecossistêmicos relacionados não só à reciclagem do N. As misturas compostas por leguminosas e brássicas representam uma abordagem promissora para as pesquisas, considerando a diversidade de possibilidades intraespecíficas e na dinâmica da complementaridade de serviços e desserviços. As leguminosas em misturas com gramíneas e brássicas proporcionam aumentos de produtividade de soja e milho em SPD (COUËDEL et al. 2018).

2.4 Cenário atual e contextualização do projeto de pesquisa

O cultivo orgânico de hortaliças enfrenta diversos desafios, desde o manejo propriamente dito do processo produtivo à comercialização. Nesse contexto, destaca-se que o manejo da fertilidade do solo nesses sistemas produtivos deve também priorizar o aporte de resíduos de origem vegetal, tendo em vista que nos ambientes tropicais a percepção de sustentabilidade deve contemplar o ótimo aproveitamento da energia solar, de forma a transformar a energia radiante em fitomassa produzida *in situ* utilizada tanto para a proteção do solo quanto para beneficiar a atividade biológica do mesmo, como para aportar carbono e favorecer a ciclagem de nutrientes, além de auxiliar na supressão de ervas invasoras.

Considerando que a elevação dos custos e a crescente escassez de excretas animais disponíveis à fertilização são realidades que tornam prementes a gestão de resíduos nas unidades agrícolas, se faz urgente a adoção de práticas que possibilitem a redução ao menos parcial do uso de fontes de nutrientes externas às unidades, sejam de origem orgânica animal, ou fontes minerais, de forma a não comprometer a fertilidade química das áreas de cultivo.

Nesse contexto, estudar para melhor conhecer o potencial de arranjos de cultivos de cobertura de solo multiespécies de inverno, com vistas à adubação verde, em condição tropical de altitude da região sudeste do Brasil, é como se insere o presente trabalho de pesquisa.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O trabalho experimental foi conduzido no Sítio A Boa Terra, localizado em Itobi-SP, nas coordenadas 21°44'48"S e 46°59'34"O, a 680m de altitude. O solo da gleba submetida ao presente estudo é classificado como um Argissolo Vermelho-Amarelo. Uma Amostra composta de terra da área experimental foi retirada da camada de 0 a 20 cm de profundidade sendo encaminhada para análise em laboratório comercial, o resultado de análise textural apresentou 74% de areia, 16% de argila e 10% de silte; a análise básica de fertilidade obteve os resultados analíticos apresentados a seguir (Tabela 1):

Tabela 1. Resultado de análise de terra da área onde foi instalado o experimento, Quadra 4 no Sítio A Boa Terra, Itobi, SP, 2022.

Área Experimental	Ca	Mg	K	P resina	MO	pH	V
	mmolc dm ⁻³		mg dm ⁻³	g dm ⁻³		%	
	46	17	4,6	401	25	6,2	83

O inverno na região se caracteriza por serem os meses onde ocorre menor precipitação. O trabalho experimental foi conduzido de maio de 2022 até agosto de 2022; os dados meteorológicos do período foram fornecidos pela estação do IAC/CIIAGRO, localizada no município de Casa Branca, SP, distante cerca de 15 Km da área experimental. A taxa de precipitação total no período foi de 36,8mm, contudo, após a semeadura foi realizada irrigação com lâmina de 10mm e esta prática de manejo foi repetida por 3 vezes até os 51 dias após a semeadura, totalizando uma lâmina de água de irrigação de aproximadamente 80 mm em todo o ciclo de cultivo das espécies de cobertura de solo.

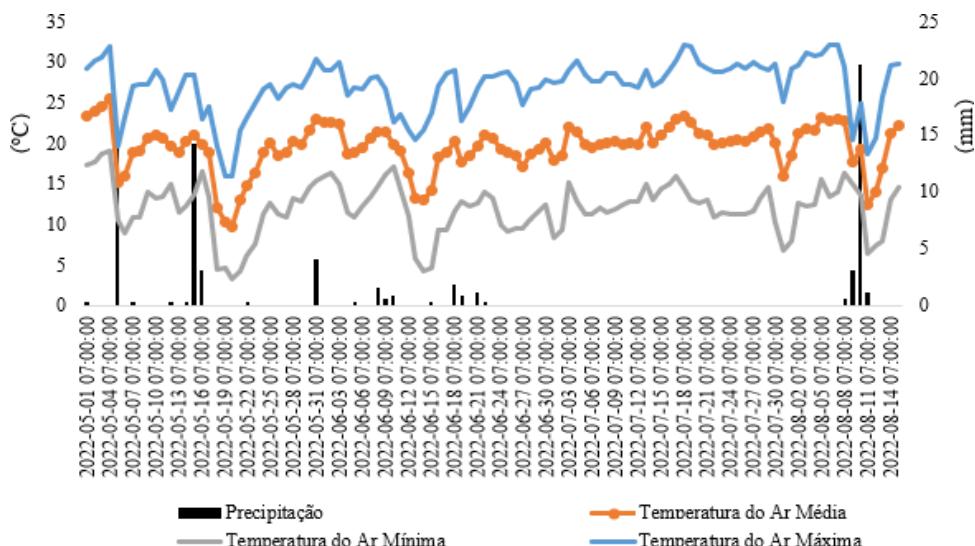


Figura 1. Dados meteorológicos mensurados durante a condução do trabalho experimental. Informações geradas pela estação meteorológica Radar IAC/CIIAGRO, para o município de Itobi, SP.

O solo da área experimental é manejado desde meados da década de 1990 seguindo os preceitos da agricultura orgânica. Para a realização do experimento, foram preparados quatro canteiros com área total de 192 m².

3.2 Delineamento experimental e descrição das atividades

O delineamento adotado foi em blocos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram de (Tabela 2):

Tabela 2. Proporções das espécies de cobertura de solo e equivalência em massa de sementes utilizadas nos diferentes arranjos de cultivo compõe os tratamentos. Itobi-SP, sítio A Boa Terra, 2022.

Tratamento ¹	Espécie de cobertura (%)			
	Aveia preta (AP)	Nabo forrageiro (NF)	Trigo mourisco (TM)	Tremoço branco (TB)
T1	40	20	40	0
T2	30	15	30	25
T3	20	10	20	50
T4	10	5	10	75
T5	0	0	0	100
V. espontânea	0	0	0	0

Equivalência em sementes (kg ha ⁻¹)				
	T1	T2	T3	T4
T1	24	12	24	0
T2	18	9	18	15
T3	12	6	12	30
T4	6	3	6	45
T5	0	0	0	60
V. espontânea	0	0	0	0

¹T1: 40AP + 20NF + 40TM + 0TB; T2: 30AP + 15NF + 30TM + 25TB; T3: 20AP + 10NF + 20TM + 50TB; T4: 10AP + 5NF + 10TM + 75TB; 100TB.

