

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

DAIANA JUNGBLUTH

**PLANTAS DE COBERTURA EM SISTEMA DE
PRODUÇÃO ORGÂNICA DE MILHO VERDE NA
REGIÃO OESTE DO PARANÁ**

DISSERTAÇÃO

SANTA HELENA

2021

DAIANA JUNGBLUTH

**PLANTAS DE COBERTURA EM SISTEMA DE
PRODUÇÃO ORGÂNICA DE MILHO VERDE NA
REGIÃO OESTE DO PARANÁ**

**Cover plants in organic production system of
green corn in the Western region of Paraná**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais e Sustentabilidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Santa Helena, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais e Sustentabilidade - Área de Concentração: Recursos Naturais e Sustentabilidade.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Ana Regina Dahlem Ziech

Coorientador: Prof. Dr. Jonatas Thiago Piva

SANTA HELENA

2021



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Santa Helena



DAIANA JUNGBLUTH

**PLANTAS DE COBERTURA EM SISTEMA DE PRODUÇÃO ORGÂNICA DE
MILHO VERDE NA REGIÃO OESTE DO PARANÁ**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestra Em Recursos Naturais E Sustentabilidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Recursos Naturais E Sustentabilidade.

Data de aprovação: 02 de Julho de 2021

Prof.a Ana Regina Dahlem Ziech, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Anderson Sandro Da Rocha, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Caroline Amadori, Doutorado - Universidade Federal do Paraná

Prof.a Edicleia Aparecida Bonini E Silva, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado a partir dos dados da Ata de Defesa em 03/07/2021.

AGRADECIMENTOS

A Deus por guiar e iluminar meu caminho, me dando força, persistência e determinação de nunca desistir.

A minha família, pelas palavras de apoio, compreensão, paciência e carinho.

A minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Ana Regina Dahlem Ziech, pela orientação, oportunidade, confiança, compreensão e auxílio em todos os momentos que precisei.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Jonatas Thiago Piva, pela ajuda nas correções e sugestões das atividades desenvolvidas.

A técnica de laboratório Andreine Aline Roos, por todo auxílio e colaboração nas atividades em laboratório.

As minhas amigas e colegas de projeto Camila Roberta Pereira e Márcia Cristina dos Santos, pela ajuda nas atividades relacionadas ao desenvolvimento do trabalho, seja no campo ou em laboratório.

Ao Prof. Dr. Luíz César Cassol, e à toda equipe do LABSOLOS UTFPR Pato Branco pelo auxílio na construção do conhecimento através das análises efetuadas para esse trabalho.

A CAPES, pela bolsa de estudo concedida.

À UTFPR pela disponibilização de toda a sua estrutura. Bem como aos professores, funcionários e técnicos de laboratório do *Campus* Santa Helena, e a todos que colaboraram de alguma forma durante minha caminhada.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

JUNGLUTH, Daiana. Plantas de cobertura em sistema de produção orgânica de milho verde na região Oeste do Paraná. 82f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais e Sustentabilidade) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais e Sustentabilidade (Área de Concentração: Recursos Naturais e Sustentabilidade), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Santa Helena, 2021.

As plantas de cobertura do solo apresentam um papel essencial para o sistema plantio direto e principalmente para um sistema orgânico de produção. Alternar plantas de cobertura do solo com culturas de interesse econômico, é indispensável quando se busca um sistema de produção sustentável. Dessa forma, objetivou-se avaliar o desempenho do nabo forrageiro e da aveia preta cultivados como plantas de cobertura de inverno em cultivos solteiros e consórcios com diferentes densidades de semeadura, na proteção do solo e na produtividade da cultura subsequente de milho verde em sistema de produção orgânica no Oeste do Paraná. O experimento foi desenvolvido nos anos de 2019 e 2020 na Estação Experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Santa Helena, sendo disposto em delineamento de blocos casualizados, com cinco tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos por sistemas utilizando o consórcio entre nabo forrageiro e aveia preta, em diferentes densidades de semeadura para cada uma das espécies, bem como as respectivas espécies em cultivo exclusivo (solteiro), sendo eles: Aveia Preta (AP 100%); Nabo Forrageiro (NF 100%); Aveia Preta 25% + Nabo Forrageiro 75% (AP 25% + NF 75%); Aveia Preta 50% + Nabo Forrageiro 50% (AP 50% + NF 50%) e Aveia Preta 75% + Nabo Forrageiro 25% (AP 75% + NF 25%). Foram realizadas avaliações quanto a taxa de cobertura do solo, produção de matéria verde (MV) e matéria seca (MS), decomposição e relação C/N da MS das plantas de cobertura. No milho, foram avaliadas as características quanto à produtividade de espigas de milho verde, produtividade total de milho verde com palha, peso médio de espigas com palha, comprimento médio de espigas despalhadas e diâmetro de espigas despalhadas. Para taxa de cobertura do solo no ano de 2019 aos 49 dias após emergência (DAE) das plantas de cobertura, e no ano de 2020 aos 28 DAE, todos os tratamentos ultrapassaram 60% de cobertura do solo, apresentando um elevado potencial de proteção do solo. A menor produção de MV para ambos os anos foi o cultivo isolado da aveia preta, produzido 6,8 e 19,0 Mg ha⁻¹ diferindo-se dos demais tratamentos. A maior taxa de decomposição ocorreu logo aos 24 dias após colocação (DAC) dos *litter bags* no campo, permanecendo sobre a superfície do solo em média 84% de MS em 2019 e 77% de MS em 2020. A produtividade média das espigas de milho verde no primeiro ano foi de 5,02 Mg ha⁻¹ e no segundo ano 7,64 Mg ha⁻¹. E em relação ao comprimento e diâmetro das espigas, todos os tratamentos testados em ambos os anos foram considerados comerciáveis. Mesmo o trabalho sendo desenvolvido nos primeiros dois anos de estabelecimento do sistema plantio direto com produção orgânica do milho verde, e sob condições climáticas atípicas, apresentou resultados que indicaram potencial de uso dos consórcios entre espécies para aporte de palha no sistema e produção de milho verde.

Palavras-chave: Nabo forrageiro. Aveia preta. Sistema plantio direto. *Zea mays*.

ABSTRACT

JUNGBLUTH, Daiana. Cover plants in organic production system of green corn in the Western region of Paraná. 82f. Dissertation (Masters in Natural Resources and Sustainability) - Graduate Program in Natural Resources and Sustainability (Concentration Area: Natural Resources and Sustainability), Federal University of Technology - (UTFPR). Santa Helena, 2021.

Soil cover plants play an essential role for the no-tillage system and especially for an organic production system. Alternating soil cover plants with crops of economic interest is indispensable when seeking a sustainable production system. Thus, the objective was to evaluate the performance of radish turnip and black oat cultivated as winter cover plants in single crops and consortia with different sowing densities, soil protection and productivity of subsequent green corn crop in organic production system in western Paraná. The experiment was developed 2019 and 2020 at the Experimental Station of the Federal Technological University of Paraná, *Campus* Santa Helena, being arranged in a randomized block design, with five treatments and three replications. The treatments consisted of systems using the intercropping between radish turnip and black oat, at different sowing densities for each species, as well as the respective species in exclusive cultivation (single), being: Black Oats (AP 100%); Radish turnip - NF (100%); Black Oats 25% + Radish Turnip 75% (AP 25% + NF 75%); Black Oats 50% + Radish Turnip 50% (AP 50% + NF 50%) and Black Oat 75% + Radish Turnip 25% (AP 75% + NF 25%). Evaluations were made regarding the soil coverage rate, production of green matter (MG) and dry matter (DM), decomposition and C/N ratio of DM of the cover plants. In corn, the characteristics were evaluated regarding the productivity of green corn ears, total productivity of green corn with straw, average weight of ears with straw, average length of spread ears and diameter of spread ears. For soil cover rate in 2019 at 49 days after emergence (DAE) of cover plants, and in 2020 to 28 DAE, all treatments exceeded 60% of soil cover, presenting a high potential for soil protection. The lowest MG production for both years was the isolated cultivation of black oat, produced 6.8 and 19.0 Mg ha⁻¹ differing from the other treatments. The highest rate of decomposition occurred at 24 days after placement (DAP) of litter bags in the field, remaining on the soil surface on average 84% of DM in 2019 and 77% of DM in 2020. The average productivity of green corn ears in the first year was 5.02 Mg ha⁻¹ and in the second year 7.64 Mg ha⁻¹. And in relation to the length and diameter of the ears, all treatments tested in both years were considered commercialable. Even though the work being carried out in the first two years of establishment of the no-tillage system with organic production of green corn, and under atypical climatic conditions, presented results that indicated potential for the use of consortia between species for straw intake in the system and production of green corn.

Keywords: Radish turnip. Black oats. No-tillage system. *Zea mays*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Médias mensais de temperatura máxima e mínima do ar (°C) e precipitação pluvial (mm), de maio/2019 a janeiro/2021. UTFPR *Campus* Santa Helena-PR, 2021..... 17
- Figura 2** – Quadro metálico utilizado para demarcação do local para coleta de imagens da taxa de cobertura do solo (TCS) em (%) aos 14, 35 e 42 DAE. UTFPR *Campus* Santa Helena-PR, 2020. 20
- Figura 3** – Distribuição das bolsas de decomposição nas respectivas parcelas de cultivo das plantas de cobertura. UTFPR *Campus* Santa Helena-PR, 2019. 22
- Figura 4** – a) Matéria Seca (MS) remanescente ($Mg\ ha^{-1}$) e b) porcentagem de MS remanescente sobre o solo das plantas de cobertura consorciadas e em cultivo isolado para o ano de 2019. UTFPR Santa Helena – PR. 30
- Figura 5** – a) Matéria Seca (MS) remanescente ($Mg\ ha^{-1}$) e b) porcentagem de MS remanescente sobre o solo das plantas de cobertura consorciadas e em cultivo isolado para o ano de 2020. UTFPR Santa Helena – PR. 33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química do adubo orgânico cama de aves (2019 e 2020).	19
Tabela 2 –Taxa de cobertura do solo (%) pelas plantas de cobertura de inverno em sistemas consorciados e cultivo solteiro, de 14 a 84 dias após a emergência (DAE). 2019.	25
Tabela 3 –Taxa de cobertura do solo (%) pelas plantas de cobertura de inverno em sistemas consorciados e cultivo solteiro, de 14 a 49 dias após a emergência (DAE). 2020.	26
Tabela 4 – Produção de matéria verde, matéria seca e relação C/N das plantas de cobertura de inverno consorciadas e solteiras nos anos de 2019 e 2020.....	28
Tabela 5 – Parâmetros produtivos de milho verde em cultivo orgânico sobre plantas de cobertura de inverno em diferentes proporções de semeadura e cultivo solteiro. UTFPR <i>Campus</i> Santa Helena, 2019.	37
Tabela 6 – Parâmetros produtivos de milho verde em cultivo orgânico sobre plantas de cobertura de inverno em diferentes proporções de semeadura e cultivo solteiro, UTFPR <i>Campus</i> Santa Helena, 2020.	38

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

AG	Agroceres
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
pH	Potencial Hidrogeniônico
PR	Paraná
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática
SIMEPAR	Sistema Meteorológico do Paraná
SPD	Sistema Plantio Direto
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE ABREVIATURAS

AP	Aveia Preta
C	Carbono
C/N	Relação entre Carbono e Nitrogênio
cm	Centímetro
cmol	Centimol de carga
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{SH}_2\text{O}$	Sulfato de cobre pentahidratado
DAC	Dias Após Colocação
DAE	Dias Após Emergência
DAS	Dias Após Semeadura
dm	Decímetro
g	Gramas
H_2O_2	Peróxido de hidrogênio
H_3BO_3	Ácido bórico
ha	Hectares
HCl	Ácido Clorídrico
Kg	Quilogramas
m	Metros
M	Mol
m^2	Metros quadrados
mg	Miligramas
Mg	Megagrama
mL	Mililitros
mm	Milímetros
MS	Matéria Seca
MV	Matéria Verde
N	Nitrogênio
Na_2SO_4	Sulfato de Sódio
NaOH	Hidróxido de Sódio
NF	Nabo Forrageiro
P	Fósforo
SB	Soma de Bases
TCS	Taxa de Cobertura do Solo
v	Volume

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 AGRICULTURA ORGÂNICA.....	3
2.1.1 Adubação Orgânica	5
2.1.2 Cultivo do Milho	6
2.2 SISTEMA PLANTIO DIRETO	7
2.3 PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO	9
2.3.1 Aveia Preta	11
2.3.2 Nabo Forrageiro.....	12
2.3.3 Consórcios Entre Plantas de Cobertura.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	16
3.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	17
3.3 PARÂMETROS AVALIADOS	19
3.3.1 Taxa de Cobertura do Solo Pelas Plantas de Cobertura.....	19
3.3.2 Determinação da Produção de Biomassa das Plantas de Cobertura	21
3.3.3 Determinação da Taxa de Decomposição das Plantas de Cobertura	21
3.3.4 Determinação da Concentração de Carbono Orgânico	23
3.3.5 Determinação de Nitrogênio Total.....	23
3.3.6 Parâmetros de Produtividade do Milho	24
3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO	25
4.1.1 Taxa de Cobertura do Solo	25
4.1.2 Produtividade de Matéria Verde e Matéria Seca.....	27
4.1.3 Dinâmica de Decomposição	29
4.2 CULTURA DO MILHO.....	36
5 CONCLUSÕES	42
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS	44
APÊNDICE	56

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.), devido a sua área de ocupação e seu valor econômico e social é o cereal mais produzido no mundo; sendo empregado na alimentação humana, animal e seus grãos podem ser consumidos na forma de grãos secos e verdes (MASSAD et al., 2017; CONAB, 2018).

Visando o aumento da produtividade e à manutenção do equilíbrio do sistema de cultivo do milho, a produção orgânica tem-se tornado uma alternativa viável para elevar a rentabilidade do setor agrícola, devido as chances de aumento do valor agregado ao produto, a baixa aplicação de insumos e a conservação ambiental (CRUZ et al., 2006). Nesse sentido, sistemas agrícolas cujo manejo produtivo represente menor custo e que possibilitem a redução ou substituição dos fertilizantes minerais (KLIEMANN et al., 2006; TEIXEIRA et al., 2010) é um fator de grande importância para a produção de milho verde dentro de um sistema agrícola que visa a sustentabilidade econômica e que seja ecologicamente correto (ACOSTA, 2009).

Uma vez que, na agricultura orgânica, o solo é o centro de todo o processo produtivo, no aspecto de valorização de todos os seus recursos, o manejo adotado prevê práticas que favoreçam o aumento e manutenção da qualidade do solo (ALCÂNTARA et al., 2008). Usar adubação orgânica, que pode vir a substituir parcialmente ou totalmente os adubos minerais, proporcionará aspectos positivos em relação a melhoria das condições do solo e o aumento da matéria orgânica; beneficiando a atividade biológica, elevando a capacidade de troca catiônica (CTC) e promovendo efeito corretivo de pH, tornando-se, uma alternativa mais sustentável e muito utilizada na agricultura (ARAÚJO, 2019).

Outro fator importante na produção de orgânicos é a aplicação dos princípios do SPD. Sendo que, ao utilizar plantas de cobertura, gera benefícios com a ciclagem de nutrientes através da decomposição da biomassa, favorecendo os sistemas produtivos e contribuindo com a diminuição dos custos de produção (PEREIRA, et al., 2017). Portanto, é necessário a busca por espécies de plantas de cobertura do solo que visem a alta produtividade de biomassa de parte aérea e raiz (ESPINDOLA et al., 2006), a diminuição de plantas daninhas (SILVA et al., 2009), a capacidade de rápida mineralização e ciclagem de nutrientes (DUDA et al., 2003), a regulação das oscilações térmicas e hídricas do solo (LOSS et al., 2009).

Uma maneira interessante é a utilização do consórcio entre plantas de

cobertura, Poaceae e Brassicaceae, tendo em vista a particularidade de cada espécie, pois, as Poaceae produzem quantidades relativamente elevadas de fitomassa e protegem a superfície do solo por mais tempo, e as Brassicaceae geralmente possuem altos teores de N na matéria vegetal via ciclagem de nutrientes, com característica de decomposição rápida e conseqüentemente disponibilizando N para as culturas subsequentes (PERIN et al., 2006). Com isso, a consorciação de espécies contribui para a mineralização de N e promovem maior equilíbrio e aumento de carbono no solo ao longo do tempo (ZIECH et al., 2015).

Segundo Damasceno (2019) é fundamental escolher plantas de cobertura do solo que produzam elevada quantidade de matéria seca e ao mesmo tempo que parte da sua massa inicial seja decomposta a outra parte proporcione uma boa porcentagem de cobertura do solo. Lal e Logan (1995) destacam ainda a importância de escolher a planta de cobertura certa para cada região, tendo em vista que sua taxa de decomposição varia dependendo do clima do local, pois em regiões de clima tropical a taxa de decomposição pode chegar a ser 10 vezes maior que em regiões de clima temperado.

Neste sentido, estudar o desenvolvimento de consórcios entre plantas de cobertura de inverno, voltados a agricultura orgânica e a realidade da região Oeste do estado do Paraná, considerando sua inserção no sistema plantio direto se faz importante. Dentre as culturas que se adaptam à região Oeste do Paraná, tem-se a aveia preta e o nabo forrageiro, ambas com características diferentes de desenvolvimento e produção. Com isso, torna-se relevante avaliar qual a melhor proporção de semeadura na combinação do consórcio entre as espécies para uso como plantas de cobertura de inverno, afim de servir como recomendação aos agricultores, em especial aos produtores de milho verde.