As parcelas foram constituídas de área equivalente a 8 m², dispostas sobre canteiros com 1,0m de largura e 0,25m de altura. Os canteiros foram confeccionados com um implemento encanteirador acoplado ao trator. As espécies de cobertura foram semeadas em 26 de maio de 2022, correspondendo ao cultivo no período outono-inverno. As sementes foram distribuídas a lanço, cujas espécies foram semeadas individualmente nas parcelas e incorporadas na parte superficial do solo com auxílio de rastelo. Anteriormente à semeadura, realizou-se a contagem das sementes e determinou-se a quantidade de sementes por grama de cada espécie. A partir desses parâmetros calculou-se a média populacional de indivíduos potenciais por metro

quadrado de cada espécie e a população total em cada tratamento (Tabela 3).

Tabela 3. Densidade de semeadura das espécies de cobertura de solo nos diferentes arranjos de cultivo compondo os tratamentos. Itobi, SP, sítio A Boa Terra, 2022.

Tratamento¹	Densidade populacional (sementes m⁻²)				Total
	A. preta (AP)	N. forrageiro (NF)	Trigo mourisco (TM)	Tremoço branco (TB)	
T1	117,6	112,8	91,2	0	321,6
T2	88,2	84,6	68,4	6	247,2
T3	58,8	56,4	45,6	12	172,8
T4	29,4	28,2	22,8	18	98,4
T5	0	0	0	24	24
V. espontânea	0	0	0	0	-

¹T1: 40AP + 20NF + 40TM + 0TB; T2: 30AP + 15NF + 30TM + 25TB; T3: 20AP + 10NF + 20TM + 50TB; T4: 10AP + 5NF + 10TM + 75TB; 100TB.

As avaliações das produções de fitomassa fresca e seca da parte aérea, e posterior estimativa das produtividades de fitomassa, foram realizadas aos 30, 51 e 80 dias após a semeadura. A área útil de coleta em cada época de amostragem constou de 1 m² por parcela. As plantas foram cortadas rente à superfície do solo e, logo após, separadas por espécie, sendo determinadas as respectivas massas frescas. A seguir, foram retiradas amostras de cada espécie que foram acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas, após a pesagem, para a secagem em estufa de circulação de ar forçada mantida à 65°C até alcançar massa constante, quando foram então determinadas as massas secas.

3.3 Tratamento estatístico dos dados

Os dados relativos à fitomassa das espécies de cobertura foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando detectadas diferenças no nível de 5% de probabilidade, utilizou-se o teste de Scott-Knott para o agrupamento das médias, considerando diferenças entre os tratamentos no limite de significância de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram processadas com auxílio do programa estatístico SISVAR.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As produtividades de fitomassa fresca e seca, nas diferentes combinações, aos 30 dias após a semeadura, foram semelhantes entre espécies (Tabela 4). Isso indica que, independentemente da densidade de semeadura, as produtividades de fitomassa das diferentes espécies não são alteradas. Ressalta-se que neste estádio de avaliação as plantas se encontravam em estádio de estabelecimento, de baixo porte, e possivelmente a competição interespecífica

era relativamente baixa.

Quanto a produtividade de fitomassa fresca total, não foram detectadas diferenças entre os tratamentos. Para a produtividade de fitomassa seca total, observou-se que a adição de 25% do tremoço branco foi capaz de proporcionar aumento de produtividade, cuja resposta foi similar à adição de 50 e 75% desta espécie na mistura. Ressalta-se que os coquetéis formados com a adição do tremoço branco proporcionaram produtividade média de fitomassa seca superior em 225% em relação ao monocultivo da fabácea e 664,7% quando comparados à vegetação espontânea.

Tabela 4. Produtividades de fitomassa de parte aérea fresca e seca das espécies de cobertura de solo nos diferentes arranjos de cultivo, aos 30 dias após a semeadura, nas condições climáticas de Itobi, SP, no ano de 2022.

Tratamento ¹	Produtividade de fitomassa ($Mg\ ha^{-1}$)				
	Fresca				
	AP	NF	TM	TM	Total
T1	0,18 A ²	1,32 A	0,46 A	-	1,97 A
T2	0,13 A	1,26 A	0,41 A	0,38 B	2,19 A
T3	0,15 A	1,09 A	0,35 A	0,41 B	2,01 A
T4	0,16 A	1,00 A	0,42 A	0,43 B	2,02 A
T5	-	-	-	0,56 A	0,56 B
V. espontânea	-	-	-	-	0,19 C
Seca					
T1	0,10 A	0,18 A	0,12 A	-	0,40 B
T2	0,096 A	0,18 A	0,13 A	0,10 A	0,51 A
T3	0,097 A	0,18 A	0,11 A	0,13 A	0,52 A
T4	0,099 A	0,16 A	0,12 A	0,13 A	0,51 A
T5	-	-	-	0,16 A	0,16 C
V. espontânea	-	-	-	-	0,068 D

¹T1: 40AP + 20NF + 40TM + 0TB; T2: 30AP + 15NF + 30TM + 25TB; T3: 20AP + 10NF + 20TM + 50TB; T4: 10AP + 5NF + 10TM + 75TB; 100TB.

²Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo método de agrupamento de Scott-Knott, no nível de 5% e probabilidade

O nabo forrageiro, nas diferentes combinações, foi a espécie que apresentou os maiores percentuais na composição da fitomassa seca total, correspondente à 45, 35, 34 e 31% da fitomassa obtida, respectivamente, com a adição de 20, 15, 10 e 5% da espécie nas proporções dos coquetéis vegetais (Figura 2). O trigo mourisco, na presença de até 25% do tremoço branco nas misturas, foi a segunda espécie que apresentou o maior percentual da fitomassa seca total, sobressaindo-se à aveia preta e ao tremoço branco nesses tratamentos. Com o aumento da dosagem do tremoço branco, 50 e 75% da espécie nas misturas, observou-se maiores

percentuais de fitomassa seca da fabácea em comparação ao trigo mourisco e à aveia preta.

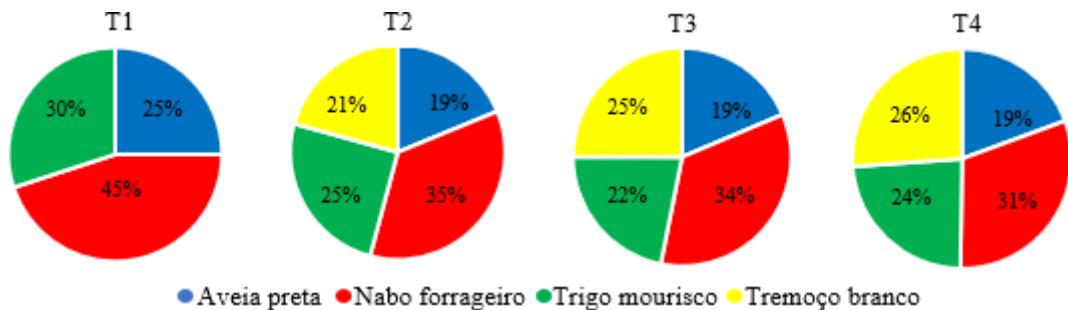


Figura 2. Distribuição proporcional da produtividade de fitomassa de parte aérea seca por espécie nos diferentes arranjos de cultivo, em relação ao total, aos 30 dias após a semeadura, nas condições climáticas de Itobi, SP, no ano de 2022. *T1: 40AP + 20NF + 40TM + 0TB; T2: 30AP + 15NF + 30TM + 25TB; T3: 20AP + 10NF + 20TM + 50TB; T4: 10AP + 5NF + 10TM + 75TB; 100TB.

Na segunda avaliação, aos 51 dias após a semeadura (Tabela 5), notou-se que as produtividades de fitomassa fresca e seca da aveia preta foram semelhantes nas diferentes combinações. O nabo forrageiro apresentou maiores produtividades de fitomassa fresca e seca com 20% dessa espécie na composição do coquetel vegetal, cujas produtividades foram de 30,19 e 6,17 Mg ha⁻¹, respectivamente. Para o trigo mourisco, a maior produção de fitomassa fresca foi obtida com 30% da espécie na mistura; apesar disso, a produção de fitomassa seca não diferiu entre os tratamentos para essa espécie.

Quanto ao tremoço branco, observou-se um incremento na produtividade de fitomassa fresca com a adição de 50 e 75% da fabácea na mistura. No entanto, as produtividades de fitomassa seca foram semelhantes nos consórcios. O monocultivo do tremoço branco proporcionou produtividade de 1,46 Mg ha⁻¹, superior em até 270% a produtividade média da espécie obtida nos consórcios. Esses resultados evidenciam o efeito da competição interespecífica, cujo nabo forrageiro foi a espécie que apresentou as maiores produções de fitomassa nos diferentes coquetéis, influenciando o desenvolvimento das demais espécies consortes.

A produtividade total de fitomassa fresca não diferiu entre os consórcios, ao passo que, a maior produtividade de fitomassa seca foi obtida na ausência do tremoço branco, obtendo-se 6,57 Mg ha⁻¹. Ressalta-se que na ausência da fabácea, o nabo forrageiro apresentou maior potencial de produção de fitomassa seca 6,17 Mg ha⁻¹, sendo superior em até 64,4% a produtividade média obtida nos consórcios dessa espécie.

Tabela 5. Produtividades de fitomassa de parte aérea fresca e seca das espécies de cobertura de solo nos diferentes arranjos de cultivo, aos 51 dias após a semeadura, nas condições climáticas de Itobi, SP, no ano de 2022.

Tratamento ¹	Produtividade fitomassa parte aérea (Mg ha ⁻¹)				
	Fresca				
	A. preta	N. forrageiro	Trigo mourisco	Tremoço branco	Total
T1	0,56 A ²	30,18 A	1,12 B	-	31,86 A
T2	0,55 A	22,89 B	2,28 A	1,54 C	27,26 A
T3	0,59 A	18,06 B	1,21 B	3,00 B	22,86 A
T4	0,63 A	18,67 B	1,31 B	3,10 B	23,71 A
T5	-	-	-	10,52 A	10,52 A
V. espontânea	-	-	-	-	1,41 B
Seca					
T1	0,16 A	6,17 A	0,24 A	-	6,57 A
T2	0,17 A	3,95 B	0,32 A	0,27 B	4,71 B
T3	0,18 A	3,99 B	0,22 A	0,48 B	4,87 B
T4	0,18 A	3,32 B	0,25 A	0,43 B	4,17 B
T5	-	-	-	1,46 A	1,46 C
V. espontânea	-	-	-	-	0,209 D

¹T1: 40AP + 20NF + 40TM + 0TB; T2: 30AP + 15NF + 30TM + 25TB; T3: 20AP + 10NF + 20TM + 50TB; T4: 10AP + 5NF + 10TM + 75TB; 100TB.

²Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo método de agrupamento de Scott-Knott, no nível de 5% de probabilidade.

Nesta etapa de avaliação foi possível observar uma variação na ocupação vertical da área com diferentes estratos (Figura 3). O nabo forrageiro foi dominante nas diferentes combinações, compondo mais de 80% da produção de fitomassa seca nos diferentes coquetéis vegetais. Isso demonstra que essa espécie, dentro dos consórcios, apresenta potencial de competitividade, mostrando-se dominante nas diferentes combinações.

O tremoço branco e o trigo mourisco sobressaíram-se à aveia preta no que se refere à ocupação da área, cujo fator luminosidade limitou, em maior magnitude, o desenvolvimento da gramínea. Ressalta-se que o trigo mourisco e o nabo forrageiro iniciaram o florescimento aos 45 e 48 dias, respectivamente, sendo que aos 55 dias após a semeadura surgiram os primeiros aquêniros do trigo mourisco e siliquas do nabo forrageiro. Aos 52 dias foram observadas as primeiras flores de tremoço, alcançando o pleno florescimento aos 63 dias. Levando em consideração o momento ideal de corte, este período representa o melhor momento para a realização do manejo, principalmente para evitar a ressemeadura de nabo forrageiro e do trigo mourisco.

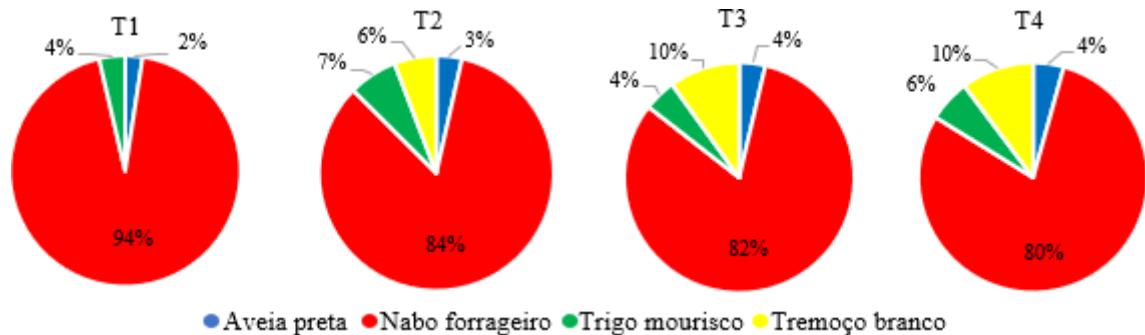


Figura 3. Distribuição proporcional da produtividade de fitomassa de parte aérea seca por espécie nos diferentes arranjos de cultivo em relação ao total, aos 51 dias após a semeadura, nas condições climáticas de Itobi, SP, no ano de 2022. *T1: 40AP + 20NF + 40TM + 0TB; T2: 30AP + 15NF + 30TM + 25TB; T3: 20AP + 10NF + 20TM + 50TB; T4: 10AP + 5NF + 10TM + 75TB; 100TB.