Desse modo, o presente estudo tem como hipótese, os sistemas de coberturas cultivados em consorcio apresentam maior eficiência na capacidade de proteção do solo, na produção de MS, no equilíbrio da taxa de decomposição e na produtividade de milho verde, devido a particularidade distinta de cada espécie.

Assim, o objetivo do trabalho é avaliar o desempenho do nabo forrageiro e da aveia preta cultivados como plantas de cobertura de inverno em cultivos solteiros e consórcios com diferentes densidades de semeadura, na proteção do solo e na produtividade da cultura subsequente de milho verde em sistema de produção orgânica no Oeste do Paraná.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 AGRICULTURA ORGÂNICA

A sustentabilidade é preocupação crescente nos dias atuais, tornando-se necessário a busca por alternativas de produção baseadas na preservação dos recursos naturais, na atenção com a saúde e na luta do pequeno agricultor (PERON et al., 2018).

A Lei nº 10.831/2003 define um sistema de produção orgânico como um sistema de manejo sustentável, com uso saudável do solo, da água e do ar, e com redução ao mínimo de todas as formas de contaminação desses elementos que possam resultar das práticas agrícolas; manutenção ou incremento da fertilidade do solo a longo prazo; reciclagem de resíduos de origem orgânica; com visão holística que busca a preservação ambiental, a agrobiodiversidade, a cadeia biológica, a qualidade de vida do homem, desejando a sustentabilidade social, ambiental e econômica. Consiste na conservação dos recursos naturais e não utiliza de fertilizantes de alta solubilidade ou sintéticos (MAPA, 2003).

O solo é o principal agente de nutrição para as plantas, com isso, um dos critérios para o sucesso do sistema orgânico está na qualidade do solo (CRUZ et al., 2006). Um solo de qualidade deve ser capaz de funcionar dentro dos limites de um ecossistema; funcionando como meio para o crescimento e desenvolvimento das plantas, regulador e compartimentalizador do fluxo de água no ambiente; deve promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens. Ou seja, é a capacidade de o solo exercer suas funções na natureza (Doran, 1997).

No meio ambiente, um ecossistema natural demonstra harmonia entre os atributos do solo e a cobertura vegetal presente, resultado que ocorre através dos processos naturais de ciclagem de nutrientes, decomposição e acúmulo de matéria orgânica e interação com o solo (FREITAS et al., 2017). Portanto realizar rotação de culturas é muito benéfico para a preservação da capacidade produtiva dos solos agrícolas. Além do que, intercalar plantas de cobertura do solo com culturas de cereais ou grãos é indispensável quando se busca um sistema de produção mais sustentável (SANTOS; REIS, 2001).

Segundo Oliveira et al. (2010), a rotação de culturas é caracterizada com

o plantio em alternância de espécies, uma seguida da outra, na mesma área; essa forma de cultivo é recomendada com o objetivo de evitar sempre a sucessão com a mesma cultura, que pode ameaçar a sustentabilidade, devido à exaustão causada pela mesma forma de exploração agrícola. Rotacionar culturas é diversificar espécies, onde sua principal razão é a busca de uma maior rentabilidade e estabilidade produtiva.

As plantas de cobertura do solo possuem um papel essencial para o SPD e principalmente para um sistema de produção orgânica, uma vez que contribuem para o aumento da matéria orgânica, e devido ao sombreamento do solo, formam uma barreira física que auxilia também na inibição da germinação de plantas espontâneas (QUEIROZ et al., 2010).

De acordo com Peron et al. (2018), há inúmeras vantagens ao agricultor familiar e ao meio ambiente com a prática da agricultura orgânica. Esse sistema de produção, possibilita a diversificação da produção nas propriedades, auxiliando também para a geração de empregos, pois necessita de mais mão-de-obra; não utiliza agroquímicos, contribuindo para um menor custo de produção e colaborando com a saúde do agricultor, do consumidor e do meio ambiente; preserva e aumenta a biodiversidade dos ecossistemas, auxiliando na conservação das condições físicas, químicas e biológicas do solo, da água e do ar; além do que, os produtos orgânicos possuem valor comercial maior se comparado ao sistema convencional.

Segundo o MAPA (2019), os produtos orgânicos são produzidos de forma a não causar prejuízos ao meio ambiente, buscando preservar os recursos naturais. Desse modo, tende a evitar a destruição ou o desgaste do solo, com o objetivo de protegê-lo ou recuperá-lo para manter sua fertilidade.

A agricultura familiar tem um papel fundamental na preservação do meio ambiente. Até abril de 2020, eram mais de 21,8 mil registros no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos. No Paraná, estão cadastrados no Ministério da Agricultura 3.502 produtores, que representa uma participação de 17,54% no número de produtores de orgânicos em todo o País. Ainda segundo o Ministério, são 3.363 unidades produtivas que trabalham com orgânicos no Paraná, presentes em 177 municípios (AEN, 2020).

Segundo IBGE-SIDRA na região Oeste do Paraná até o ano de 2017 haviam 63 estabelecimentos agropecuários que trabalhavam com produção vegetal orgânica. No município de Santa Helena, existem até o momento (2021) oito

estabelecimentos agropecuários com certificação dos produtos orgânicos, e destes, sete trabalham com produção primária vegetal, e uma como agroindústria.

2.1.1 Adubação Orgânica

Adubo orgânico é definido como aquele que é obtido através de matéria de origem vegetal ou animal; como esterco, farinhas, bagaços, cascas e restos vegetais decompostos ou em estágio de decomposição (DUTRA, 2016). A matéria orgânica é considerada um agente floculante, atuando diretamente na formação e estabilidade dos agregados do solo, prevenindo, assim, os processos erosivos; atua também como fornecedor de macro e micronutrientes, corrigindo a toxidez e aumentando a infiltração de água e aeração do solo (porosidade e densidade) (REINERT et al., 2008; BORGES et al., 2015).

Para Graciano et al. (2006), as fontes mais utilizadas como adubo orgânico são os resíduos de culturas, adubos verdes, estercos, dentre outros. Todavia, a escolha do resíduo a ser empregado depende do seu valor comercial e da disponibilidade, alterando entre as regiões e a cultura que virá em sucessão.

A adubação orgânica é uma fonte muito procurada nos sistemas conservacionistas de preparo do solo (OLIVEIRA, 2004). Na olericultura o adubo orgânico que merece destaque é a “cama de aviário”, que geralmente apresenta elevados teores de nutrientes. Oliveira (2001) observou que os teores de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio na cama de aviário eram muito superiores a outras fontes de adubação orgânica. Outro aspecto importante dessa adubação é os resultados positivos encontrados por diversos autores na produção de várias hortaliças, como, repolho (OLIVEIRA et al., 2003), brócolis (MOREIRA, 2003), taro (ZARATE et al., 2000) e milho (ZARATE et al., 2003).

A cama de aviário é também conhecida como cama de frangos ou esterco de aviário, ela é composta pelas excretas das aves, penas, restos de rações e pelo material que fica sobre o solo no galpão (casca de arroz ou maravalha), estabelecendo-se assim, em um resíduo com alta concentração de nutrientes (HAHN, 2004).

2.1.2 Cultivo do Milho

Pertencente à família Poaceae, o milho é um cereal que apresenta alto valor energético, rico em carboidratos. Sua importância econômica se caracteriza pelas diversas maneiras de utilização, que abrange desde a alimentação animal até a indústria de derivados para alimentação humana. A maior parte de sua produção destina-se a comercialização do grão seco, mas o milho verde, utilizado primordialmente para alimentação humana, também se faz como uma alternativa de geração de renda para o produtor (ABRAMILHO, 2010).

A procura para produzir milho verde vem crescendo significativamente, em virtude do seu alto valor de comercialização se comparado a grãos secos. Com isso, pequenos e médios agricultores são os principais produtores de milho verde, onde em suas propriedades utilizam da mão-de-obra familiar e durante a época de colheita ofertam um elevado número de empregos, visto que ela acontece de forma manual (CRUZ et al., 2006). Outro motivo que colabora para o crescimento da produção de milho verde são as diversas formas em que ele é ofertado nos mercados, podendo ser desde grãos *in natura*, cozidos ou até mesmo processados como ingredientes para fabricação de outros produtos da culinária (MATOS et al., 2007).

Em 2020, o milho verde foi classificado como a 16ª hortaliça mais produzida no Brasil, o que representa 1,13% do volume total de hortaliças comercializadas no país. Sendo estimado a comercialização de 48 mil toneladas (mil t⁻¹) de espigas de milho verde dentado, o que contabilizou em torno de 73 milhões de reais (PROHORT, 2020).

Com base nos dados integrados das Centrais de abastecimento (CEASA's), distribuídas por todo o país, a região sudeste foi a que mais contribuiu para a composição da oferta do milho verde. Os principais estados fornecedores da hortaliça foram, São Paulo com 16,7 mil t⁻¹ (34,6%) do total nacional, Goiás com 7,7 mil t⁻¹ (15,9%), Minas Gerais, com 6,9 mil t⁻¹ (14,3%), Rio de Janeiro com 4,9 mil t⁻¹ (10,3%), Ceará com 4 mil t⁻¹ (8,3%), Paraná com 2,7 mil t⁻¹ (5,7%) e, o Pernambuco com 2,3 mil t⁻¹ (4,8%), perfazendo 93,9% da oferta total de milho verde, no ano de 2020 (PROHORT, 2020).

Entre as formas utilizadas para produção de milho verde, ressalta-se a prática de cultivo com plantas de cobertura ou adubação verde e o SPD, que visam melhorar a qualidade dos solos e reduzir os custos da produção de forma mais

sustentável (ALBUQUERQUE et al., 2013).

2.2 SISTEMA PLANTIO DIRETO

Considerando que o solo é o recurso natural de máxima importância, pode-se inferir que ele se constitui como pilar de sustentação de todo o meio animal e vegetal, resultado da interação dos agentes de sua formação: clima, relevo, organismos e material de origem, assegurando a sustentação da vegetação. E ainda, tem a capacidade de gerar a produção de alimentos, realizando papel relevante para o crescimento vegetal, para estocagem e ciclagem de nutrientes e regulação do fluxo da água, tornando-se indispensável na proteção ambiental (SILVA et al., 2020).

Um dos fatores que contribuem muito para a qualidade do solo é a prática do sistema de plantio direto (SPD). Sistema este que possui como uma de suas premissas a manutenção do solo sempre coberto por plantas, sejam elas em desenvolvimento ou por restos vegetais, tornando o solo mais protegido do impacto direto das gotas da chuva e da erosão (REBELLO; TURETTA, 2017).

A expressão “plantio direto” tem origem no conceito de “*no till*”, que em inglês significa a prática de cultivo inserido diretamente na terra, com o mínimo revolvimento do solo. Técnica que surgiu em 1950 na Inglaterra e nos Estados Unidos por iniciativa de agricultores. Tempos depois, em 1972, o agricultor Herbert Bartz, de Rolândia – Paraná, importou equipamentos dos Estados Unidos e em sua propriedade, de forma empírica, começou a cultivar e produzir com base no sistema de plantio direto, o SPD. Herbert tornou-se protagonista de uma revolução na agricultura brasileira nas últimas décadas (LIMA FILHO et al., 2014).

A introdução do plantio direto no Paraná na década de 1970, tinha como objetivo resolver os problemas erosivos causados pelo sistema de plantio convencional às áreas agrícolas (CASSOL, 2019). O SPD possui como base três princípios: movimentação mínima do solo, manutenção do solo sempre coberto por plantas em desenvolvimento e/ou por resíduos vegetais e rotação de culturas (LIMA FILHO et al., 2014).

Revelada como sendo a maior inovação tecnológica da agricultura nos últimos anos, o SPD vem se aperfeiçoando de acordo com as condições regionais e locais em que é praticado, ou seja, desenvolve identidade regional, conforme o

ambiente que é inserido. Por manter os restos culturais das culturas comerciais anteriores na superfície do solo, juntamente com a palhada de plantas de cobertura, cria um ambiente favorável ao crescimento vegetal, colaborando para o fortalecimento da produção e recuperação/manutenção da qualidade do solo a longo prazo (LIMA FILHO et al., 2014). A permanência da palhada sobre o solo com o passar do tempo é fundamental para a proteção e progresso da qualidade do solo. Além de agir pontualmente nas características físicas, químicas e biológicas do solo (BOER et al., 2007).

O SPD envolve técnicas de manejo para aumentar a produtividade, conservando e melhorando gradativamente o ambiente, auxilia na redução no uso de máquinas, diminuição das perdas de água por evaporação e por escoamento superficial, equilíbrio das variações da temperatura do solo, melhoria da qualidade do solo, ajudando no desenvolvimento das plantas e organismos vivos, maior infiltração e retenção de água no solo, melhor desempenho do sistema radicular da cultura, aumento no controle de plantas invasoras, melhor absorção de água pelas plantas e redução dos processos erosivos (MANFRE, et al., 2019). Segundo Silva et al. (2006), empregar o SPD pode ajudar a reduzir em até 20% as perdas de água e 75% das perdas de solo, se comparados aos solos em cultivos convencionais.

Desse modo, o SPD surge como um sistema agrícola ambientalmente correto e reconhecido por todo o mundo como sustentável, mostrando ser eficiente contra os processos erosivos do solo e contribuindo para a redução dos efeitos causados pelas emissões de gases e poluentes da atmosfera. O SPD sequestra carbono, enriquece a biodiversidade e contribui de forma positiva para o ciclo hidrológico (MOTTER, 2015).

Através do emprego das plantas de cobertura, o SPD visa também diminuir os problemas relacionados à compactação do solo (REEVES, 1994; ALVAREZ et al., 2017), pois as raízes das plantas de cobertura e as das plantas cultivadas em sequência, ao serem decompostas, originam canais no solo. Estes canais aumentam o espaço poroso, dando origem aos macros poros, que aumentam a infiltração de água e melhoram a difusão de gases (JIMENEZ et al., 2008), e aos micros poros, que auxiliam na retenção da água e a porcentagem de matéria orgânica, gerando aumento da capilaridade e adsorção das partículas (REINERT et al., 2006).

As raízes e os organismos da macrofauna do solo são responsáveis em deixar canais no solo, os chamados bioporos, que são vazios nos solos formados pela

atividade biológica. Os bioporos possuem diâmetro aproximado a 5 mm, são aparentemente verticais e contínuos, colaborando para o aumento na infiltração de água reduzindo a probabilidade de erosão (EDWARDS et al. 1990). Além do mais, eles são caminhos preferenciais de alongamento para raízes das plantas (MCKENZIE et al. 2009).

Já a palhada depositada na superfície do solo estabelece uma reserva de nutrientes, sejam elas das plantas de cobertura ou das culturas comerciais que absorvem nutrientes, e quando decompostas os devolvem ao solo. Essa disponibilidade de nutrientes, pode ser rápida e intensa ou lenta, dependendo da espécie utilizada, quantidade de biomassa existente, atividade de macro e meso fauna e condições ambientais; todavia colabora com o aumento de matéria orgânica do solo e proporciona aumento na produtividade das culturas sucessoras ao longo do tempo (ROSOLEM et al., 2003; FAGERIA et al., 2005, CARVALHO et al., 2007, FORTE et al., 2018).

2.3 PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO

Uma das maneiras de reduzir os impactos da agricultura no meio ambiente é a utilização da adubação verde através do plantio das chamadas plantas de cobertura, visando a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (ESPÍNDOLA et al., 1997).

O emprego de plantas para favorecer a melhoria na fertilidade dos solos, é uma prática milenar, em que os povos usavam restos de culturas e vegetação natural dos campos cultivados como adubação. Os chineses foram os primeiros a empregar a adubação verde objetivando a conservação da fertilidade do solo, em especial pelo uso de Fabaceae. Posteriormente os gregos e os romanos começaram a usar em grande escala plantas da família Poaceae como rotação de culturas (ROSSI; CARLOS, 2014; WUTKE et al., 2014).

A observação dos resultados favoráveis da adubação verde fez com que esta prática fosse utilizada por mais de dois mil anos sem qualquer explicação técnica ou científica sobre o motivo desses benefícios. Entre os anos de 1743 e 1931 cientistas descobriram a existência do nitrogênio no ar e também desvendaram o mundo da microbiologia, associando bactérias e parasitas presentes em raízes de

plantas capazes de fixar nitrogênio atmosférico no solo e beneficiar as plantas sucessoras (LIMA FILHO et al., 2014).

No Brasil, há mais ou menos 100 anos são conhecidos os adubos verdes (WUTKE et al., 2014), sendo as primeiras informações técnicas sobre adubação verde, publicadas por Gustavo Rodrigues D'Utra em seu livro "Adubos verdes: sua produção e modo de emprego" (DUTRA, 1919; LIMA FILHO et al., 2014).

Na prática de adubação verde, a massa vegetal é incorporada ao solo, agilizando os processos de decomposição, mineralização e fornecimento de nutrientes para a cultura sucessora. Em contrapartida, quando é utilizado o cultivo de espécies, cujo o manejo proporciona a manutenção da massa vegetal sobre a superfície do solo, e a implantação da cultura sucessora for diretamente sobre a palhada, como ocorre no SPD, usa-se o termo plantas de cobertura do solo, o qual irá disponibilizar os nutrientes de forma mais lenta e servirá como proteção do solo contra a erosão e ao aparecimento de plantas espontâneas problemáticas (ALCÂNTARA et al., 2008).

As plantas de cobertura do solo podem ser empregadas de diversas maneiras, na rotação de culturas, em sucessão e até mesmo em consórcio com outros cultivos (TIECHER, 2016). O uso da rotação de culturas possibilita a manutenção permanente de uma massa vegetal na superfície do solo, favorecendo assim um sistema mais sustentável ao longo do tempo (MATEUS e SANTOS, 2012).