Aos 80 dias após a semeadura, as produtividades de fitomassa fresca e seca nas diferentes combinações, entre espécies, foram semelhantes para a aveia preta, nabo forrageiro e trigo mourisco (Tabela 6). Quanto ao tremoço branco, as maiores produtividades de fitomassa fresca e seca foram obtidas no cultivo exclusivo da espécie, respectivamente, 22,21 e 5,16 Mg ha⁻¹. No que se refere a produtividade de fitomassa total, fresca e seca, os coquetéis vegetais proporcionaram resultados semelhantes.

A aveia preta quando cultivada em monocultivo tem potencial para a produção de 8,74 Mg ha⁻¹ de fitomassa seca em pleno florescimento (DEMÉTRIO; COSTA; OLIVEIRA, 2012). Em sistemas consorciados com o nabo forrageiro e ervilhaca, respectivamente, Doneda et al. (2012) relataram reduções de 72,73 e 51,51% na produtividade de fitomassa seca da gramínea. Esses resultados, assim como observado neste estudo, demonstram baixa produção de fitomassa da aveia quando submetida ao cultivo consorciado, a depender da densidade de semeadura utilizada.

Assim como descrito para a aveia, o trigo mourisco, em monocultivo, tem potencial para a produção de 4,76 Mg ha⁻¹ de fitomassa seca (TOMAZI; BORSOI; FABIAN, 2021), cujos consórcios podem limitar a redução de fitomassa da espécie. Apesar da redução de produtividade de fitomassa de determinadas espécies nos consórcios múltiplos, os coquetéis vegetais proporcionam a diversificação dos sistemas agrícolas, com espécies que exploram o solo de maneira distinta e, considerando o conjunto, propiciam o fornecimento de elevadas quantidades de fitomassa seca (ALMEIDA; CÂMARA, 2011).

Tabela 6. Produtividade de fitomassa de parte aérea seca das espécies de cobertura de solo nos diferentes arranjos de cultivo, aos 80 dias após a semeadura, nas condições climáticas de Itobi, SP, no ano de 2022.

Tratamento ¹	Produtividade fitomassa parte aérea (Mg ha ⁻¹)				
	Fresca				
	A. preta	N. forrageiro	Trigo mourisco	Tremoço branco	Total
T1	0,99 A ²	49,13 A	1,96 A	-	52,08 A
T2	1,04 A	41,08 A	1,62 A	2,54 C	46,28 A
T3	1,03 A	43,82 A	1,36 A	5,04 C	51,26 A
T4	1,11 A	29,65 A	0,97 A	9,79 B	41,52 A
T5	-	-	-	22,21 A	22,21 B
V. espontânea	-	-	-	-	4,82 C
Seca					
T1	0,29 A	12,13 A	0,49 A	-	12,91 A
T2	0,31 A	10,33 A	0,47 A	0,62 C	11,73 A
T3	0,28 A	10,50 A	0,39 A	1,38 B	12,56 A
T4	0,30 A	7,23 A	0,28 A	2,48 B	10,28 A
T5	-	-	-	5,16 A	5,16 B
V. espontânea	-	-	-	-	1,35 C

¹T1: 40AP + 20NF + 40TM + 0TB; T2: 30AP + 15NF + 30TM + 25TB; T3: 20AP + 10NF + 20TM + 50TB; T4: 10AP + 5NF + 10TM + 75TB; 100TB.

²Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo método de agrupamento de Scott-Knott, no nível de 5% de probabilidade.

Assim como observado na avaliação realizada aos 51 dias após a semeadura, o nabo forrageiro foi a espécie dominante nas diferentes combinações aos 80 dias após a semeadura. A espécie foi responsável por 94, 88, 84 e 70% da fitomassa seca total, respectivamente, compondo 20, 15, 10 e 5% nas proporções dos coquetéis vegetais (Figura 4). O tremoço branco com a adição de 50 e 75% da espécie nos coquetéis, compôs 11 e 24% do total da fitomassa seca produzida; sobressaindo-se à aveia preta e ao trigo mourisco.

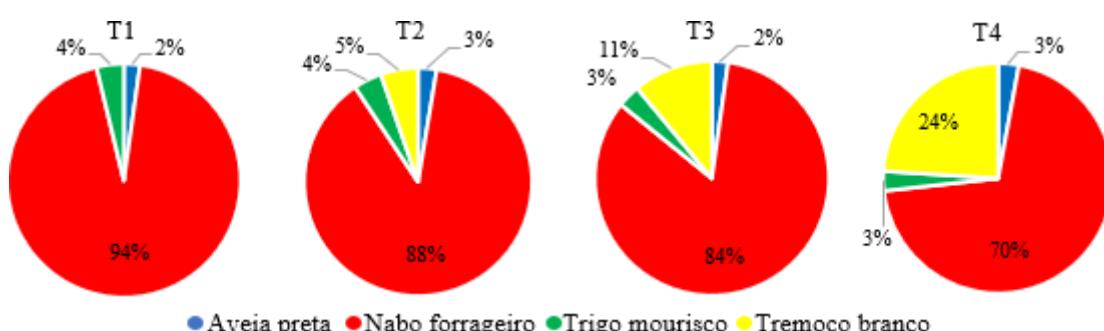


Figura 4. Distribuição proporcional da produtividade de fitomassa de parte aérea seca das espécies nos diferentes arranjos de cultivo em relação ao total das misturas, aos 80 dias após a semeadura, nas condições climáticas de Itobi, SP, no ano de 2022. *T1: 40AP + 20NF + 40TM + 0TB; T2: 30AP + 15NF + 30TM + 25TB; T3: 20AP + 10NF + 20TM + 50TB; T4: 10AP + 5NF + 10TM + 75TB; 100TB

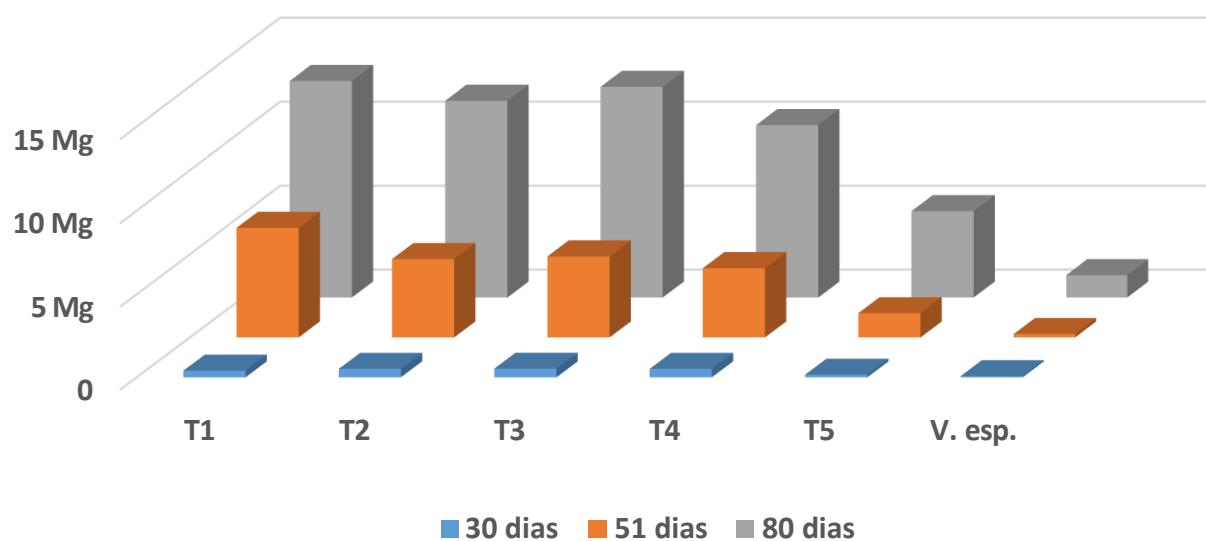


Figura 5. Distribuição da produtividade de fitomassa de parte aérea seca ($Mg\ ha^{-1}$) aos 30, 51 e 80 dias após a semeadura, nas condições climáticas de Itobi, SP, no ano de 2022. *T1: 40AP + 20NF + 40TM + 0TB; T2: 30AP + 15NF + 30TM + 25TB; T3: 20AP + 10NF + 20TM + 50TB; T4: 10AP + 5NF + 10TM + 75TB; 100TB.

5 CONCLUSÕES

Entre as espécies avaliadas formando as misturas das plantas de cobertura de solo de inverno, o nabo forrageiro apresenta o maior potencial de produtividade de fitomassa seca da parte aérea, nas diferentes épocas de avaliação, refletindo a maior habilidade competitiva em relação às demais espécies, com destaque aos 80 DAS, alcançando produtividade superior a $10\ Mg\ ha^{-1}$.

Considerando as diferentes proporções de misturas das espécies de cobertura de solo de inverno, aquela que propicia a maior expressão da produção de fitomassa de parte aérea do tremoço branco se dá quando esta fabácea compõe 50 e 75% da mistura, não diferindo entre si, permitindo recomendar o tremoço compondo metade da massa de sementes da mistura contendo aveia branca, nabo forrageiro e trigo mourisco.

6 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Evidencia-se a partir dos resultados alcançados que as misturas das espécies de cobertura de solo de inverno avaliadas apresentam capacidade de crescimento que confere rápida cobertura e, portanto, proteção do solo, além de alto potencial de produtividade de fitomassa de parte aérea, ampliando a biodiversidade à prática agrícola da adubação verde, se comparado aos cultivos de monoespécies de cobertura de solo. Indubitavelmente, a temática abordada neste estudo é de grande relevância para o manejo da adubação verde, particularmente para os sistemas produtivos de base ecológica.

A biodiversidade inerente às misturas caracterizando cultivos consorciados espécies de cobertura de solo pertencentes a diferentes famílias botânicas, portanto, apresentando características morfológicas distintas tanto no nível do sistema radicular, quanto da parte aérea, bem como, para exemplificar, capacidades distintas no que se refere à formação de associações simbióticas mutualistas com microrganismos do solo resulta na ampliação de relações ecológicas complementares, quando confrontada com os monocultivos dessas mesmas espécies.

Tendo em vista o elevado nível de interações ecossistêmicas, a capacidade de avaliação das variáveis bióticas e abióticas envolvidas no cultivo das misturas de espécies de cobertura de inverno é limitada, além de se configurar como tarefa desafiante. Propor e caracterizar os desempenhos agronômicos de misturas de espécies de cobertura de solo cultivadas simultaneamente, identificando-se proporções ideais de cada consorte dentro do conjunto, de forma a não gerar incompatibilidades entre as espécies componentes, sobretudo pelo fato de as habilidades competitivas interespecíficas diferirem entre si, é uma etapa importante no percurso para qualificar esta estratégia de manejo da adubação verde.

Em contrapartida, para um avanço consistente que leve à apropriação pelos agricultores desta estratégia de manejo da adubação verde, fazendo uso de policultivos de espécies de cobertura de solo, é necessário conhecer, e caracterizar sob condições de campo, além dos aspectos fitotécnicos, também os aspectos funcionais e complementares envolvidos na seleção de cada consorte. Isto não foi possível de ser realizado nesta dissertação, porém, deve ser meta a ser perseguida em trabalhos futuros, com vistas a formar uma compreensão sistêmica dos benefícios decorrentes do uso das misturas de espécies de cobertura para fins de adubação verde.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. B. L. **Comportamento do nematoide das lesões radiculares nas culturas da soja e milho em sucessão a diferentes coberturas de solo na entressafra.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Chapadão do Sul, MS, 2015.
- AGERBIRK, N.; OLSEN, C. E. Glucosinolate structures in evolution. **Phytochemistry**, v. 77, p 16-45, 2012.
- AISSANI, N.; SEBAI, H. Nematicidal Effect of Raphasatin from Raphanus Sativus Against Meloidogyne Incognita. **The Journal of Nematology**, v. 17, n.54, p.1, 2022.
- AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 27, n.4, p.601-612, 2003.
- ALMEIDA, K.; CÂMARA, F. L. A. Produtividade de biomassa e acúmulo de nutrientes em adubos verdes de verão, em cultivos solteiros e consorciados. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 2, p. 55-62, 2011.
- ANGELETTI, M. P.; SOUZA, J. L.; COSTA, H.; FAVARATO, L. F.; MUZZI, E. M.; EVELSON, S.; LAURETT, L.; ZANUNCIO, J. S. J.; GUARÇONI, A. **Espécies vegetais para cobertura do solo:** guia ilustrado. 76 p. Incaper – Vitória, ES, 2018.
- ARAJ, S. E; WRATTEN, S. D. Comparing existing weeds and commonly used insectary plants as floral resources for a parasitoid. **Biological Control**, Atlanta, v. 81, n. 2, p. 15-20, 2015.
- ARCAND, M. M.; SCHNEIDER, K. D. Plant- and microbial-based mechanisms to improve the agronomic effectiveness of phosphate rock: A review. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 78, p.791–807, 2006.
- BAHIENSE, D. V.; SOUZA, J. L. de; FAVARATO, L. F.; OLIVEIRA, J. M. S.; ANGELETTI, M. P. Coleção de plantas de cobertura para uso no sistema plantio direto na palha e no aumento da biodiversidade de agrossistemas. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 19., ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 15., ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA JÚNIOR, 9. , ENCONTRO NACIONAL DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA, 5., 2015. Anais... São José dos Campos: Ciência, Luz e Tecnologias, 2015.
- BARROS, A. P. **Prospecção de plantas atrativas para inimigos naturais e o seu uso no manejo de insetos fitófagos.** 162 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.
- BASKIN, C.C.; BASKIN, J. M. Sementes: ecologia, biogeografia e evolução da dormência e germinação. San Diego: Academic Press, 2004.