Segundo Júnior (2006) as palhadas das plantas de cobertura sobre o solo são primordiais, pois agem na proteção do solo contra o impacto direto das gotas de chuva, minimizando a erosão, além de atuarem como dissipadoras de energia. Protegem também contra ação dos raios solares e do vento, na diminuição da evaporação e auxiliam no aumento de infiltração e armazenamento de água no solo, promovendo temperaturas adequadas ao desenvolvimento de plantas e organismos.

A utilização de plantas de cobertura do solo pode promover ganhos em fertilidade do solo e nutrição das plantas. Através da ciclagem ou disponibilização de nutrientes e a sucessiva reposição de palhada sobre a superfície do solo, proporciona uma maior concentração de matéria orgânica e por consequência eleva a CTC do solo (HECKLER et al., 2002).

Neste contexto, a adição de palhada das plantas de cobertura, em SPD, promove o aumento da matéria orgânica no solo, pela sua incorporação lenta e contínua, gera fonte de energia aos microrganismos, fazendo aumentar suas

atividades em conjunto com a mineralização, disponibilizando com isso mais nutrientes às plantas e contribuindo para a melhoria na produtividade comercial de cultivos subsequentes. Além de proporcionar resultados na melhoria ou manutenção das características químicas, físicas e biológicas do solo (PAVINATO et al., 2008).

2.3.1 Aveia Preta

Originária da Europa a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) é habituada a solos mais pobres e a baixas temperaturas, e muito cultivada na região Sudeste e Sul do Brasil. Pertencente à família Poaceae, a aveia preta é uma cultura anual de inverno. Seu colmo é cilíndrico com lâminas foliares planas, ásperas e numerosas, composto por diversos nós e entrenós, podendo atingir 1,5 m de altura. Sua inflorescência é do tipo panícula com glumas aristadas ou não. Seu grão é uma cariopse, encoberta pela lema e pela pálea. Possui sistema radicular fasciculado, com raízes fibrosas (FLOSS, 1982; BAUER; REEVES, 1999; PEREIRA et al., 2016).

É uma planta muito utilizada para cobertura do solo, pois apresenta rápido desenvolvimento, alta capacidade de perfilhamento e demonstra rusticidade em relação a sua adaptabilidade, consegue também acumular grande quantidade de matéria seca e extrair nutrientes (PORTAS; VECHI, 2007).

A cobertura vegetal auxilia na infiltração e na capacidade do solo em armazenar água, diminuindo a perda hídrica pelo escoamento superficial e por evaporação, mantendo o solo com mais umidade. Condições estas observadas por Campos et al. (1994) quando utilizaram aveia preta como cobertura do solo no período de entressafra e comparadas às condições de pousio em resultado a taxa de cobertura do solo.

Essa espécie que pode ser usada tanto de forma isolada como em consórcios, produzido quantidades elevadas de matéria seca, com uma média anual de 4.500 a 7.900 kg ha⁻¹ quando plantadas de forma isolada (USDA-ARS-NSDL, 2010). Por ser uma espécie pouco exigente em fertilidade do solo e considerada rústica, a aveia preta destaca-se pelo crescimento vigoroso e sua tolerância à acidez do solo, provocada pela presença do alumínio.

As plantas da família Poaceae são excelentes na proteção do solo por um período de tempo maior (FLORENTÍN et al., 2010). Consorciar outras espécies de

plantas de cobertura (Fabaceae e Brassicaceae) é uma das medidas para ajudar no controle da imobilização de N pelas Poaceae, aliando então, a liberação de N com os benefícios da proteção do solo (GIACOMINI et al., 2004; FLORENTÍN et al., 2010; DAHLEM, 2013).

2.3.2 Nabo Forrageiro

Pertencente à família Brassicaceae, o nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) é uma planta que além de muito cultivada em regiões de clima frio e úmido, como no Sul do Brasil, pode ser utilizada também em regiões de clima tropical (EMBRAPA, 2020).

É uma planta anual, alógama, ereta e bastante ramificada, é uma herbácea que pode atingir de 60 a 100 centímetros de altura (LORENZI, 2006). Seu desenvolvimento inicial é rápido, pois após 60 dias da germinação pode promover cobertura de 70% do solo, o seu ciclo de produção pode variar entre 150 e 180 dias (THEISEN, 2008; DERPSCH; CALEGARI, 1992; CALEGARI, 1990).

Suas síliquas são parcialmente uniformes e suas flores desenvolvem na porção terminal das ramificações, possuindo pedicelo de até dois centímetros de comprimento e com cálice formado por quatro sépalas verticais esverdeadas. As pétalas são uma flor em formato de uma cruz (THEISEN, 2008). É uma cultura bastante rústica. Apresenta sistema radicular do tipo pivotante, que pode ultrapassar dois metros de profundidade (CREMONEZ et al., 2013). De acordo com Pitol e Salton (1993), devido ao seu sistema radicular pivotante, propicia melhorias na porosidade do solo, facilitando a infiltração de água, o crescimento de microrganismos e de raízes de plantas sucessoras.

O nabo forrageiro é uma planta muito usada na adubação verde e também como planta de cobertura, em rotação de culturas com milho, soja, feijão e algodão, pois possui grande capacidade de reciclar nutrientes, principalmente o nitrogênio e o fósforo (EMBRAPA, 2020).

Por ser tolerante a seca, o nabo forrageiro é uma boa opção de cultivo no outono e inverno. É uma planta que não exige muito do tipo de solo para seu cultivo, desenvolve-se bem em solos fracos e ácidos e também é muito resistente a pragas e doenças. Por ter ciclo anual pode ser plantada entre abril e maio levando um período

de produção de três meses. Seu florescimento ocorre 80 dias após o plantio, permanecendo florido por mais ou menos 30 dias. Não havendo o manejo, aos 120 dias atinge a maturação (EMBRAPA, 2020).

No entanto, sua relação C/N é baixa, o que acelera a sua degradação e liberação dos nutrientes presentes em sua palhada (SILVA et al., 2007). Assim, além de ter um desenvolvimento inicial muito rápido e ter ciclo curto, resultando em um alto rendimento de matéria seca, possibilita também a semeadura antecipada do milho em sucessão. Em comparação com a aveia preta e a ervilhaca comum, o nabo forrageiro possui uma velocidade inicial de acúmulo de matéria fresca e seca maior (JUNIOR et al., 2004; DERPSCH et al., 1991).

Na utilização de plantas de cobertura, é necessário selecionar espécies com alto potencial em produzir fitomassa e acumular C e N, além de entender a forma de decomposição e liberação de nutrientes de cada uma. Conhecer cada um desses aspectos é essencial para ajudar na conservação e melhoria da capacidade produtiva do solo, como também para aumentar a disponibilização de nutrientes para as culturas sucessoras (HEINRICHS et al., 2001; RUFFO; BOLLERO, 2003; AITA; GIACOMINI, 2006; LOURENTE et al., 2007; CRUSCIOL et al., 2008; WEBER; MIELNICZUK, 2009).

Em relação à proteção do solo, as plantas de cobertura se destacam em diversos fatores. O nabo forrageiro por exemplo se destaca pela sua alta capacidade de extrair nitrogênio de partes mais profundas do solo, podendo chegar próximo aos 220 kg ha⁻¹ de nitrogênio reciclado (HEINZMANN, 1985).

Segundo Heinz et al. (2011), a taxa de liberação dos nutrientes da palhada do nabo forrageiro é alta no início da sua decomposição, liberando 30% de nitrogênio nos primeiros 15 dias após o seu corte. Aos 30 dias, atinge 60%, liberando os demais macros nutrientes: 95,5% de potássio, 80% de magnésio e 79,6% de fósforo, valores que foram observados 45 dias após o corte das plantas, característica que beneficia a cultura subsequente.

2.3.3 Consórcios Entre Plantas de Cobertura

O consórcio entre espécies de plantas de cobertura do solo pode ser um método muito eficaz para minimizar problemas vistos com culturas solteiras. Pois, a

relação C/N sendo uma das principais responsáveis pela velocidade da taxa de decomposição e liberação de N dos restos culturais nos mostra que, onde ocorre o consórcio entre as culturas a relação é intermediária em vista às encontradas em espécies cultivadas isoladamente (GIACOMINI, 2001)

De acordo com Doneda et al. (2012) o consórcio entre espécies de Poaceae, Brassicaceae e Fabaceae resulta em uma maior produção de fitomassa, e diminui a taxa de decomposição dos seus resíduos culturais se comparado ao cultivo destas de modo solteiro.

Lázaro et al. (2013) também observaram que através da implantação da cultura de aveia preta + nabo forrageiro, obteve-se maior acúmulo de massa seca (5.458 kg ha^{-1}), evidenciando o aumento de produtividade no uso do consórcio de aveia preta + nabo forrageiro, em comparação aos cultivos isolados.

De acordo com Balbinot et al. (2007) a rápida decomposição da palhada, resulta no favorecimento de maior ocorrência de plantas daninhas. Assim, aplicar as práticas de manejo que visam a alta produção de palhada com menor taxa de decomposição, caracteriza-se como um método eficiente no manejo de plantas daninhas, reduzindo a dependência da utilização de produtos químicos e melhorando a sustentabilidade do sistema (BRAZ et al., 2006).

Ao avaliar culturas de cobertura sobre a emergência e crescimento de picão preto (*Bidens pilosa*), Moraes et al. (2010) observaram maior redução do crescimento de picão preto quando utilizado nabo forrageiro e canola como coberturas sobre a superfície do solo. Martins et al. (2016), por sua vez, obtiveram maior índice de controle de plantas daninhas como o picão preto, caruru (*Amaranthus hybridus* L.) e nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.), pela utilização de aveia preta e nabo forrageiro como cobertura.

Além do efeito supressor sobre plantas daninhas, a utilização de plantas de cobertura entre os ciclos produtivos pode auxiliar na melhora da estrutura do solo, aumentando a macro porosidade e diminuindo a densidade do solo (ARGENTON et al., 2005). Esta condição melhora a qualidade física do solo, sendo uma opção à escarificação mecânica do solo, empregando o método biológico (NICOLOSO et al., 2008). As raízes do nabo forrageiro, ao serem decompostas, originam canais no solo que são responsáveis pelo aumento do espaço poroso, originando os macros poros, que aceleram a infiltração de água e melhoram a difusão de gases (JIMENEZ et al., 2008). Já para as Poaceae, em função de seu sistema radicular, possuem uma grande

capacidade em agregar e estabilizar as partículas do solo, pelo aumento quantidade e forma de distribuição das raízes que estas apresentam no perfil de solo (SILVA; MIELNICZUK, 1998).

Nicoloso et al. (2008), ao utilizarem o consórcio de aveia + nabo forrageiro, observarem aumento significativo na macro porosidade do solo e redução da resistência a penetração do solo. Já no tratamento onde utilizaram o escarificador mecânico para a descompactação do solo, não foram observados aumento deste atributo, desencadeando o rearranjo das partículas do solo, voltando ao seu estado de compactação original, pela ausência de raízes.

O nabo forrageiro em função da sua raiz pivotante, consegue alcançar uma grande profundidade no solo, auxiliando na descompactação do mesmo. Por outro lado, a aveia com seu sistema radicular fasciculado consegue distribuir suas raízes em grande quantidade pelo solo, possuindo assim capacidade de agregar e estabilizar as partículas do solo (SILVA; MIELNICZUK, 1998). Segundo Wohlenberg et al. (2004) a ação direta das culturas sobre a formação e estabilização dos agregados do solo, origina melhores resultados quando se é utilizada culturas que possuem um sistema radicular agressivo, com aumento de matéria orgânica na superfície e a sucessão de culturas Poaceae/Fabaceae/Brassicaceae.

Cultivar diferentes espécies de plantas de cobertura auxilia na melhoria e conservação e também da matéria orgânica do solo. Além de promover elevação no rendimento das culturas em sucessão e mostrar viabilidade econômica. Aliás, várias espécies, tanto outono/inverno e primavera/verão, colaboram para a redução da infestação de pragas (CALEGARI, 2006).

De forma geral, as culturas de cobertura ou os adubos verdes, utilizadas no SPD para formar palhada, possuem grande importância na ciclagem de nutrientes (TORRES et al., 2008). Todavia, aderir o SPD na palha sem o uso de herbicidas mostra-se um grande desafio (SOUZA; RESENDE, 2014).

Pode-se então perceber a importância de se buscar entender o comportamento de espécies para o cultivo em consórcio com as plantas de cobertura e/ou adubação verde, buscando estabelecer a proporção apropriada de cada uma no consórcio, de modo a potencializar a produção de fitomassa e aumento de C e nutrientes ao solo (GIACOMINI et al., 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

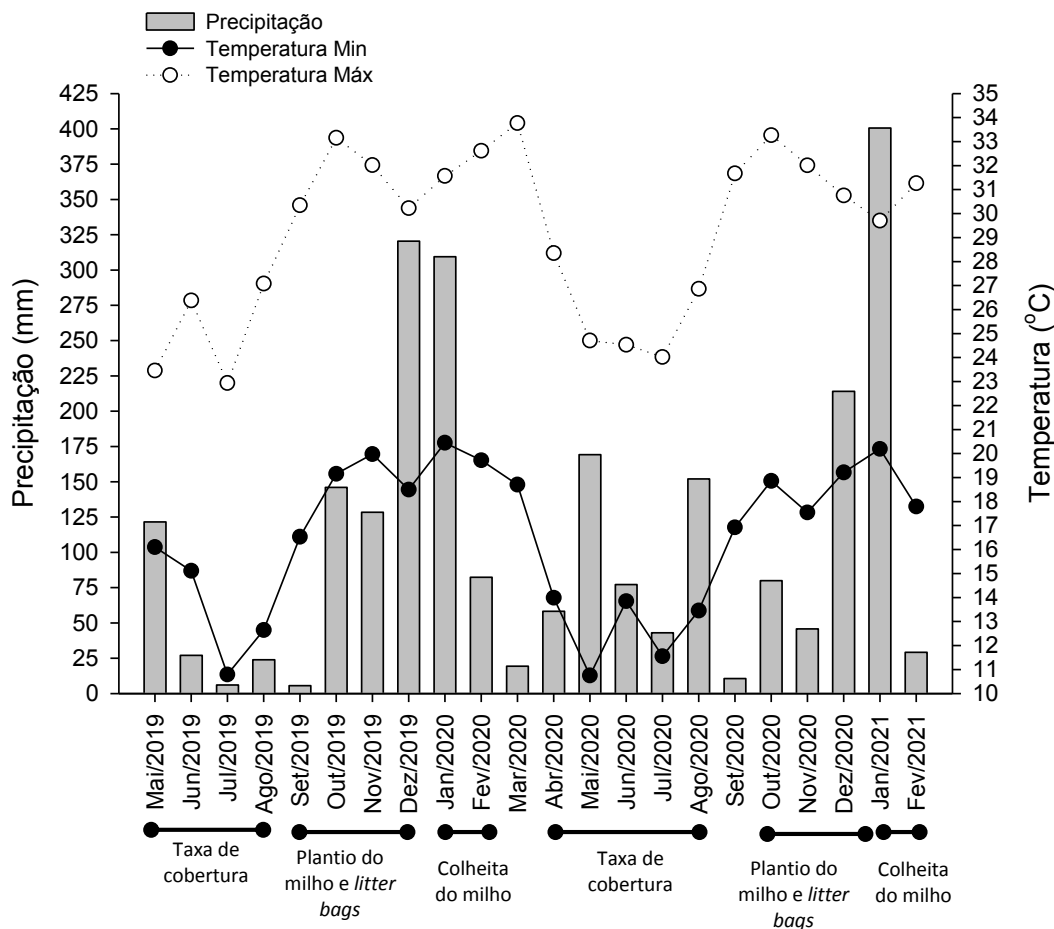
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O estudo foi conduzido na área experimental pertencente à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Santa Helena, situada a 24°50'48.2"S 54°20'47.3"W, a uma altitude ortométrica de 236 m. O clima da região é classificado como Cfa, com verão quente, sem estação seca definida, temperatura média anual entre 20 e 22 °C, conforme Koppen (ALVARES et al., 2014), com precipitações médias anuais entre 1600 e 1800 mm (NITSCHKE et al., 2019). O solo da região é predominantemente do tipo Nitossolo + Latossolo (EMBRAPA FLORESTAS et al., 2012), com textura muito argilosa (73,0% de argila, 18,1% de silte e 8,9% de areia).

O experimento foi estabelecido em uma área utilizada anteriormente para produção de grãos, sem um manejo de solo determinado. A caracterização química inicial do solo na camada de 0-20 cm apresentou as seguintes condições: pH (CaCl₂) = 4,6; índice SMP = 6,3; MO = 29,4 g dm⁻³; P (Mehlich⁻¹) = 6,34 mg dm⁻³; K = 0,2 cmol_c dm⁻³; Ca = 4,1 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,3 cmol_c dm⁻³; H+Al = 3,9 cmol_c dm⁻³; SB (soma de bases) = 5,6 cmol_c dm⁻³; CTC = 9,57 cmol_c dm⁻³ e V% (saturação por bases) = 58%. Para correção do solo, de acordo com os cálculos da necessidade de calagem, foi aplicado calcário à lanço em quantidade de 1,2 Mg ha⁻¹ no ano de 2019.

Os dados climáticos de precipitação pluvial e a média da temperatura do ar referente ao período experimental, foram obtidos da unidade de estação meteorológica SIMEPAR instalada no município de Santa Helena-PR, conforme detalhado na Figura 1.

Figura 1 – Médias mensais de temperatura máxima e mínima do ar (°C) e precipitação pluvial (mm), de maio/2019 a janeiro/2021. UTFPR Campus Santa Helena-PR, 2021.



Fonte: A autora.