BELING, R.R. Anuário brasileiro de hortaliças 2017. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2016. Disponível em: <http://www.editoragazeta.com.br/flip/anuario-hortalicas2-2017>; Acesso em 28 abr. 2022.

BROWN, P.D.; MORRA, M.J.; Control of Soil-Borne Plant Pests Using Glucosinolate-Containing Plants. **Advances in Agronomy**, v. 61, p167-231, 1997.

CAMPOS, D. V. B. de; LIMA, E.; ZONTA, E.; BALIEIRO, F. de C.; GUERRA, J. G. M.; POLIDORO, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; FREIRE, L. R.; LEAL, M. A. de A.; PEREIRA, M. G.; FERREIRA, M. B. C. **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, DF: Embrapa; Seropédica, RJ: Universidade Rural, 2013.

CARLOS, J. A. D. Tabelas de Recomendações – Catálogo Piraí Sementes, 2016. CALEGARI, A. Manual plantas de cobertura. 2. ed. Uberaba: Webbio Academy, 32 p. 2016.

CALEGARI, A.; COSTA, M. B.; MONDARDO, A.; WILDNER, L. P.; ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. Adubação Verde no sul do Brasil. Rio de Janeiro: AS-PTA, ed.2, p.346, 1993.

CHAPAGAIN, T.; LEE, E. A.; RAIZADA, M. N. The Potential of Multi-Species Mixtures to Diversify Cover Crop Benefits. Sustainable Agriculture, Sustainability, Vol.12, University of Guelph, Ontario, canada, 2020.

CHIAMOLERA, F. M. **Culturas de inverno no manejo de fitonematoïdes e no desempenho agronômico da cultura do milho no Noroeste do Paraná**. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual de Maringá, PR, 2012.

CHU, M.; JAGADAMMA, S.; WALKER, F.R.; EASH, N.S.; BUSCHERMOHLE, M.J.; DUNCAN, L.A. Effect of Multispecies Cover Crop Mixture on Soil Properties and Crop Yield. Agricultural & Environmental Letters. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, Inc. v. 2, p.1, 2017.

CORRÊA, J.C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.203-209, 2002.

COUËDEL, A., KIRKEGAARD, J., ALLETTO, L., JUSTES, É. Crucifer – legume cover crop mixtures for biocontrol: towards a new multi-service paradigm. **Advances in Agronomy**, v.157, Cap.2, p. 55–139, Castanet-Tolosan, França, 2019.

COUËDEL, A., KIRKEGAARD, J., ALLETTO, L., JUSTES, É. Crucifer glucosinolate production in legume-crucifer cover crop mixtures. **European Journal of Agronomy**, vol. 96, p. 22-33, 2018a.

COUËDEL, A., ALLETTO, L., TRIBOUILLOIS, H.; JUSTES, É. Cover crop crucifer-legume mixtures provide effective nitrate catch crop and nitrogen green manure ecosystem services. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 254, p.50-59, 2018b.

DAMON, P.M.; BOWDEN, B.; ROSE, T.; RANGEL, Z. Crop residue contributions to

phosphorus pools in agricultural soils: A review. *Soil Biology and Biochemistry*, v.74, p. 127-137, 2014.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. Adubação verde de inverno. Londrina, PR: Boletim IAPAR, v. 73, p .80, 1992.

DEMÉTRIO, J. V.; COSTA, A. C. T.; OLIVEIRA, P. S. R. Produção de biomassa de cultivares de aveia sob diferentes manejos de corte. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 198-205, 2012.

DINIZ, E.R. Efeito de doses de adubo verde em cultivos sucessivos de brócolis, abobrinha e milho. Tese (Doutorado em fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 92p, 2011.

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; MIOLA, E. C. C.; GIACOMINI, D. A.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, n.6, p.1714-1723, 2012.

EICHLER-LÖBERMANN, B; KÖHNE, S.; KOWALSKI, B.; SCHNUG, E. Effect of Catch Cropping on Phosphorus Bioavailability in Comparison to Organic and Inorganic Fertilization, *Journal of Plant Nutrition*, v. 31, n.4, p. 659-676, 2008.

EICHLER-LÖBERMANN, B.; GAJ, R.; SCHNUG, E. Improvement of Soil Phosphorus Availability by Green Fertilization with Catch Crops, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.40:1-6, 70-81, 2009. Verificar referência

ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. Adubação verde: estratégia para uma agricultura Sustentável. Adubação verde: Estratégia para uma agricultura sustentável. Seropédica: Embrapa - Agrobiologia. 20p, 1997.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D. L. de; ABOUD, A. C. de S. Adubação verde com leguminosas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia (Coleção saber, 5), 49 p., 2005.

FAYAD, J. A.; ARL, V.; COMIN, J. J.; MAFRA, A. L.; MARCHESI, D. R. Sistema de Plantio Direto de Hortaliças – Método de transição para um novo modo de produção. 1^a Edição. Expressão Popular, São Paulo, SP, 426p, 2019.

FELICETI, M.L. **Melhoramento genético de aveia preta: análise cienciométirca, hibridação, avanço de segregantes e dormência sementes.** 75 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, 2022.

FERNANDES, T.O.M. **Caracteres morfoagronômicos e rutina no trigo-mourisco em função da saturação por bases, densidade de semeadura, épocas de plantio e colheita.** 88 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, MG, 2021.

FILGUEIRA, F.A.R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. Ed. Viçosa, MG: UFV, 421p, 2013.

FLORENTÍN, M. A.; PEÑALVA, M.; CALEGARI, A.; DERPSCH, R. Green manure/cover crops and crop rotation in conservation agriculture on small farms. Rome: FAO, 97 p. (Integrated crop management, 12). 2011.

GUERRA, J. G. M.; NDIAYE, A.; ASSIS, R. L. de; ESPINDOLA, J. A. A. Uso de plantas de cobertura na valorização de processos ecológicos em sistemas orgânicos de produção na região serrana fluminense. **Revista Agriculturas: experiências em agroecologia**, v. 4, n. 1, p. 24-28, 2007.