3.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido durante os anos de 2019 e 2020. Os tratamentos foram constituídos por sistemas utilizando o consórcio entre nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), em diferentes densidades de semeadura para cada uma das espécies, além das respectivas espécies em cultivo exclusivo (solteiro). O experimento foi disposto em delineamento de blocos casualizados, com cinco tratamentos e três repetições, com dimensões de 5,0 x 5,0 m (25 m²) cada, totalizando 375 m² de área cultivada.

Os tratamentos estão apresentados abaixo, com as respectivas proporções utilizadas para cada espécie na composição de cada consórcio:

1. Aveia Preta – AP 100%;
2. Nabo Forrageiro – NF 100%;

3. Aveia Preta 25% + Nabo Forrageiro 75% - AP 25% + NF 75%;
4. Aveia Preta 50% + Nabo Forrageiro 50% - AP 50% + NF 50%;
5. Aveia Preta 75% + Nabo Forrageiro 25%; - AP 75% + NF 25%.

As densidades de semeadura utilizadas para as plantas de cobertura em cultivo solteiro foram de 80 kg ha⁻¹ de sementes de aveia preta (AP) e 20 kg ha⁻¹ de nabo forrageiro (NF), considerando as recomendações para realização de semeadura a lanço para as culturas solteiras e para as culturas em consórcio seguiu-se na proporção para cada espécie (LIMA FILHO et al., 2014), e assim, aplicada a correção da porcentagem de germinação de cada espécie conforme as informações específicas para cada espécie descritas no lote de sementes. As porcentagens utilizadas para composição dos consórcios referem-se proporcionalmente à quantidade de sementes recomendada por hectare para cada cultura em cultivo exclusivo.

A semeadura das espécies de cobertura de inverno (aveia preta e nabo forrageiro) foram realizadas a lanço em 16/05/2019 (safra 2019/2020) e 29/04/2020 (safra 2020/2021), com posterior capina e arranquio manual das plantas infestantes presentes em área total, para incorporação das sementes ao solo. A emergência das plantas de cobertura ocorreu em 24/05/2019 e 12/05/2020, respectivamente.

O manejo das plantas de cobertura de inverno no primeiro ano ocorreu aos 96 dias após a emergência (DAE) (30/08/2019) e no segundo ano aos 109 DAE (27/08/2020), realizado através de roçada semimecanizada. No primeiro ano (2019) após o manejo das plantas de cobertura, foi realizada a distribuição do adubo orgânico em área total. A dose utilizada foi de 13,2 Mg ha⁻¹ de cama de aviário curtido. A quantidade foi baseada na porcentagem de nitrogênio (N) presente no adubo orgânico (Tabela 1), conforme a análise química, considerando o peso em base seca (matéria seca da cama de aves), visando adicionar ao sistema de produção o equivalente a 200 kg ha⁻¹ de N orgânico. Nesse contexto, tendo em vista que a matéria orgânica através da cama de aviário pudesse ter uma liberação de N mais lenta e também por conta de utilizarmos a aveia nos tratamentos, que pode desencadear a imobilização de N, resolvemos no ano seguinte adicionar uma quantidade maior de cama de aviário, visando atender à necessidade da cultura no momento certo e auxiliando na diminuição do processo de mobilização de N.

Portanto, no segundo ano (2020), houve a distribuição do adubo de forma parcelada, com aplicação durante o crescimento das plantas de cobertura na quantidade de 10 Mg ha⁻¹ do adubo orgânico, e logo após o plantio do milho, a

distribuição de mais 7,2 Mg ha⁻¹ do adubo orgânico por parcela, adicionando o equivalente a 300 kg ha⁻¹ de N orgânico.

Tabela 1 – Composição química do adubo orgânico cama de aves (2019 e 2020).
Concentração (g Kg⁻¹)

Nutriente	Concentração (g Kg ⁻¹)	
	2019	2020
N	29,1	30,0
P	18,8	17,3
K	31,1	31,4

Fonte: A autora.

A semeadura do milho híbrido AG 1051 sobre os resíduos das plantas de cobertura em plantio direto, foi realizada no primeiro ano em 14/09/2019 de forma manual (matraca) com espaçamento de 0,80 m entre linhas e no segundo ano em 02/10/2020 de forma mecanizada com espaçamento de 0,90 entre linhas. A densidade de semeadura estimada foi de para 50.000 plantas ha⁻¹.

A colheita das espigas ocorreu de forma manual, sendo realizadas em quatro etapas. Na primeira safra, a colheita iniciou-se no dia 19/12/2019 e encerrou-se no dia 16/01/2020 e a segunda safra teve início no dia 06/01/2021 e término no dia 09/02/2021.

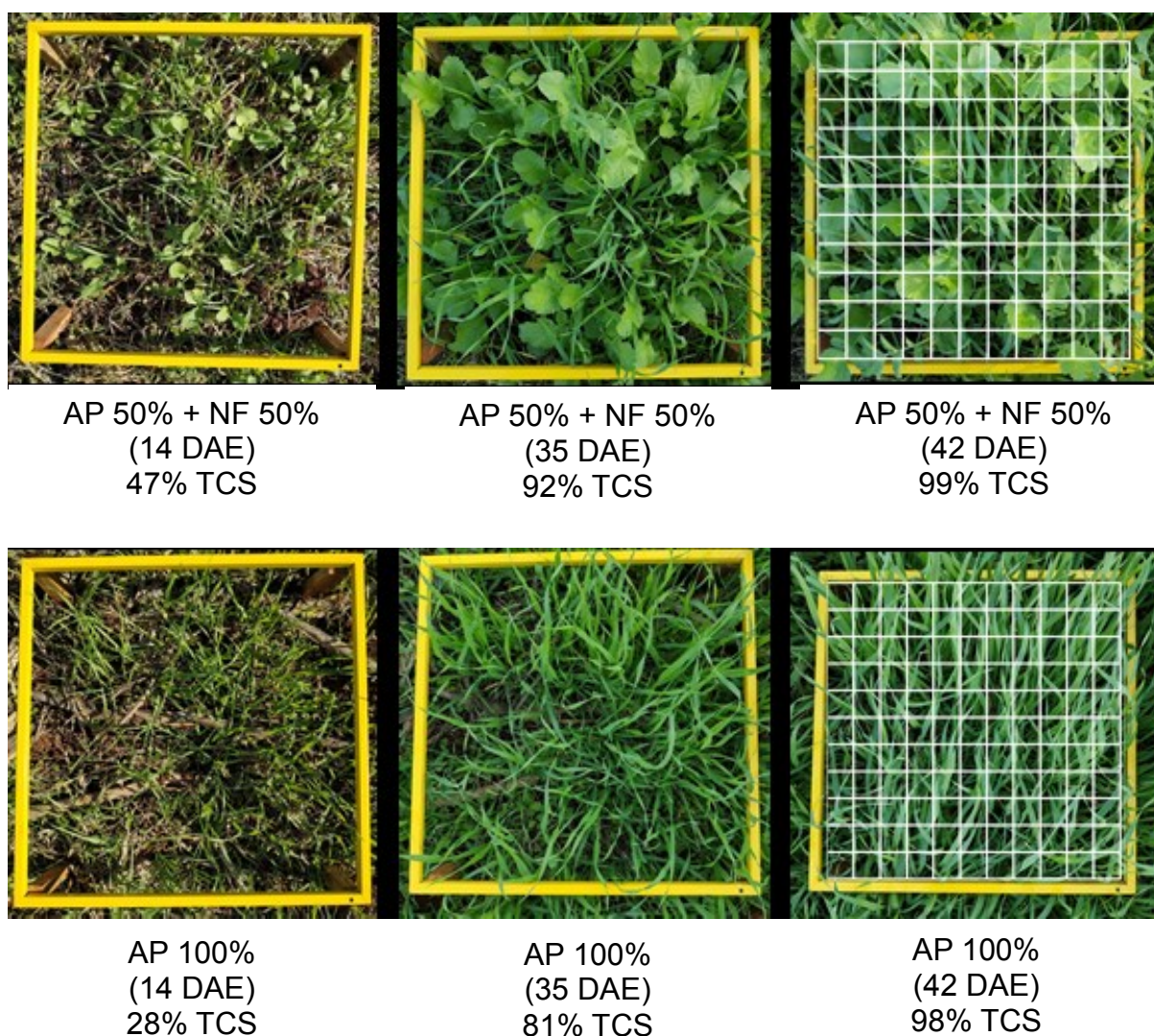
3.3 PARÂMETROS AVALIADOS

3.3.1 Taxa de Cobertura do Solo Pelas Plantas de Cobertura

O acompanhamento da taxa de crescimento e cobertura do solo pelas plantas de cobertura foi feito através do método fotográfico, que consiste na avaliação das imagens digitais coletadas no campo. As coletas foram efetuadas semanalmente até obtenção da máxima cobertura do solo pelo desenvolvimento vegetal dos tratamentos. No ano de 2019, a coleta de imagens foi aos 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 e 84 DAE (dias após a emergência) das plantas de cobertura e no ano de 2020, aos 14, 21, 28, 35, 42, e 49 DAE das plantas de cobertura respectivamente. Para tal, foram demarcados dois pontos fixos em cada uma das parcelas, e através da utilização de um quadrado metálico 0,5 x 0,5 m com área conhecida (0,25 m²)

colocado no solo sobre as plantas de cobertura (Figura 2), foram capturadas as imagens, com posicionamento da câmera digital a aproximadamente um metro de altura, conforme método adaptado de Rizzardi e Fleck (2004). Posteriormente, as imagens digitais foram transferidas para o programa computacional Power point, onde foi inserido um quadriculado com 100 pontos sobre cada imagem. Os pontos de intersecção que ficam sobre as plantas de cobertura foram quantificados, expressando em porcentagem a taxa de cobertura do solo proporcionada pelos tratamentos.

Figura 2 – Quadro metálico utilizado para demarcação do local para coleta de imagens da taxa de cobertura do solo (TCS) em (%) aos 14, 35 e 42 DAE. UTFPR *Campus* Santa Helena-PR, 2020.





NF 100%
(14 DAE)
49% TCS

NF 100%
(35 DAE)
93% TCS

NF 100%
(42 DAE)
97% TCS

AP: aveia preta; NF: nabo forrageiro; DAE: dias após emergência; TCS: taxa de cobertura do solo.
Fonte: A autora.

3.3.2 Determinação da Produção de Biomassa das Plantas de Cobertura

Quando as plantas de cobertura de inverno, consorciadas e em cultivo solteiro atingiram a fase de grão leitoso para a aveia preta, e final de florescimento para o nabo forrageiro, foi realizado a coleta do material vegetal para obtenção da produção de biomassa como matéria verde (MV) e matéria seca (MS) (Mg ha^{-1}). A coleta foi realizada aos 98 DAE (30/08/2019) e aos 87 DAE (07/08/2020) com amostragem ao acaso, utilizando quadro metálico com área conhecida ($0,25 \text{ m}^2$) em dois pontos ao acaso em cada parcela, posteriormente pesadas em balança semi-analítica para obtenção do peso verde e, posteriormente, colocados para secagem em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de $\pm 60^\circ\text{C}$, por 72 h até atingirem peso constante. Após completa secagem da biomassa das plantas de cobertura em estufa, as amostras foram pesadas em balança semi-analítica para a obtenção da MS.

3.3.3 Determinação da Taxa de Decomposição das Plantas de Cobertura

Com a MS das plantas de cobertura do solo, foram elaborados sacos de decomposição (*litter bags*) confeccionadas com tecido *voil*, de malha inferior a 1 mm nas dimensões de $0,2 \times 0,2 \text{ m}$, perfazendo área interna de $0,04 \text{ m}^2$. Utilizou-se material

vegetal previamente seco em estufa de circulação de ar forçado, fracionado em pedaços de aproximadamente 10 cm, sendo que as quantidades de MS utilizadas para o preenchimento da bolsa, baseadas nas quantidades de material produzido por hectare, para cada cultura de cobertura, calculando-se a proporção para a área da bolsa. Para garantir a proporção adequada de cada espécie na composição dos consórcios, foi realizada a separação botânica das mesmas, bem como para o nabo forrageiro, foi realizada a separação entre síliquas, caules e folhas, sendo adicionados aos *litter bags* a proporção real de acordo com a composição em cada tratamento e parcela.

Os *litter bags* foram depositadas no campo em superfície do solo, sendo seis bolsas de decomposição, de igual peso, nas respectivas parcelas do material de origem, nas entre linhas, logo em seguida a semeadura do milho (Figura 3). Uma bolsa de decomposição serviu como controle (testemunha ou tempo zero) sendo armazenada em laboratório.

Figura 3 – Distribuição das bolsas de decomposição nas respectivas parcelas de cultivo das plantas de cobertura. UTFPR Campus Santa Helena-PR, 2019.



Fonte: A autora.

A quantificação da taxa de decomposição das plantas de cobertura foi realizada através da determinação da perda de massa, sendo as coletas (um *litter bag* por coleta/por tratamento/por repetição) realizadas em intervalos regulares de tempo pré-determinados correspondendo aos 24; 39; 54; 69; 84 e 99 dias após a deposição

dos mesmos no campo no ano de 2019 e no ano de 2020 respectivamente, coincidindo com o desenvolvimento do milho em dias após a semeadura (DAS).

Após cada coleta, os *litter bags* foram secos em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de $\pm 60^{\circ}\text{C}$, por 48 h, em seguida o material vegetal remanescente foi pesado em balança semi-analítica. Posteriormente, foram triturados em moinho de facas tipo willye, equipado com peneira de 20 mesh.

3.3.4 Determinação da Concentração de Carbono Orgânico

As amostras secas de tecido vegetal das plantas de cobertura foram analisadas para determinação de C orgânico conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995) no Laboratório de Solos da UTFPR *Campus* Pato Branco.

3.3.5 Determinação de Nitrogênio Total

As determinações dos teores de N total na constituição dos tecidos vegetais para definição da relação C/N das plantas de cobertura, foram realizadas conforme metodologia descrita em Embrapa (2006). Utilizou-se 0,1 g de amostra previamente seca e moída, em tubo de ensaio, onde foram acrescentados 10 mL da solução Digestora (Sulfato de Sódio Na_2SO_4 com Sulfato de Cobre $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Os tubos de ensaio com as amostras foram acondicionados em um bloco digestor pré-aquecido a 90°C por 30 min. Após esse período os tubos foram agitados e a temperatura do bloco foi ajustada para 140°C , por mais 30 min. Em seguida, os tubos foram agitados novamente e aquecido para 200°C mantendo por 30 min, depois novamente os tubos de ensaio foram agitados e a temperatura aumentada para 260°C . Após este período foi adicionado aos tubos de ensaio 2 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e a temperatura ajustada para 360°C até a completa digestão da amostra, a qual teve sua coloração alterada de negra sólida para esverdeada transparente. Após o aparecimento da coloração esverdeada transparente, as amostras continuaram a 350°C por mais uma hora no bloco, que após esse período foi desligado. Após as amostras esfriarem, foi feito o processo de destilação. No funil, acima do destilador foi colocado 25 mL da solução de NaOH 10 mol L^{-1} e na saída do condensador um Erlenmeyer de 50 mL com 5 mL da solução indicadora (solução

alcoólica do indicador Verde de Bromocresol com Vermelho de Metila e Ácido Bórico (H_3BO_3). Com isso, coletado cerca de 35-40 mL de solução destilada no Erlenmeyer, e o conteúdo titulado com solução de HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$, até o ponto de viragem (verde-vermelho). Com os valores gastos na titulação, aplicou-se na fórmula $(7000*(V-V_b))$ para cálculo de N total em tecido ($N \text{ mg Kg}^{-1}$). Onde:

7000 = constante referente as diluições do método

V = Volume de HCl utilizado na titulação

V_b = Volume de HCl utilizado na prova em branco

3.3.6 Parâmetros de Produtividade do Milho

No cultivo do milho, safra 2019/2020 e 2020/2021, quando o milho atingiu o ponto de grão leitoso (R3) foi realizado a colheita das espigas de forma manual em $16,8 \text{ m}^2$ de área útil da parcela, realizando a avaliação quanto à produtividade de espigas de milho verde (n° de espigas por ha^{-1}), produtividade total de milho verde com palha (Mg ha^{-1}), peso médio de espigas com palha (g), comprimento médio de espigas despalhadas (cm) e diâmetro de espigas despalhadas (cm).

3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados obtidos foram organizados em planilhas eletrônicas utilizando o *Software Excel*, e submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Duncan com probabilidade de erro de 5% ($p \leq 0,05$) pelo programa computacional Genes (CRUZ, 2006). As curvas da manutenção da MS remanescente sobre o solo das plantas de cobertura solteiras e nas diferentes densidades de consórcios foram ajustadas ao modelo matemático, de acordo com significância e a magnitude dos coeficientes de determinação, através do programa SigmaPlot® versão 11.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO

4.1.1 Taxa de Cobertura do Solo

Para o ano de 2019, as plantas de cobertura do solo apresentaram comportamento semelhante entre os tratamentos testados, não havendo diferença estatística quanto a taxa de cobertura do solo pelo desenvolvimento vegetal das diferentes densidades de espécies na consorciação, bem como nos cultivos solteiros ao longo dos 84 dias de acompanhamento (Tabela 2).

Tabela 2 –Taxa de cobertura do solo (%) pelas plantas de cobertura de inverno em sistemas consorciados e cultivo solteiro, de 14 a 84 dias após a emergência (DAE). 2019.

Plantas de cobertura	Taxa de cobertura do solo (%)										
	14 DAE	21 DAE	28 DAE	35 DAE	42 DAE	49 DAE	56 DAE	63 DAE	70 DAE	77 DAE	84 DAE
AP 100%	11,7 *ns	16,7 *ns	23,3 *ns	39,3 *ns	56,0 *ns	74,0 *ns	83,2 *ns	87,0 *ns	87,0 *ns	81,3 *ns	81,8 *ns
NF 100%	11,7	22,8	32,5	46,5	63,7	63,0	68,2	77,0	82,5	82,7	82,7
AP 75% + NF 25%	11,0	17,2	27,5	39,5	70,0	69,2	81,3	89,0	91,5	90,7	92,5
AP 50% + NF 50%	13,8	22,5	39,0	51,0	69,3	71,7	77,8	87,3	90,8	89,0	88,2
AP 25% + NF 75%	14,7	22,7	39,5	55,8	74,3	76,3	83,2	91,7	93,7	93,0	88,3
CV (%)	37,0	36,0	42,0	42,0	28,0	26,0	17,0	10,0	8,0	8,8	11,0

*ns- Não significativo pelo teste de Tukey 5% ($p < 0,05$).

AP= Aveia preta e NF= Nabo forrageiro. CV: Coeficiente de Variação.

Fonte: A autora

A similaridade obtida no desenvolvimento vegetativo das espécies, pode estar relacionada às condições climáticas que ocorrerão durante o período de acompanhamento (Figura 1). Tendo como precipitação neste período apenas 154,6 mm, sendo perceptível a campo que essa irregularidade e o baixo volume de precipitação ocorrido, prejudicou o desenvolvimento vegetal das plantas e o perfilhamento no caso da Poaceae (observação visual).

Os demais resultados referentes a taxa de cobertura do solo pelas plantas de cobertura de inverno do ano de 2019, estão descritos em Jungbluth et al., (2020) uma vez que foram publicados em revista científica, e encontram-se disponíveis no Apêndice 1.

No ano de 2020, as plantas de cobertura apresentaram comportamentos similares quanto ao seu desenvolvimento ao longo do período avaliado. Durante os primeiros 14 DAE a taxa de cobertura do solo pelas plantas de cobertura foram semelhantes, não apresentando diferença estatística (Tabela 3).

Aos 21 DAE o consórcio 25% AP + 75% NF, apresentou a maior taxa de cobertura do solo, não diferindo do consórcio de 50% AP + 50% NF e do cultivo isolado de 100% NF. Confirmando a eficiência do nabo na rápida cobertura do solo, tendo em vista que as melhores respostas ocorreram nos consórcios onde houve a maior presença da espécie na combinação, bem como em seu cultivo isolado. Resultado semelhante foi encontrado por Faversoni et al. (2014), onde os tratamentos que continham o nabo forrageiro foram superiores em todas as avaliações, o que pode estar relacionado ao fato de ser uma planta morfologicamente de elevado porte e possuir folhas largas e grandes, proporcionando um aumento da cobertura do solo. A partir dos 28 DAE, todos os tratamentos apresentaram taxa de cobertura do solo igual ou superior a 81%.

Tabela 3 –Taxa de cobertura do solo (%) pelas plantas de cobertura de inverno em sistemas consorciados e cultivo solteiro, de 14 a 49 dias após a emergência (DAE). 2020.

Plantas de cobertura	Taxa de cobertura do solo (%)					
	14 DAE	21 DAE	28 DAE	35 DAE	42 DAE	49 DAE
AP 100%	33,5 a*	48,5 c	81,0 a	93,8 a	96,6 a	97,8 a
NF 100%	36,8 a	58,6 abc	81,3 a	93,5 a	94,6 a	91,0 a
AP 75% + NF 25%	37,6 a	52,1 bc	86,1 a	94,6 a	96,0 a	96,3 a
AP 50% + NF 50%	44,6 a	63,0 ab	89,8 a	96,1 a	96,6 a	97,6 a
AP 25% + NF 75%	44,5 a	66,1 a	91,6 a	97,5 a	98,3 a	97,3 a
CV (%)	13,9	11,0	6,6	2,1	2,0	3,3

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Duncan ($p>0,05$).

AP= Aveia preta e NF= Nabo forrageiro. CV: Coeficiente de Variação.

Fonte: A autora.

Faversoni et al. (2014) em seu trabalho obteve aos 30 DAE taxa de cobertura do solo com o nabo forrageiro de 44,2% diferindo da aveia preta que apresentou 38,6% de cobertura do solo, respectivamente, com plantio de 70 kg ha⁻¹ de aveia preta e 20 kg ha⁻¹ de nabo forrageiro; e Faversoni et al. (2012) observaram aos 45 DAE, taxa de cobertura de aproximadamente 80% para o nabo forrageiro e a aveia preta.

A partir dos 35 DAE todos os tratamentos apresentaram taxa de

cobertura do solo superiores a 93,5%, não apresentando diferença entre os tratamentos testados. Agostineto et al. (2000), destaca que, quanto maior a velocidade que a espécie recobre o solo, mais efetiva ela será no controle da erosão.

Segundo Silva et al. (2006), a aveia preta é uma das espécies de plantas de coberturas mais utilizadas pelos agricultores na região Sul do Brasil, isso se deve ao fato da facilidade na aquisição de sementes, a espécie ser considerada rústica e por possuir um ciclo que se adequa as culturas em sequência. Portanto, é interessante destacar que através do consórcio de aveia preta com outras espécies de cobertura do solo, obtém-se proteção física pela rápida cobertura do solo e uma maior biodiversidade vegetal no sistema (ZIECH, 2016). Dessa forma, Cherr et al. (2006) sugere que pelas características distintas de cada espécie, verifica-se a introdução de benefícios diferentes ao sistema de produção.

4.1.2 Produtividade de Matéria Verde e Matéria Seca

A produção de matéria verde (MV) e matéria seca (MS) dos consórcios entre aveia preta e nabo forrageiro, e seus respectivos cultivos solteiros durante o ano de 2019 e 2020 estão apresentados na Tabela 4.

Em 2019, a produção de MV da AP 100% apresentou apenas 6,78 Mg ha⁻¹, diferindo-se dos demais tratamentos testados. Embora as Poaceae apresentem, geralmente, maior rusticidade em relação às Brassicaceae, para a aveia preta, a baixa precipitação que ocorreu durante o desenvolvimento vegetativo das espécies, com apenas 157,9 mm ao longo de seu crescimento (107 dias), sendo portanto, 121,6 mm nos últimos 4 dias do mês de maio (12 dias após a semeadura) e o restante 36,3 mm ao longo dos dias até o momento do corte (mais 92 dias), gerou atraso no seu desenvolvimento, quando comparado ao nabo forrageiro, que foi menos afetado pelo estresse hídrico, devido seu sistema radicular pivotante.

Os tratamentos que continham NF apresentaram uma grande produção de MV, isso provavelmente se deve ao fato de que, o nabo forrageiro é uma planta de elevado porte, com folhas largas e grandes, possuindo um rápido desenvolvimento e crescimento vigoroso, além disso, se desenvolve muito bem em solos pobres, e é bastante tolerante a seca e a geada (FAVERSANI et al., 2014; TIECHER, 2016)

Em 2020, o cultivo isolado de AP 100% apresentou novamente a menor

produção de MV (19,0 Mg ha⁻¹), não diferindo do consórcio AP 75% + NF 25%.

Para a produção de MS no ano de 2020, não houve diferença significativa entre os tratamentos testados, variando entre 4,22 Mg ha⁻¹ para AP 100% e 5,81 Mg ha⁻¹ para o consórcio AP 50% + NF 50%.

Tabela 4 – Produção de matéria verde, matéria seca e relação C/N das plantas de cobertura de inverno consorciadas e solteiras nos anos de 2019 e 2020.

Plantas de Cobertura	Ano 2019			Ano 2020		
	Matéria Verde (Mg ha ⁻¹)	Matéria Seca (Mg ha ⁻¹)	Relação C/N	Matéria Verde (Mg ha ⁻¹)	Matéria Seca (Mg ha ⁻¹)	Relação C/N
AP 100%	6,8 b*	2,5 b	19/1 a	19,0 b	4,2 a	22/1 a
NF 100%	20,0 a	4,3 a	22/1 a	32,7 a	5,4 a	25/1 a
AP 75% + NF 25%	20,1 a	4,4 a	21/1 a	28,8 ab	5,6 a	21/1 a
AP 50% + NF 50%	15,3 a	3,3 ab	20/1 a	34,1 a	5,8 a	24/1 a
AP 25% + NF 75%	16,9 a	3,6 ab	24/1 a	31,3 a	5,2 a	25/1 a
CV (%)	22,4	23,0	20,8	21,5	20,6	14,8

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Duncan com probabilidade de erro de 5% (p>0,05). AP= Aveia preta e NF= Nabo forrageiro. Fonte: A autora.

A produção de MS do nabo forrageiro em cultivo solteiro obtido nas condições do presente estudo, em ambos os anos, é superior ao resultado de Crusciol et al. (2005), que encontraram 2,93 Mg ha⁻¹ de MS para a cultura do nabo.

No ano de 2019, a AP 100% produziu 2,53 Mg ha⁻¹ de matéria seca. Já o consórcio de AP 75% com apenas NF 25% produziu 4,42 Mg ha⁻¹, mostrando-se assim, uma excelente opção para substituir o cultivo solteiro de aveia preta. Giacomini et al. (2003), ao avaliarem o consórcio entre aveia e nabo, concluíram que em solos com maior disponibilidade de N, o nabo apresenta maior taxa de crescimento que a aveia, competindo com maior eficiência pelos nutrientes, água e radiação solar. Apesar dos fatores (déficit hídrico e baixa temperatura) ocorridos no presente trabalho, uma alternativa para diminuir a predominância do nabo sobre a aveia, consiste na diminuição da proporção da Crucífera nos consórcios.

A produção média de MS das plantas de cobertura no ano de 2019 foi de 3,63 Mg ha⁻¹, sendo 3,42 Mg ha⁻¹ para as espécies em cultivo solteiro e de 3,77 Mg ha⁻¹ para as espécies consorciadas. No ano de 2020, a produção média de MS foi de 5,24 Mg ha⁻¹, sendo 4,83 Mg ha⁻¹ para o cultivo isolado das espécies e 5,51 Mg ha⁻¹ para o cultivo em consórcio das espécies. Tal resultado aponta que o consórcio

entre plantas de cobertura é uma alternativa vantajosa em relação ao cultivo solteiro, tendo em vista que foi possível aumentar a produção de MS em 10% e 14% respectivamente. Esse resultado corrobora com os obtidos por Giacomini (2001), onde nos consórcios de aveia com ervilhaca e aveia com nabo, a produção média de MS aumentou 13% em relação as espécies em cultivo solteiro.

Apesar da literatura indicar que os valores da relação C/N dos tecidos vegetais para as espécies em estudo apresentarem características distintas, o resultado encontrado no presente estudo para as culturas isoladas de aveia preta e nabo forrageiro, bem como os consórcios não apresentaram diferenças estatísticas entre si, variando entre 19/1 e 25/1. (Tabela 4). Pode-se perceber através da média entre os consórcios, que a relação C/N destes se manteve intermediária aos valores das espécies em cultivo solteiros, sendo 21,6 e 23,3 para os anos de 2019 e 2020, respectivamente.

Neste sentido, destaca-se a possibilidade de maiores benefícios em relação a proteção do solo, produção de MV e MS pela consorciação nas diferentes proporções testadas, sem que ocorram prejuízos no aporte de fitomassa em superfície do solo. Além disso, pode-se esperar, que pela combinação entre as espécies, ocorra uma dinâmica diferenciada da decomposição dos resíduos em relação aos cultivos solteiros, no que diz respeito a proteção do solo e ciclagem de nutrientes.

4.1.3 Dinâmica de Decomposição

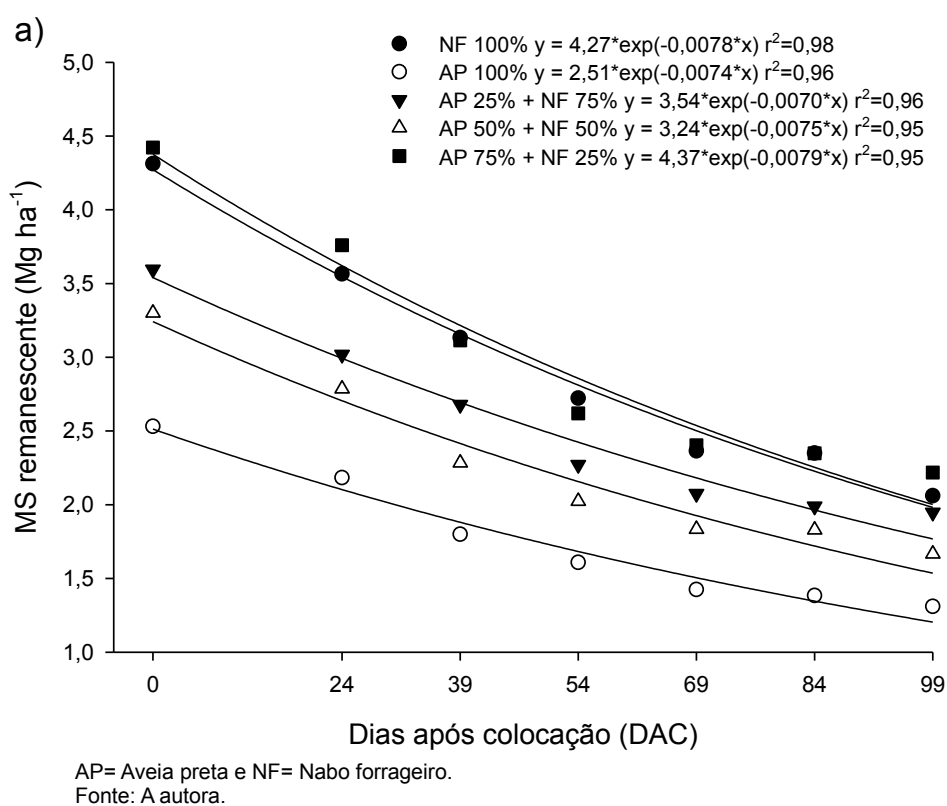
Conhecer o tempo de permanência dos vegetais sobre a superfície do solo é algo fundamental, tendo em vista que o sucesso do sistema de plantio direto visa a manutenção do solo sempre coberto. Portanto, é necessário a busca por sistemas que sejam eficientes em gerar grandes quantidades de matéria seca, para que assim consigam proteger o solo por um tempo maior (KLIEMANN et al., 2006).

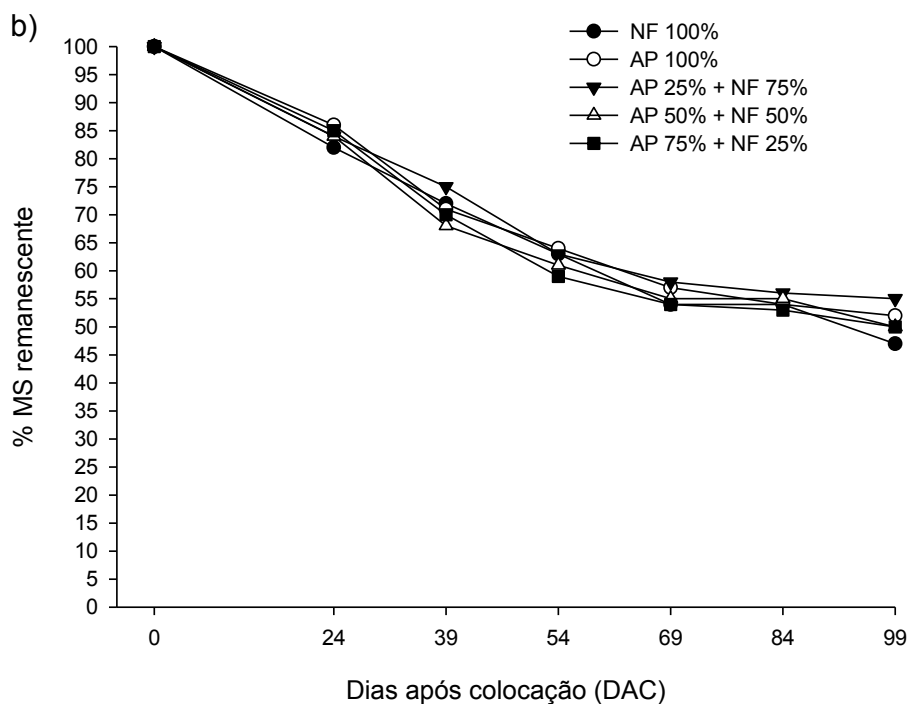
Os resultados do acompanhamento da dinâmica de decomposição das plantas de cobertura do ano de 2019 e 2020, avaliada através da matéria seca remanescente dos resíduos culturais sobre o solo, ao longo do tempo, encontram-se na Figura 4ab e Figura 5ab.

Para o ano de 2019, é possível observar que a decomposição dos resíduos vegetais apresentou um padrão similar entre todos os tratamentos ao longo

do período de acompanhamento. Entretanto, percebe-se que a decomposição das plantas de cobertura apresentou uma fase inicial rápida, com redução das quantidades de MS, seguida por um período mais lento, o que coincide com resultados obtidos em outros trabalhos (GIACOMINI et al., 2003; CRUSCIOL et al., 2005; MARCOLINI, 2009).

Figura 4 – a) Matéria Seca (MS) remanescente (Mg ha^{-1}) e b) porcentagem de MS remanescente sobre o solo das plantas de cobertura consorciadas e em cultivo isolado para o ano de 2019. UTFPR Santa Helena – PR.





AP= Aveia preta e NF= Nabo forrageiro.

Fonte: A autora.

Conforme a figura 4b é possível perceber que a maior taxa de decomposição para todos os tratamentos ocorreu logo aos 24 dias após a colocação (DAC) dos *litter bags* no campo, com manutenção média de 84% dos resíduos em superfície do solo. Esses resultados são similares aos obtidos por Aita e Giacomini (2003) para a aveia preta, e aos resultados de Medrado et al. (2011) para o nabo forrageiro ao final do primeiro mês.