GUERRA, J.G.M.; ESPÍNDOLA, J.A.A.; ARAÚJO, E.S.; LEAL, M.A.A.; ABOUD, A.C.S.; ALMEIDA, D.L.; DE-POLLI, H.; NEVES, M.C.P.; RIBEIRO, R.L.D. Adubação verde no cultivo de hortaliças. In: LIMA FILHO, O.F.; AMBROSANO, E.J.; WUTKE, E.B.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. **Adubação Verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Vol.2. Brasília, DF: Embrapa, 2^a Edição. 2023. 483 p.

INOMOTO, M.M.; MOTTA, L.C.C.; BELUTI D.B.; MACHADO, A.C.Z. Reação de seis adubos verdes a Meloidogyne javanica e Pratylenchus brachyurus. **Nematologia Brasileira**, v.30, p.39-44, 2006.

KEHL, K. **Dormência de sementes em germoplasma de aveia-preta**. 91 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2021.

KHATOUNIAN, C. A. Areconstrução ecológica da agricultura. Botucatu, 345p. 2001.

KORUCU, T.; SHIPITALO, M.J.; KASPAR, T.C. Rye Cover Crop Increases Earthworm Populations and Reduces Losses of Broadcast, Fall-Applied, Fertilizers in Surface Runoff. **Soil and Tillage Research**, v. 180, p. 99-106, 2018.

LEAL, M. A. de A.; ESPINDOLA, J. A. A.; ARAUJO, E. da S.; GUERRA, J. G. M.; ABOUD, A. C. de S.; RIBEIRO, R. de L. D.; ALMEIDA, D. L. de. Manejo do solo em cultivos orgânicos ou em transição agroecológica. In: BERTOL, I.; DE MARIA, I. C.; SOUZA, L. da S. Manejo e conservação do solo e da água. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. p.799-841.

LIMA, M.E.; CARVALHO D.F.; SOUZA A.P.; GUERRA J.G.M.; RIBEIRO R.L.D. Desempenho da alface em cultivo orgânico com e sem cobertura morta e diferentes lâminas d'água. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.1503-1510, 2009.

LIMA, P.C.; MOURA, W.M.; SEDIYAMA, M.A.N.; SANTOS, R.H.S.; MOREIRA, C.L. Manejo da adubação em sistemas orgânicos. Tecnologias para produção orgânica. Viçosa, Unidade Regional EPAMIG Zona da Mata. p.69-106, 2011.

LIMA FILHO, O.F.; AMBROSANO, E.J.; WUTKE, E.B.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. **Adubação Verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Vol.1. Brasília, DF: Embrapa, 2^a Edição 2023. 560 p.

LIMA FILHO, O.F.; AMBROSANO, E.J.; WUTKE, E.B.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. **Adubação Verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Vol.2. Brasília,

DF: Embrapa, 2^a Edição 2023. 483 p.

LIMA, A. O. **Biofumigação do solo com Brassica rapa para controle de fitonematoides**. 42 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

MOROZOVA, I.; JANSONE, I. Colheita de misturas de adubos verdes em fazendas orgânicas em diferentes condições meteorológicas. Festival da Colheita "Vecauce - 2022". A paz nutre, a guerra destrói: coleção de artigos do seminário científico, p.56-59, LBTU -Universidade Letã de Biociências e tecnologia, Letônia, 2022.

MATTHIESSEN, J. N.; KIRKEGAARD J. A. Biofumigation and Enhanced Biodegradation: Opportunity and Challenge in Soilborne Pest and Disease Management, **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 25, n.3, p. 235-265, 2006.

MELO, A. S.; SILVA, M. T. R.; SCHWENGBER, R. P.; TARINI, G.; GOMES, S. M. S.; DA SILVA, E. J.; ARIEIRA, C. R. D. Response of buckwheat to Pratylenchus brachyurus and Meloidogyne javanica, **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 45, n.2, p.186-195, 2023.

MITCHELL, J. P; THOMSEN, C. D.; GRAVES, W. L.; SHENNAN, C. Cover Crops for Saline Soils. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.183, n.3, p.167 – 178, 2001.

MOTA, J. C. A.; LIBARDI, P. L; BRITO, A. dos S.; ASSIS JÚNIOR, R. N. de; AMARO FILHO. J. Armazenagem de água e produtividade de meloeiro irrigado por gotejamento, com a superfície do solo coberta e desnuda. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, p. 1721-1731, 2010.

OHNISHI, O. Search for the wild ancestor of buckwheat III. The wild ancestor of cultivated common buckwheat, and of tatary buckwheat. **Economic Botany**, v. 52, n. 2, p. 123-133, 1998.

OLINIK, J. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, A.; KEPP, M. A.; REGHIN, M. Y. Produtividade de híbridos de abobrinha italiana cultivados sob diferentes coberturas de solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, p. 130-134, 2011.

OLIVEIRA, F. F.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D.; ESPINDOLA, J. A. A.; RICCI, M. S. F.; CEDDIA, M. B. Avaliação de coberturas mortas em cultura de alface sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, p. 216-220, 2008.

PINHEIRO, J.B.; CARVAL, A.D.F.; VIEIRA, J.V. Manejo do nematoide-das galhas (Meloidogyne spp.) em cultivos de cenoura na região de Irecê – BA. Brasília, Embrapa Hortaliças. 7p. Comunicado Técnico 77, 2010.

POSSINGER, A.; BYRNE, L. B.; BREEN, N. Effect of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) on soil phosphorus availability and organic acids. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 176, p. 16-18. 2013.

PRIMAVESI, A. M. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 549 p, 2002.

PRIMAVESI, A. M. Manual do solo vivo. São Paulo: Expressão popular, 203p, 2016.

ROSADO, M. C. **Plantas Favoráveis a Agentes de Controle Biológico.** 51 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

SALA, F C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira. Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 30, p. 187-194, 2012.

SANTOS, C.A.B; ZANDONÁ, S.R.; ESPÍNDOLA, J.A.; GUERRA, J.G.M.; RIBEIRO, R.L.D. Efeito de coberturas mortas vegetais sobre o desempenho da cenoura em cultivo orgânico. **Horticultura brasileira**, v. 29, n. 1, p. 103-107, 2011.

SANTOS, I.C.; SEDIYAMA, M.A.N.; PEDROSA, M.W. Adubação verde no cultivo de hortaliças. Viçosa, EPAMIG. 6p. Circular Técnica 179, 2013.

SEDYIAMA, M.A.N; DOS SANTOS, I.C.; LIMA, P.C. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, p. 829-837, 2014.

SHARMA, P.; SINGH, A.; KAHILON, C. S.; BRAR, A, S.; GROVER, K. K.; DIA, M.; STEINER, R. L. The Role of Cover Crops towards Sustainable Soil Health and Agriculture - A Review Paper. **American Journal of Plant Sciences**, v.9, n.9, 2018.