Nos consórcios entre AP 50% + NF 50% e AP 25% + NF 75%, a presença da aveia preta reduziu a taxa de decomposição dos resíduos culturais se comparado ao cultivo solteiro do nabo forrageiro. Fazendo com que esses consórcios permanecessem sempre intermediários aos cultivos solteiros. Já o consórcio AP 75% + NF 25% e o nabo forrageiro em cultivo solteiro apresentaram resultados semelhantes, desde uma elevada produtividade de MS até a taxa de decomposição.

O consórcio de AP 50% + NF 50% apresentou 16% de taxa de decomposição entre os 24 e 39 DAC, reduzindo de 2,78 Mg ha⁻¹ para 2,28 Mg ha⁻¹ da quantidade de MS em superfície em 15 dias. A partir desse momento, houve aparentemente uma estabilização em sua decomposição, chegando aos 99 DAC com 1,83 Mg ha⁻¹ (55%) de MS remanescente em cobertura do solo.

O consórcio de AP 75% + NF 25%, dos 39 DAC aos 54 DAC apresentou

uma redução de 0,49 Mg ha⁻¹ (11%) na taxa de MS remanescente sobre o solo, passando dos 3,11 Mg ha⁻¹ (70%) para a quantidade de 2,61 Mg ha⁻¹ (59%) da massa em 15 dias. Outro tratamento que teve um comportamento semelhante foi o do nabo forrageiro em cultivo solteiro, em que aos 39 DAC apresentava 3,13 Mg ha⁻¹ (72%), e aos 54 DAC reduziu para 2,72 Mg ha⁻¹ (63%) de MS em superfície do solo, decompondo neste período 0,41 Mg ha⁻¹ (9%) em 15 dias.

Mesmo assim, os resultados do presente trabalho assemelham-se aos encontrados por Ziech et al. (2015) em que o nabo forrageiro apresentou 90% e 55% de MS remanescente sobre o solo aos 23 e 122 dias de acompanhamento a campo. Resultados similares também foram encontrados por Medrado et al. (2011) onde registraram aos 30 dias de decomposição 84% de MS sobre o solo e aos 161 dias 53% de MS remanescente sobre a superfície do solo.

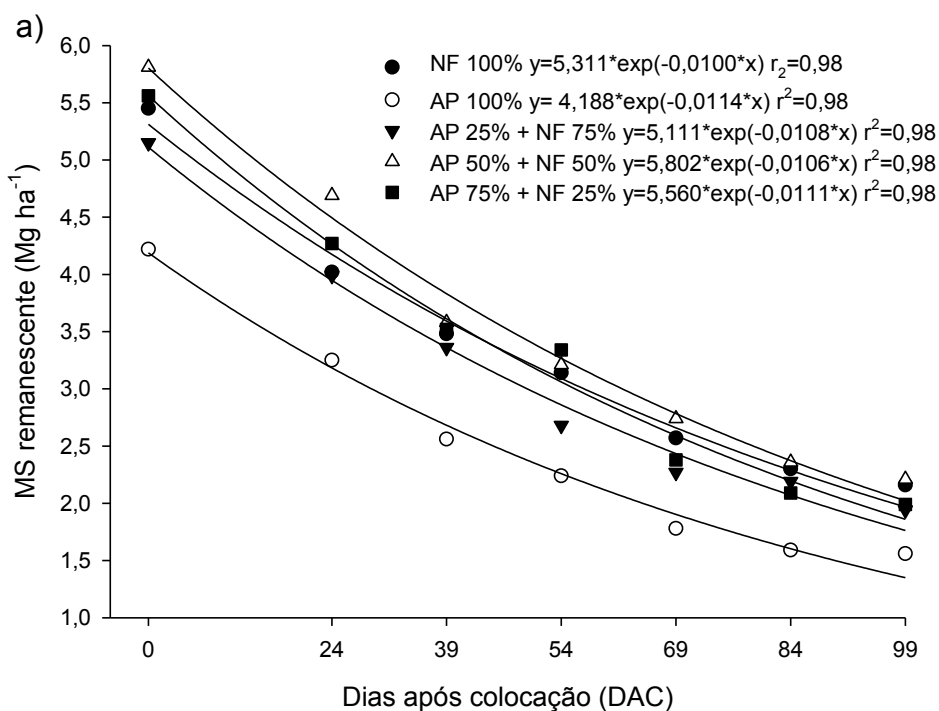
A aveia preta em cultivo solteiro apresentou a menor taxa de decomposição entre os tratamentos testados em 2019, onde aos 24 DAC apresentava 2,18 Mg ha⁻¹ (86%) e ao final do experimento 99 DAC 1,42 Mg ha⁻¹ (57%) de MS remanescente sobre o solo. Resultado similar ao encontrado por Ziech et al. (2015) onde aos 30 DAC dos *litter bags* a aveia preta possuía 84% da MS em superfície do solo e ao final dos 90 DAC 63% (2,95 Mg ha⁻¹) de MS remanescente em cobertura do solo, corroborando também com Garmus et al. (2013) onde ao final de 120 DAC a aveia preta apresentava manutenção de 51% dos resíduos da MS sobre o solo.

O consórcio AP 75% + NF 25% apresentou ao final dos 99 DAC 2,21 Mg ha⁻¹, sendo 2,20 Mg ha⁻¹ a menos do que foi depositado inicialmente, ou seja 50% de MS foi decomposta ao longo do experimento e 50% continuou para proteção do solo. Os demais tratamentos apresentaram resultados semelhantes, portanto, o consórcio AP 50% + NF 50% que apresentava inicialmente 3,30 Mg ha⁻¹ de MS resultou em 1,83 Mg ha⁻¹ (55%) de MS sobre o solo. Por sua vez, o consórcio AP 25% + NF 75% decompôs ao longo dos 99 dias 1,64 Mg ha⁻¹ da quantidade inicialmente aportada, mantendo ao final 1,94 Mg ha⁻¹ (55%) MS sobre o solo. O tratamento de NF em cultivo solteiro a MS inicial que era de 4,31 Mg ha⁻¹ resultou ao final dos 99 DAC em 2,06 Mg ha⁻¹ (47%) de MS remanescente sobre a superfície do solo.

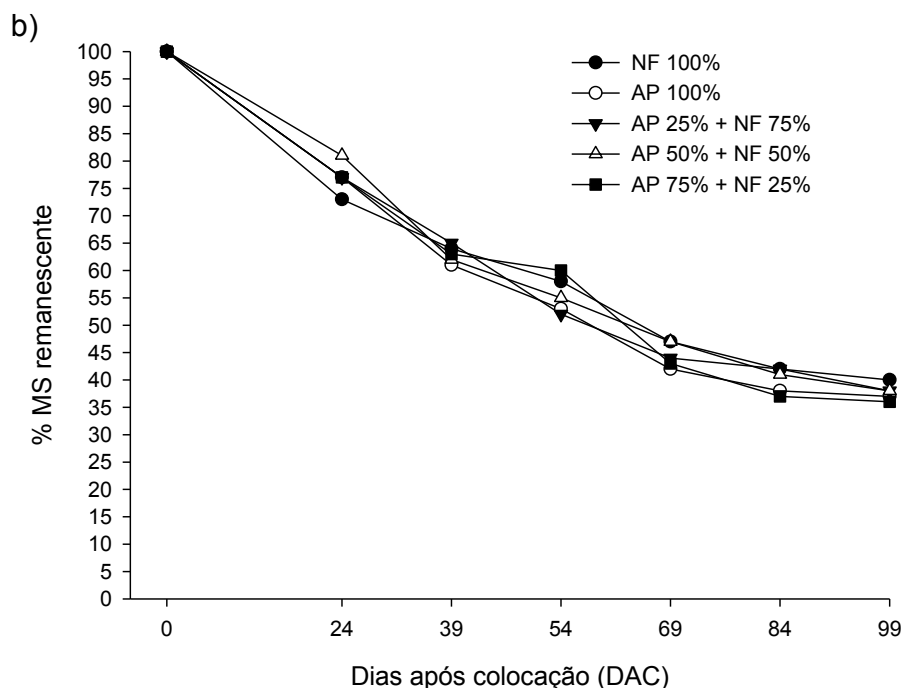
Para o ano de 2020, a taxa de decomposição da matéria seca remanescente das plantas de cobertura sobre o solo foi similar para todos os tratamentos. O nabo forrageiro apresentou uma dinâmica de decomposição um pouco diferenciada se comparado aos outros tratamentos, provavelmente ocasionado pela

data da coleta da MS, onde o nabo forrageiro já estava com sua taxa de cobertura reduzida (91%) devido à queda da maioria das folhas, Já os outros tratamentos possuíam valores acima de 96% de taxa de cobertura, o que pode ter resultado em uma proporção maior de colmos e síliquis na composição da MS, resultando em valor da relação C/N mais alto em comparação aos demais tratamentos (25/1), reduzindo por sua vez a taxa de decomposição do material. Portanto, foi constatado aos 24 DAC quantidades de 4,02 Mg ha⁻¹ (73%) e aos 99 DAC 2,16 Mg ha⁻¹ (40%) de permanência da palhada do NF 100% sobre a superfície do solo (Figuras 5a e 5b).

Figura 5 – a) Matéria Seca (MS) remanescente (Mg ha⁻¹) e b) porcentagem de MS remanescente sobre o solo das plantas de cobertura consorciadas e em cultivo isolado para o ano de 2020. UTFPR Santa Helena – PR.



AP= Aveia preta e NF= Nabo forrageiro.
Fonte: A autora.



AP= Aveia preta e NF= Nabo forrageiro.
Fonte: A autora.

Medrato et al. (2011), sob condições edafoclimáticas do estado de Santa Catarina, encontraram resultados parecidos para a baixa decomposição do nabo forrageiro, sendo que nos primeiros 30 dias de avaliação a MS remanescente ficou em 84%, e ao final do experimento, aos 161 dias 53%.

Todos os tratamentos avaliados apresentaram uma elevada taxa de decomposição logo nos primeiros 24 DAC. Segundo Aita et al. (2014), a decomposição mais acentuada no primeiro mês após a deposição do material a campo, é atribuído ao processo de retirada da fração solúvel em água pela chuva e pela decomposição microbiana dos compostos rapidamente metabolizados pelos microrganismos, como aminoácidos, açúcares e peptídeos.

No período dos 24 DAC até os 39 DAC, o tratamento que mais se decompôs foi o consórcio AP 50% + NF 50%, que variou de 4,69 Mg ha⁻¹ aos 24 DAC para 3,58 Mg ha⁻¹ aos 39 DAC, reduzindo 19% de MS remanescente. Já na avaliação seguinte, aos 54 DAC, o consórcio que mais se decompôs foi o de AP 25% + NF 75%, reduzindo de 3,36 Mg ha⁻¹ para 2,68 Mg ha⁻¹ (13%). A partir dos 69 DAC todos os tratamentos mantiveram suas decomposições de forma similar.

Nas condições do presente estudo todos os tratamentos apresentaram de forma semelhante a curva de manutenção da MS remanescente sobre a superfície do solo. Apesar da aveia preta em cultivo solteiro ter apresentado uma porcentagem

de MS remanescente parecida aos outros tratamentos, ao final dos 99 DAC ela foi o tratamento que menos decompôs MS no ano de 2019 e o segundo tratamento que menos decompôs em 2020, entretanto foi o tratamento que obteve o menor aporte de MS em ambos os anos, resultado que pode estar relacionado com a composição dos tecidos. De acordo com Carvalho et al. (2015) a taxa de decomposição dos resíduos vegetais é controlada pelas características qualitativas do material vegetal e fatores ambientais. A relação C/N, o teor de lignina, o manejo da palhada, o tamanho dos fragmentos e o clima da região, influenciam na atividade dos organismos decompositores (CARVALHO et al., 2015).

Segundo Doneda et al. (2012) o consórcio entre Brassicaceae com Poaceae, resultou em seu trabalho em uma maior produção de fitomassa e menor velocidade de decomposição da MS em relação a culturas solteiras. Em um outro estudo realizado com plantas de cobertura do solo, Nicoloso et al. (2008) observaram que o consórcio de aveia preta com nabo forrageiro elevou a quantidade de fitomassa produzida em comparação ao cultivo isolado da aveia preta.

A aveia preta, na maioria das vezes, é capaz de manter o solo coberto até o estabelecimento da cultura sucessora e ao mesmo tempo é considerada importante reserva de nutrientes para às culturas de verão (CRUSCIOL et al., 2008). Já o nabo forrageiro, que possui sistema radicular profundo, baixa relação C/N, alta produção de fitomassa e acúmulo nutricional, e é uma planta bastante procurada para anteceder culturas comerciais (FARIA et al., 2004). Neste caso, utilizar plantas de cobertura do solo na forma de consórcios se faz uma alternativa viável, pois diversifica as espécies cultivadas, a fim de recuperar a qualidade química, física e biológica do solo e simultaneamente propiciar uma maior sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola (GARCIA et al., 2008; CALONEGO et al., 2011; BORGHI et al., 2013).

Portanto, mesmo com resultados similares para a taxa de decomposição dos tratamentos, torna-se viável realizar o consórcio das espécies de plantas de cobertura, pelo fato delas agregarem benefícios distintos pela sua diversificação, como a exploração diferenciada do solo pelo sistema radicular, exploração distinta dos nutrientes do solo para ciclagem de nutrientes, aumento da biodiversidade, entre outros.

Nesse sentido, realizar o consórcio de plantas de cobertura do solo proporcionará maior proteção do solo pelo potencial de aporte de MS e também, maior

permanência de resíduos de MS sobre o solo, visto que, por serem plantas distintas, possuem desenvolvimento e decomposição diferenciada.

4.2 CULTURA DO MILHO

Os efeitos das plantas de cobertura com seus diferentes tratamentos na produtividade de milho verde em cultivo orgânico para o ano de 2019 encontram-se na Tabela 5.

Em relação ao número total de espigas de milho-verde (espigas ha⁻¹) para o consumo *in natura*, não houve diferença entre os tratamentos testados, resultando em uma média de 23.809 espigas de milho verde por hectare. Esses resultados podem estar relacionados ao fato da ocorrência de lagarta rosca (*Agrotis ipsilon*) na fase inicial de desenvolvimento do milho, ocorrendo corte de plântulas rente ao solo. Uma vez que o número de espigas por hectare, está diretamente relacionado ao estande populacional.

Outro fator que pode estar relacionado a estes resultados e prejudicado consideravelmente o estande populacional foi o baixo volume de precipitação e as altas temperaturas (Figura 1) na fase inicial do desenvolvimento da cultura, permanecendo 20 dias sem chuva após a semeadura (setembro) e com média de temperatura máxima em torno de 30°C, elevando a taxa de evaporação das plantas. No mês de outubro as chuvas ocorreram em intervalos de 5 a 10 dias, perfazendo um total de 146 mm ao final do mês. Já para o mês de novembro, nos primeiros 14 dias choveu apenas 26 mm e o restante (102 mm) ocorreram nos últimos 5 dias do mês. Segundo Fornasieri Filho (2007), o estresse hídrico é um dos principais fatores limitantes à produtividade de grãos e espigas para o consumo verde em ambientes tropicais e subtropicais.

Bergamaschi et al. (2004) observaram que o número de grãos por espiga e espigas por planta são as partes da produção mais afetadas pelo déficit hídrico, quando o mesmo ocorre na fase de pendoamento até o início do enchimento dos grãos. Já Rivera-Hernández et al. (2010) verificaram que com o estresse hídrico ocorre o decréscimo no comprimento de espigas, fator que pode estar relacionado com a diminuição da fotossíntese.

Tabela 5 – Parâmetros produtivos de milho verde em cultivo orgânico sobre plantas de cobertura de inverno em diferentes proporções de semeadura e cultivo solteiro. UTFPR *Campus Santa Helena*, 2019.

Ano 2019					
Plantas de Cobertura	Produtividade de espigas (nº por ha)	Produtividade total de milho verde com palha (Mg ha ⁻¹)	Peso médio das espigas com palha (g)	Comprimento médio das espigas despalhadas (cm)	Diâmetro médio das espigas despalhadas (cm)
AP 100%	23.611 a*	5,24 a	222 a	16,6 a	4,0 a
NF 100%	21.032 a	4,21 a	194 a	16,3 a	3,7 b
AP 75% + NF 25%	26.984 a	5,86 a	209 a	16,7 a	3,8 ab
AP 50%+NF 50%	24.206 a	4,90 a	207 a	16,1 a	3,8 ab
AP 25% + NF 75%	23.214 a	4,93 a	212 a	16,1 a	3,8 ab
CV (%)	19,7	22,74	8,84	4,14	2,64

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Duncan com probabilidade de erro de 5% ($p > 0,05$). AP= Aveia preta e NF= Nabo forrageiro. CV: Coeficiente de variação. Fonte: A autora.

A produtividade média das espigas de milho verde com palha foi de 5,03 Mg ha⁻¹. Mesmo não havendo diferença estatística significativa, percebe-se que dentre os tratamentos testados, o consórcio de AP 75% + NF 25% possui elevado potencial para anteceder o cultivo de milho verde orgânico, uma vez que proporcionou produtividade de espigas próximo a 6 Mg ha⁻¹. Em contrapartida, mesmo não diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, o nabo forrageiro em cultivo solteiro foi o tratamento que apresentou o menor rendimento em produção de espigas de milho, sendo 4,21 Mg ha⁻¹.

O peso médio das espigas de milho verde com palha foi de 208,8 g. Santos et al. (2020) ao avaliar a produção do milho-verde na variedade de milho híbrido Agrocerec (AG 1051) sob irrigação, obteve como peso médio das espigas 309,8 g. Valores semelhantes foram encontrados por Braga (2015), com média do peso das espigas de 312,9 g, e Rocha (2008) ao analisar diferentes variedades de milho verde obteve como médias 319, 329, 324 e 313 g de espigas de milho verde com palha; lembrando que todos estes resultados citados dos diferentes autores, foram sob irrigação e manejo convencional.

Para o consumo de milho verde, o grão é a parte consumida diretamente e utilizada na elaboração de pratos na culinária, sendo que o consumidor dá

preferência a espigas que apresentam maior comprimento e diâmetro e, por esse motivo, esses atributos são considerados essenciais na comercialização do milho para consumo *in natura* ou para a indústria de enlatados (Albuquerque et al., 2008).

Segundo Albuquerque et al. (2008) é considerado espigas comerciais aquelas que, após o despalhamento, apresentam comprimento superior que 15 cm e diâmetro maior que 3 cm, com ausência de pragas e/ou doenças

O comprimento de espigas de milho despalhadas, não apresentou diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 5), com média de 16,3 cm de comprimento, considerado satisfatório para comercialização. Para o diâmetro de espigas de milho verde despalhadas, o tratamento AP 100% foi quem mais se destacou, obtendo 4,0 cm de diâmetro, diferindo-se apenas estatisticamente do NF 100%. Entretanto, todos os tratamentos apresentaram valores satisfatório para comercialização, enquadrando-se no padrão exigido para espigas comerciais conforme descrito por Albuquerque et al. (2008).

Para o ano de 2020, os resultados referentes a cultura do milho encontram-se na tabela 6. Podemos perceber que o único parâmetro avaliado que não houve diferença estatística entre os tratamentos foi a de produtividade em número de espigas por hectare, resultando em uma média de 30.678 espigas por hectare.

Tabela 6 – Parâmetros produtivos de milho verde em cultivo orgânico sobre plantas de cobertura de inverno em diferentes proporções de semeadura e cultivo solteiro, UTFPR *Campus* Santa Helena, 2020.

Ano 2020					
Plantas de Cobertura	Produtividade de espigas (nº por ha)	Produtividade total de milho verde com palha (Mg ha ⁻¹)	Peso médio das espigas com palha (g)	Comprimento médio das espigas despalhadas (cm)	Diâmetro médio das espigas despalhadas (cm)
AP 100%	37.963 a	9,50 a	251 ab	18,9 ab	3,7 b
NF 100%	25.925 a	6,20 c	238 b	18,8 ab	3,8 ab
AP 75% + NF 25%	27.160 a	7,22 abc	267 a	20,1 a	4,0 a
AP 50% + NF 50%	35.185 a	8,73 ab	250 ab	19,1 ab	3,9 ab
AP 25% + NF 75%	27.160 a	6,58 bc	242 ab	18,5 b	3,8 ab
CV (%)	19,53	16,38	5,72	3,30	2,60

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Duncan com probabilidade de erro de 5% (p>0,05). AP= Aveia preta e NF= Nabo forrageiro. CV: Coeficiente de variação. Fonte: A autora.

Mesmo estando apenas em um segundo ano de experimento em SPD e

tendo em vista a baixa precipitação que ocorreu nesses dois anos, podemos perceber que a produtividade média de espigas de milho por hectare aumentou 28%, passando de 23.809 no ano de 2019 para 30.678 no ano de 2020.

Neste sentido, inserir determinadas espécies de plantas de cobertura no SPD, ao longo do tempo, proporciona acréscimos na produtividade da cultura subsequente, mesmo quando a cultura for o milho, que é altamente exigente em N, necessitando quantidades superiores a 150 kg ha⁻¹ de N, sob condições climáticas favoráveis, para obter produtividade adequada (AMADO et al., 2002).

Em relação a produtividade total das espigas de milho verde o cultivo isolado de aveia preta foi o que proporcionou maior produção, sendo 9,50 Mg ha⁻¹ de espigas de milho, não diferindo dos tratamentos cujas composições de aveia representam 50% e 75% na combinação com a crucífera (AP 50% + NF 50% e AP 75% + 25% NF). Fator que pode estar relacionado a pouca chuva registrada nos dois primeiros meses de desenvolvimento do milho nesse ano, com apenas 125 mm, assim, a aveia preta que possui maior teor de lignina (CARVALHO et al., 2015) em sua composição conseguiu através da palhada depositada em superfície, manter mais umidade no solo e por mais tempo, fazendo com que o milho se desenvolvesse melhor em comparação aos demais tratamentos. Nesse sentido, percebe-se que mesmo sob condições adversas os resultados do presente estudo são superiores ao verificado por Brito (2016) para a produtividade de milho verde em sucessão a aveia preta, sendo constatado produtividade de 6,95 Mg ha⁻¹, similar à menor produtividade encontrada no estudo para o ano 2020, verificado para o NF 100% (6,2 Mg ha⁻¹) (Tabela 5).

Considerando os dados obtidos para relação C/N da aveia preta no presente estudo (Tabela 4) com a indicação de Siqueira e Franco (1988) de que quando os valores de C/N estão entre 20 e 30, ocorre um equilíbrio nos processos de mineralização e imobilização do nitrogênio, quando o resultado fica acima de 30, a imobilização supera a mineralização. Assim, com a relação C/N próximo de 25 ocorre a separação de ambas as classes. É possível indicar que não houve efeito negativo da aveia sobre a produtividade do milho devido imobilização de N, em função de que a relação C/N desta espécie foi inferior a 25.

Cabe destacar que os resultados para produtividade de milho verde orgânico obtidos no presente estudo, em ambos os anos, considerando o fato de ser início da condução em SPD e com todas as dificuldades em relação a irregularidade de chuvas, atingiram valores satisfatórios em relação à produtividade média do

Paraná, que para o ano de 2019 que foi de 10,8 Mg ha⁻¹ (SEAB/DERAL, 2020), tendo em vista que a média do estado não distingue o sistema de produção (orgânico, SPD ou plantio convencional), e nem os níveis de tecnologia empregas no cultivo de milho verde.

Já para o peso médio das espigas de milho verde o tratamento que mais se destacou foi o de AP 75% + NF 25% (267 gramas), diferindo-se apenas do tratamento de NF 100%, que apesar de ser considerado um excelente reciclador de nutrientes, especialmente o N, proporcionou o menor peso médio das espigas de milho em relação aos demais sistemas. Resultado parecido foi encontrado por Pinho et al. (2008), que utilizando a variedade AG 1051, obtiveram 300 g de peso médio das espigas de milho verde também em sistema orgânico de produção.

Na safra 2020, foi notório a campo, que o tratamento de NF 100% de alguma forma afetou negativamente o desenvolvimento vegetativo das plantas de milho, com redução de estande vegetal e possíveis efeitos no peso médio de espigas e na produtividade total de milho verde. Duas hipóteses podem ser levantados para justificar os efeitos nesse ano em questão, pela ausência da regularidade e quantidade de chuvas, em que I) a palhada do nabo forrageiro não foi eficiente em manutenção de umidade no solo (percebia-se que a plantas estavam mais murchas que nos demais tratamentos) e II) possível efeito de competição com plantas de nabo que surgiram de ressemeadura natural (tendo em vista que o manejo da espécie foi realizada tardiamente, quando já haviam sementes viáveis formadas).

Em relação ao comprimento médio das espigas despalhadas, o consórcio que mais se destacou foi o AP 75% + NF 25%, com 20,1 cm. Apesar de apresentar diferença estatística entre os demais tratamentos, segundo Albuquerque et al. (2008), todos os tratamentos apresentam padrão de comercialização, ficando acima dos 15 cm de comprimento. Para o diâmetro das espigas despalhadas, todos os tratamentos são considerados para comercialização, com destaque para o consórcio AP 75% + NF 25%, com 4,0 cm de diâmetro.

Assim, ressalta-se a necessidade da inserção de diferentes combinações de plantas de cobertura em SPD com a realização de adubação orgânica (N orgânico) em sistemas orgânicos de produção, visando fornecer nutrientes e incrementar a qualidade das culturas cultivadas em sequência, buscando minimizar impactos da imobilização do N no processo de decomposição da aveia pela biomassa microbiana, evitando a liberação parcial e tardia do nutriente, tornando-se

na maioria das vezes indisponível para as plantas de milho no seu estágio inicial de desenvolvimento (VARGAS et al., 2005; STRIEDER et al., 2006; FLORENTÍN et al., 2010).

Sendo assim, fica claro que pela inserção de plantas de cobertura, existe a perspectiva, de ao longo do tempo, reduzir o uso de fertilizantes minerais, buscando diminuir os riscos de contaminação ambiental, custos de produção e o aumento da qualidade do solo, contribuindo para a sustentabilidade principalmente em unidades de agricultura familiar.

5 CONCLUSÕES

Apesar do trabalho estar sendo desenvolvido nos primeiros dois anos de estabelecimento do SPD e associado ao início de transição para produção orgânica do milho verde, mesmo sob condições climáticas atípicas quanto a quantidade limitada de precipitação pluviométrica, apresentou resultados que indicaram potencial de uso dos consórcios entre espécies para aporte de palha no sistema e produção de milho verde.

Neste sentido, vale ressaltar a possibilidade de maiores benefícios em relação a proteção do solo, produção de MV e MS pela consorciação nas diferentes proporções testadas, sem que ocorram prejuízos no aporte de fitomassa em superfície do solo, além do fato de serem espécies diferentes, agregarem benefícios distintos pela sua diversificação. E mesmo com resultados semelhantes para a taxa de decomposição dos tratamentos, pode-se esperar, que pela combinação entre as espécies, ocorra uma dinâmica diferenciada da decomposição dos resíduos em relação aos cultivos solteiros.

Além disso, cabe destacar que os resultados em relação ao milho verde orgânico obtidos no presente estudo, em ambos os anos, atingiram valores satisfatórios em relação à produtividade e qualidade de espigas para comercialização, mesmo sendo em um início da condução em SPD e com todas as dificuldades em relação a irregularidade de chuvas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do cenário atual relacionado ao uso intensivo do solo em pequenas e grandes áreas, cabe ressaltar a necessidade da conservação e proteção do solo, uma vez que esse recurso natural é extremamente susceptível às práticas de manejo e representa elevada importância para a sustentabilidade agrícola, além de contribuir de outras formas no aspecto de qualidade ambiental. Dessa forma é imprescindível a utilização de sistemas que favoreçam o uso de plantas de cobertura do solo em sistemas de rotação com os cultivos de exploração comercial.

Outro aspecto que vale ressaltar no presente trabalho refere-se a importância da consorciação de Brassicaceae com Poaceae, considerando que plantas de espécies diferentes possuem sistemas radiculares e necessidades nutricionais distintas, podendo promover diversos benefícios, maximizando a eficiência da utilização de plantas de cobertura, combinando o fornecimento de N pela adubação orgânica com a proteção do solo.

Diante disso, é preciso a continuação dos estudos ao longo do tempo para se estabelecer o melhor consórcio de plantas de cobertura do solo a ser utilizado, afim de conscientizar e orientar os agricultores sobre a importância desse manejo para um plantio direto sustentável e que possibilite incrementar a produtividade dos cultivos subsequentes. Visando também a produção de alimentos com a redução dos impactos ambientais, contribuindo assim, para conservação do solo e melhoria de suas características físicas, químicas e biológicas, afim de que se torne uma realidade comum entre os agricultores.

REFERÊNCIAS

- ABRAMILHO: Associação Brasileira dos produtores de milho. Porto alegre, 2010. Disponível em: <https://www.abramilho.org.br/>. Acesso em 08 jun. 2020.
- ACOSTA, J. A. de A. **Dinâmica do nitrogênio sob sistema plantio direto e parâmetros para o manejo da adubação nitrogenada no milho**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.
- AGENCIA DE NOTÍCIAS DO PARANÁ – AEN. Disponível em: <<https://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=108252&tit=Procura-por-organicos-aumenta-com-a-pandemia>> Acesso em 01 de jun de 2021.
- AGOSTINETTO, Dirceu et al. Adaptação de espécies utilizadas para cobertura de solo no sul do Rio Grande do Sul. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 6, n. 1, 2000.
- AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; CERETTA, C. A. Decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais de adubos verdes. **LIMA FILHO, OF de et al**, p. 225-264, 2014.
- AITA, C; GIACOMINI, S.J. Plantas de cobertura de solo em sistemas agrícolas. In: ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R.M.; JANTALIA, C.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. **Manejo de sistemas agrícolas: impacto no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa**. Porto Alegre, Genesis, 2006. p.59-79.
- 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 Ciência do solo**, v. 27, n. 4, p. 601-612, 2003.
- ALBUQUERQUE, Abel W. de et al. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 721-726, 2013.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G.; DA SILVA, R.. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 2, 2008.
- ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVAREZ, R.; STEINBACH, H. S.; De PAEPE, J. L. Efeitos da cultura de cobertura nos solos e subsequentes culturas nos pampas: uma meta-análise. **Soil and Tillage Research** , v. 170, p. 53-65, 2017.
- AMADO, T. MIELNICZUK, J. AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de coberturas do solo, sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.241-248, 2002.
- ARAÚJO, M. B. de. **Produção de milho (*Zea mays* L.) em função de adubos orgânicos e minerais**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.
- ARGENTON, Jeferson et al. Comportamento de atributos relacionados com a forma

da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 425-435, 2005.

BALBINOT JR. A. A.; MORAES, A. I.; BACKES, R. L. Efeito de coberturas de inverno e sua época de manejo sobre a infestação de plantas daninhas na cultura de milho. **Planta Daninha**, v.25, n.3, p.473-480, 2007.

BAUER, P. J.; REEVES D. W. Uma comparação de espécies de cereais de inverno e datas de plantio como cobertura de resíduos para algodão cultivado com lavoura de conservação. **Crop Science**, v. 39, n. 6, pág. 1824-1830, 1999.

BERGAMASCHI, Homero et al. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 831-839, 2004.

BOER, Carlo Adriano et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1269-1276, 2007.

BORGES, Camila Silva et al. Agregação do solo, carbono orgânico e emissão de CO₂ em áreas sob diferentes usos no Cerrado, região do Triângulo Mineiro. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, p. 660-675, 2015.

BORGHI, E. et al. Intercropping time of corn and palisadegrass or guineagrass affecting grain yield and forage production. **Crop Science**, v. 53, n. 2, p. 629-636, 2013.

BRAGA, A. H. **Produtividade de cultivares de milho para silagem em duas épocas de cultivo em Cáceres**. Dissertação (Graduação em Agronomia) — Universidade do Estado de Mato Grosso – *Campus* de Cáceres, Cáceres, MT, 2015. 18 f.

BRAZ, Antônio Joaquim Braga Pereira et al. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em sistema de plantio direto após diferentes culturas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 2, p. 193-198, 2006.

BRITO, Lamara Freitas. Plantas de cobertura no sistema de plantio direto orgânico do milho em monocultivo e consorciado com feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*). 2016.

CALEGARI, A. Plantas de cobertura. In: CASÃO JÚNIOR, R. et al. **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina: Iapar; Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, 2006. p. 55-74.

CALEGARI, Ademir et al. **Adubação verde no sul do Brasil**. 1993.

CALEGARI, Ademir. **Plantas para adubação verde de inverno no sudoeste do Paraná**. Londrina: Iapar, 1990.

CALONEGO, J. C.; BORGHI, E. CRUSCIOL, C. A. C. Intervalo hídrico ótimo e compactação do solo com cultivo consorciado de milho e braquiária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, p. 2183-2190, 2011.

CAMPOS, Ben-Hur Costa de et al. Avaliação temporal da umidade do solo como consequência do tipo e percentagem de cobertura vegetal. **Ciência Rural**, v. 24, p. 459-463, 1994.

CARVALHO, Arminda Moreira de et al. Manejo de plantas de cobertura na floração e na maturação fisiológica e seu efeito na produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 551-561, 2015.

DE CARVALHO, Igor Quirrenbach et al. Espécies de cobertura de inverno e nitrogênio na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 2, p. 179-184, 2007.

CASSOL, Cidimar et al. **Plantas de cobertura e adubação nitrogenada como fonte de nitrogênio à cultura do milho em plantio direto**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CHERR, C.M.; SCHOLBERG, J.M.S.; MCSORLEY, R. Abordagens de adubo verde para a produção agrícola: uma síntese. **Revista de agronomia**, v. 98, n. 2, pág. 302-319, 2006.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos - Safra 2017/2018**, Brasília, v. 9, n. 9, p. 1-178, jun. 2018. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

CREMONEZ, Paulo André et al. Nabo forrageiro: do cultivo a produção de biodiesel. **Acta Iguazu**, v. 2, n. 2, p. 64-72, 2013.

CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa et al. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 161-168, 2005.

CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa et al. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, v. 67, p. 481-489, 2008.

CRUZ, C. D. **Programa Genes - Estatística Experimental e Matrizes**. 1st ed. Viçosa: UFV, 2006.

CRUZ, J. C. et al. Produção de milho orgânico na agricultura familiar. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2006.

DAHLEM, A. R. **Plantas de cobertura de inverno em sistemas de produção de milho sob plantio direto no Sudoeste do Paraná**. 2013. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

DAMASCENO, Leandro Amorim et al. **Produtividade do milho em sucessão a plantas de cobertura de solo**. 2019.

DE ALCÂNTARA, F. A.; MADEIRA, N. R. Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças. **Embrapa Hortaliças. Circular Técnica**, 2008. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/769977/4/ct64.pdf>.

Acesso em: 01 jun. 2020.

DE FREITAS, Ludmila et al. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Unimar Ciências**, v. 26, n. 1-2, 2017.