SMITH, R. G.; WARREN, N. D.; CORDEAU, S. Are cover crop mixtures better at suppressing weeds than cover crop monocultures. **Weed Science** , v. 68 , p. 186 – 194, 2020.

SOUZA, J. L. de; RESENDE, P. L. Manual de horticultura orgânica. 2 ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil. 843 p. 2006.

SMOLIKOWSKI, B; PUIG H.; ROOSE E. Influence of soil protection techniques on runoff, erosion and plant production on semiarid hill sides of Cabo Verde. Agriculture, **Ecosystems and Environment**, v.87, p.67-80, 2001.

SUMITHRA, B.S.; NAYAK, N.; POOJA, C.A. Cover Crops: Benefits, Challenges and Management Strategies For Improving Soil Health And Crop Productivity. **Advances in Agronomy**, v.2, p.1-12, Gurugram, India, 2023.

TOMAZI, C. V.; BORSOI, A.; FABIAN, F. M. Produtividade e características agronômicas do trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*) em função da aplicação de nitrogênio em cobertura. **Revista Cultivando o Saber**, p. 13-23, 2021.

TEBOH, J.M.; FRANZEN, D.W. Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Potential to Contribute Solubilized Soil Phosphorus to Subsequent Crops. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.42, p.1–7, 2011.

TIECHER, T.; RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; CALEGARI, A. Formas de fósforo inorgânico no solo sob diferentes sistemas de manejo de longo prazo e culturas de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 271-281, 2012

TREADWELL, D.; HUANG, P. Buckwheat: a cool-season cover crop for Florida vegetable systems. In: University of Florida IFAS. Extension Document HS1135. 2008.

TRIBOUILLOIS, H.; DURR, C.; DEMILLY, D.; WAGNER, M.; JUSTES, E. Determination of germination response to temperature and water potential for a wide range of cover crop species and related functional groups. PLoS One 11. 2016

VALCIN, B.J. **Effect of Fagopyrum esculentum on Solubilization of Phosphorus in a Low Reactive Phosphate Rock.** 86 f. Master of Science Thesis (Agriculture) Faculty of Tuskegee University - AL, USA, 2022.

VEDOVETO, M. V. V.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; RODRIGUES, D. B.; ARIEIRA, J. O.; ROLDI, M.; SEVERINO, J. J. Adubos verdes no manejo de *Pratylenchus brachyurus* em soja. *Nematropica*, v. 43, p.226-232, 2013.

WENZEL, B. J. **Indicadores físicos do solo e desempenho da cultura do trigo sob diferentes plantas de cobertura.** 47 f. Trabalho de Conclusão de curso (Agronomia) Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Lago, RS, 2022.

WYCKHUYSEN, K.A.G.; ZHANG, W.; YELITZA, C.; SIMELTON, E.C.; SANDER, B.O.; LU, Y. Tritrophic defenses as a central pivot of low-emission, pest-suppressive farming systems, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 58, 2022.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. P.; AMBROSANO, E. J.; ESTEVES, J. A. F. Espécies de adubo verdes e plantas de cobertura e recomendação para seu uso. In: LIMA FILHO, O.F.; AMBROSANO, E.J.; WUTKE, E.B.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. **Adubação Verde e plantas de cobertura no Brasil:** fundamentos e prática. Vol.1. Brasília, DF: Embrapa, 2^a Edição 2023. 560 p.

WUTKE, E. B.; MASCARENHAS, H. A. A.; AMBROSANO, E. J.; ESTEVES, J. A. F. Adubação, nutrição e fatores climáticos limitantes ao desenvolvimento dos adubos verdes. In: LIMA FILHO, O.F.; AMBROSANO, E.J.; WUTKE, E.B.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. **Adubação Verde e plantas de cobertura no Brasil:** fundamentos e prática. Vol.1. Brasília, DF: Embrapa, 2^a Edição 2023. 560 p.

8 ANEXO



Figura 1. Estratificação na mistura de espécies de cobertura aos 55 dias após a semeadura



Figura 2. (A) Preparo dos canteiros e semeadura; (B) espécies aos 10 dias após a semeadura

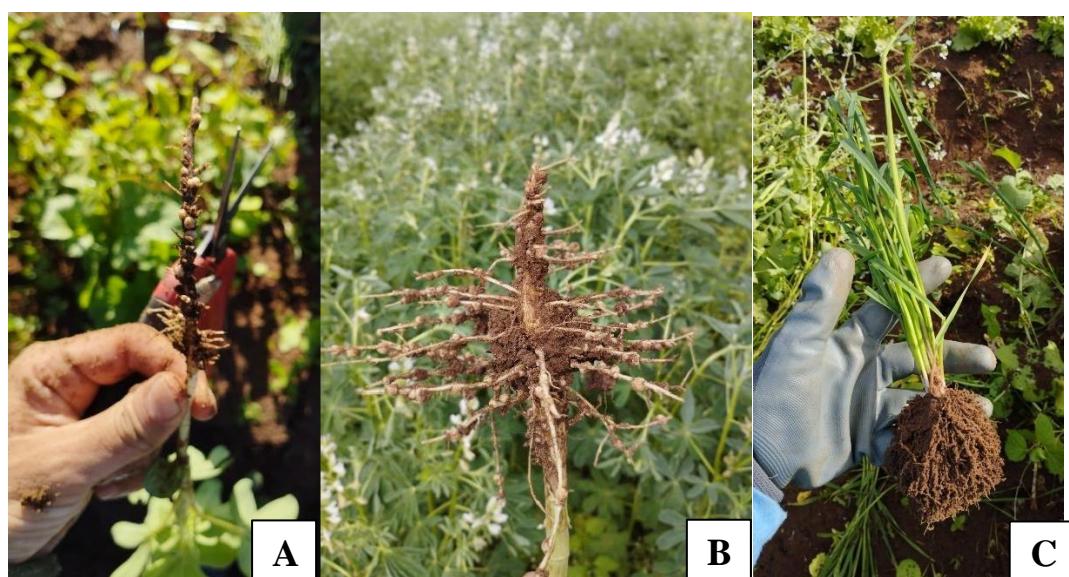


Figura 3. Imagens fotográficas relativas a detalhes no sistema radicular das espécies cultivadas em diferentes misturas nas condições climáticas em Itobi, SP, no ano de 2022. (A) Nodulação em tremoço branco (15 DAS); (B) 30 dias após semeadura; (C) Raiz fasciculada com agregação de solo em aveia preta aos 30 dias após semeadura



Figura 4. (A) vista dos canteiros aos 30 DAS; (B) pleno florescimento aos 55 DAS; (C) 80 DAS com dominância do nabo forrageiro.



Figura 5. (A) Diversidade de espécies e florescimento do trigo mourisco aos 42 dias; (B) Síliquas em amadurecimento aos 80 dias