DE OLIVEIRA SILVA, Michelangelo et al. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 47838-47855, 2020.

DE PINHO, Lucinéia et al. Qualidade de milho verde cultivado em sistemas de produção orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 7, n. 03, 2008.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: Iapar, 80p. (Circular, 73) 1992.

DERPSCH, R. et al. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Eschborn: GTZ, 1991.

DONEDA, Alexandre et al. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1714-1723, 2012.

DOS SANTOS, Jailma R. et al. Influência dos métodos de controle da lagarta-do-cartucho sobre o desenvolvimento e produção de milho. **Conexões-Ciência e Tecnologia**, v. 14, n. 4, p. 31-38, 2020.

DUDA, Gustavo Pereira et al. Leguminosas herbáceas perenes como cobertura viva do solo e seu efeito no C, N e P da biomassa microbiana. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 1, p. 139-147, 2003.

DUTRA, G. R. D. **Adubos verdes: sua produção e modo de emprego**. Campinas: Instituto Agronômico, 1919. 76p.

DUTRA, Katia Otilia Gomes et al. A adubação orgânica no cultivo da melancia cv. Crimson Sweet. 2016.

EDWARDS, W. M. et al. Effect of *Lumbricus terrestris* L. burrows on hydrology of continuous no-till corn fields. **Geoderma**, v. 46, n. 1-3, p. 73-84, 1990.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 2006. 354p.

EMBRAPA FLORESTAS et al., Mapa simplificado de solos do estado do paraná. 2012. Disponível em: http://www.escola.agrarias.ufpr.br/arquivospdf/mapa_solos_pr.pdf.

EMBRAPA HORTALIÇAS. **Plantio Direto**. 2013. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2251611/sistema-de-plantio-direto-em-hortalicas-spdh>. Acesso em 15 jun. 2020.

EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Nabo forrageiro**. Disponível em

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vn002wx5eo0sawqe38tspejq.html>. Acesso em: 01 jun. 2020.

ESPINDOLA, José Antonio Azevedo et al. Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 415-420, 2006.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M; DE ALMEIDA, D. L. Adubação verde: estratégia para uma agricultura sustentável. **Embrapa Agrobiologia-Documentos (INFOTECA-E)**, 1997.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; BAILEY, B. A. Papel das culturas de cobertura na melhoria da produtividade do solo e das culturas em linha. **Comunicações em ciência do solo e análise de plantas**, v. 36, n. 19-20, pág. 2733-2757, 2005.

FARIA, C. M. B.; SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. Adubação verde com leguminosas em videira no submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n. 4, p. 641- 648, 2004.

FAVERSANI, J. C. et al. KF Taxa de cobertura do solo com plantas submetidas a diferentes sistemas de preparo. **Synergismus cyentifica**, UTFPR, Pato Branco, v. 9, n. 1, 2014.

FAVERSANI, J.C.; et al. Taxa de Cobertura de Solo e Produção de Matéria Seca de Plantas de Cobertura Submetidas a Diferentes Sistemas de Manejo. In: XIX Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, Lages. 29- 03 agosto de 2012.

FLORENTÍN, M. A.; et al. Adubação verde / culturas de cobertura e rotação de culturas na agricultura de conservação em pequenas propriedades. **Integrated Crop Management**, v. 12, 2010.

FLOSS, E. L. **A cultura da aveia**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 1982. 52 p. (Boletim técnico, 1).

FORNASIERI FILHO, Domingos. **Manual da cultura do milho**. Funep, 2007.

FORTE, César Tiago et al. Coberturas vegetais do solo e manejo de cultivo e suas contribuições para as culturas agrícolas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 1, p. 5501, 2018.

GARCIA, R. A. et al. Potassium cycling in a corn-brachiaria cropping system. **European Journal of Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 579-585, 2008.

GARMUS, T. G. et al. Massa remanescente de plantas de cobertura de inverno, solteiras e consorciadas. **Ciência do solo**, Florianópolis, 2013.

GIACOMINI, Sandro J. et al. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto: II-Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 751-762, 2004.

GIACOMINI, S.J. **Consorciação de plantas de cobertura no outono/inverno e fornecimento de nitrogênio ao milho em sistema plantio direto**. 2001. f. 124. Tese

de Mestrado - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2001.

GIACOMINI, Sandro J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 325-334, 2003.

GRACIANO, João Dimas et al. Efeito da cobertura do solo com cama-de-frango semidecomposta sobre dois clones de mandiocinha-salsa. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 365-371, 2006.

HAHN, Leandro et al. **Processamento da cama de aviário e suas implicações nos agroecossistemas**. 2004.

HECKLER, J. C.; SALTON, J. C. Palha: fundamento do Sistema Plantio Direto. **Embrapa Agropecuária Oeste-Sistema de Produção (INFOTECA-E)**, 2002.

HEINRICH, Reges et al. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 331-340, 2001.

HEINZ, Rafael et al. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crambe e nabo forrageiro. **Ciência Rural**, v. 41, n. 9, p. 1549-1555, 2011.

HEINZMANN, F. X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 9, p. 1021-1030, 1985.

IBGE/SIDRA. Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>>. Acesso em 25 de janeiro de 2020.

JIMENEZ, Rodrigo L. et al. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 116-121, 2008.

JUNIOR, A. A. B.; BACKES, R. L.; TÔRRES, A. N. L. Desempenho de plantas invernais na produção de massa e cobertura do solo sob cultivos isolado e em consórcios. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 3, n. 1, p. 38-42, 2004.

JÚNIOR, Á. P. **Sistema plantio direto: avaliação de semeadora em função do manejo da palhada e velocidade de trabalho na cultura da soja**. 2006. Tese de Doutorado. UNESP.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. B. P.; DA SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em latossolo vermelho distroférrico. **Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2006.

LAL, R.; LOGAN, T.J. Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; LEVINE, E.; STEWART, B.A., (Ed.) **Soil management greenhouse effect**. Boca Raton: CRC Press, 1995. p.293-307.

LÁZARO, Rafael de L. et al. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 10-17, 2013.

LIMA FILHO, O. F. D.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; & CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. V. 1. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**. 6ª Ed. CEP 13.460-000, Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2006.

LOSS, Arcângelo et al. Distribuição dos agregados e carbono orgânico influenciados por manejos agroecológicos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, p. 523-528, 2009.

LOURENTE, Elaine Reis Pinheiro et al. Culturas antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 1, p. 55-61, 2007

MANFRE, Edson Roberto et al. O SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NA PRODUÇÃO DE MILHO. A IMPORTÂNCIA DAS PLANTAS DE COBERTURA EM LAVOURAS. **Anais Sintagro**, v. 11, n. 1, 2019.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/plantar-org%C3%A2nicos-%C3%A9-preservar-o-meio-ambiente>>. Acesso em: 30 de abril de 2019.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Lei Nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Diário Oficial da União, Brasília, 2003, Seção 1, Página 8. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/lei-no-10-831-de23-de-dezembro-de-2003.pdf/view>. Acesso em: 09 de junho de 2021.

MARCOLINI, L. W. **Produção e decomposição de coberturas vegetais de inverno e sua influência na infestação e fitossociologia de plantas daninhas**. 2009. 77f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

MARTINS. D.; GONSALVES. C. G.; JUNIOR. A. C.da S.; Coberturas mortas de inverno e controle químico sobre plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 4, p. 649-657, out-dez, 2016.

MASSAD, Marília D. et al. Desempenho de milho verde em sucessão a adubação verde com crotalária, submetido a doses crescentes de esterco bovino, na caatinga mineira. **Magistra**, v. 26, n. 3, p. 322-332, 2017

MATEUS, P. G.; SANTOS, N. C. B. Sistema plantio direto e a conservação dos recursos naturais. **Pesquisa e tecnologia apta regional**. v. 9, n. 2, Jul-Dez 2012.

MATOS, M. J. L. F. et al. **Milho verde**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2007. Disponível em: http://www.cnph.embrapa.br/laborato/pos_colheita/dicas/milho_verde.htm. Acesso em: 28 jan. 2020.

MCKENZIE, B. M. et al. Deep rooting and drought screening of cereal crops: a novel

fieldbased method and its application. **Field Crops Research**, v. 112, n. 2-3, p. 165-171, 2009.

MEDRADO, Renata. D. et al. Decomposição de resíduos culturais e liberação de nitrogênio para a cultura do milho. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.12, n.2, p.097-107, 2011.

MORAES, P. V. D.; AGOSTINETTO, D.; PANOZZO, L. E.; BRANDOLT, R. R.; TIRONI, S. P.; OLIVEIRA, C.; MARKUS, C. Efeito alelopático de plantas de cobertura, na superfície ou incorporadas ao solo, no controle de picão-preto. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v.17, n. 1, 2010.

MOREIRA V. F. 2003. **Comportamento de duas cultivares de brócolis ramoso em aléias de feijão guandu e com níveis crescentes de esterco de aves**. Rio de Janeiro: UFRRJ. 80p. Dissertação mestrado.

MOTTER, P.; ALMEIDA, H. G. de. Plantio direto: A tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira. **Foz do Iguaçu: Parque Itaipu**, 2015.

NICOLOSO, Rodrigo da Silveira et al. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um Latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 32, p. 1723-1734, 2008.

NITSCHKE, P. R. et al. Atlas climático do estado do Paraná. **Londrina, PR: IAPAR**, 2019.

OLIVEIRA F. L. 2004. **Alternativas para o manejo orgânico do taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) em diferentes condições edafoclimáticas no estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: UFRRJ. 96 p. Tese doutorado.

OLIVEIRA, F. L de et al. Uso do pré-cultivo de *Crotalaria juncea* e de doses crescentes de “cama” de aviário na produção do repolho sob manejo orgânico. **Agronomia**, v. 37, p. 60-66, 2003.

OLIVEIRA, F. L. 2001. **Manejo orgânico da cultura do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*): adubação orgânica, adubação verde e consorciação**. Rio de Janeiro: UFRRJ. 87p. Dissertação mestrado.

DE OLIVEIRA, Gabriel Henrique Horta et al. Desorption isotherms and thermodynamic properties of sweet corn cultivars (*Zea mays* L.). **International Journal of Food Science & Technology**, v. 45, n. 3, p. 546-554, 2010.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 911-920, 2008.

PEREIRA, Alan P. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p. 799-807, 2017.

PEREIRA, L. E. T.; HERLING, V. R.,; ALMEIDA, O. J. I. **Gramíneas forrageiras de clima temperado e tropical. Grupo de estudos em forragicultura e pastagens:**

FZEA, São Paulo, p.1-95, 2016. Disponível em: http://media.wix.com/ugd/58f11a_c6b376dad4e94c50b3a54f18cdea1a82.pdf.

PERIN, Adriano et al. Crotalaria e milheto como adubos verdes para a produção de milho nos trópicos. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 5, p. 453-459, 2006.

PERON, Claymen Candido et al. Produção orgânica: uma estratégia sustentável e competitiva para a agricultura familiar. **Retratos de Assentamentos**, v. 21, n. 2, p. 104-127, 2018.

PITOL, C.; SALTON, J. C. **Nabo forrageiro: opção para cobertura de solo**. Maracaju: Fundação MS para Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias. p. 4, 1993.

PORTAS, A. A.; VECHI, V. A. **Aveia preta - boa para a agricultura, boa para a pecuária**. 2007. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2007_4/AveiaPreta/Index.htm. Acesso em: 15 jun. 2020.

PROHORT – Programa de Apoio à Produção e comercialização de Produtos Hortigranjeiros. Sistema de Informação de Mercados de Abastecimento do Brasil – SIMAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <http://dw.ceasa.gov.br/>. Acesso em: 09 Junho. 2021

QUEIROZ, L. R. et al. Supressão de plantas daninhas e produção de milho-verde orgânico em sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 28, p. 263-270, 2010.

REBELLO C.; TURETTA A. P.D. **Ferramentas para avaliação do potencial à prestação de serviços ambientais pelo Sistema Plantio Direto**. Rio de Janeiro: EMBRAPA. (Comunicado Técnico), 6 f. 2017.

REEVES D. W. 1994. Cover crops and rotations. In: HATFIELD JL & STEWARD BA (Eds.). Crops Residue Management. **Advances in Soil Science**. Boca Raton: Lewis Publisher. p. 125-172.

REINERT, Dalvan José et al. Qualidade física dos solos. **Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**, v. 16, 2006.

REINERT, Dalvan José et al. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1805-1816, 2008.

RIVERA-HERNÁNDEZ, B. et al. Morphological quality of sweet corn (*Zea mays* L.) ears as response to soil moisture tension and phosphate fertilization in Campeche, Mexico. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 9, p. 1365-1374, 2010.

RIZZARDI, M. A.; FLECK, N. G. Métodos de quantificação da cobertura foliar da infestação de plantas daninhas e da cultura da soja. **Ciência Rural**, v. 34, n. 1, p. 13-18, 2004.

ROCHA, D. R. **Desempenho de cultivares de milho-verde submetidos a diferentes populações de plantas em condições de irrigação**. Tese (Doutorado em

Agronomia) — Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, 2008. 106 f.

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palhada de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.355-362, 2003.

ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. Histórico da adubação verde no Brasil. In: LIMA FILHO, Oscar F. de.; AMBROSANO, Edmilson J.; ROSSI, Fabrício; CARLOS, João A. D (Ed). **Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil**. Fundamentos e Prática. Brasília, DF: Embrapa, v.1, f. 507, 2014.

RUFFO, M. L.; BOLLERO, G. A. modeling rye and hairy vetch residue decomposition as a function of degree-days and decomposition-days. **Agronomy Journal**, Madison, v. 95, p. 900-907, July-August, 2003.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E M. **Rotação de cultura em plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 212p.

SEAB/DERAL, Prognóstico Olericultura - Novembro de 2020. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2021-01/Olericultura_2021.pdf>. Acesso em 01 de junho de 2021.

SIDRA. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6953>. Acesso em: 22 dez. 2019.

SILVA, Adriano Alves da et al. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 928-935, 2007.

SILVA, A. C. da; HIRATA, E. K.; MONQUERO, P. A. Produção de palha e supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura, no plantio direto do tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 1, p. 22-28, 2009.

SILVA, Arystides Resende et al. Modelagem da capacidade de suporte de carga e quantificação dos efeitos das operações mecanizadas em um Latossolo Amarelo cultivado com cafeeiros. **Revista Brasileira de ciência do Solo**, v. 30, p. 207-216, 2006.

SILVA, I. de F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 311-317, 1998.

SIQUEIRA, J. O; FRANCO, A. A. **Biotechnology do solo**. MEC/ESAL/FAEPE/ABEAS, Brasília, p. 125-177, 1988.

SOUZA, J. L. e RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil. 2014.

STRIEDER, Mércio L. et al. Época de aplicação da primeira dose de nitrogênio em cobertura em milho e espécies antecessoras de cobertura de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 879-890, 2006.

TEDESCO, Marino José et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Ufrgs, 1995.

TEIXEIRA, Cícero M et al. Liberação de macronutrientes das palhadas de milho solteiro e consorciado com feijão-de-porco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa v.34, p.497-505, 2010.

THEISEN, G. **Aspectos botânicos e relato da resistência de nabo silvestre aos herbicidas inibidores da ALS**. Embrapa Clima Temperado. 2008. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPACT-2009-09/11941/1/documento_239.pdf. Acesso em 15 jun. 2020.

TIECHER, T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/149123/001005239.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 15 jun. 2020.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2008.

USDA-ARS-NSDL. Black Oat. **Conservation Systems Fact Sheet N. 04**, 2010.

VARGAS, L. K.; SELBACH, P. A.; SÁ, E. L. S de. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.1, p.76-83, 2005.

WEBER, M.; MIELNICZUK, J. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 429-437, 2009.

WOHLENBERG, E. V. et al. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 5, p. 891-900, 2004.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, Oscar F. de.; AMBROSANO, Edmilson J.; ROSSI, Fabrício; CARLOS, João A. D (Ed). **Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil**. Fundamentos e Prática. Brasília, DF: Embrapa, v.1. f. 507, 2014.

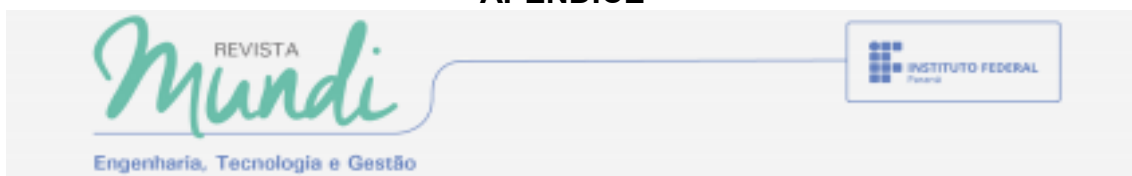
ZARATE N. A. H; VIEIRA M. C. 2003. Produção de milho doce em sucessão ao plantio de diferentes cultivares de inhame e adição de cama-de-aviário. **Horticultura Brasileira** 21: 5-10.

ZARATE N. A. H; et al. Formas de adição de cama-de-frango de corte semidecomposta para a produção de taro. **Horticultura Brasileira** 18: 521-523. 2000.

ZIECH, Ana Regina Dahlem et al. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 374-382, 2015.

ZIECH, A. R. D. I. **Sistemas de produção de milho sob adubação nitrogenada e plantas de cobertura do solo.** 2016. Tese de Doutorado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

APÊNDICE



SOIL PROTECTION BY USED OF COVER CROPS CONSORTIA AND SINGLE CULTIVATION

PROTEÇÃO DO SOLO PELO USO DE PLANTAS DE COBERTURA CONSORCIADAS E CULTIVO SOLTEIRO

Daiana Jungbluth¹ 

Ana Regina Dahlem Ziech² 

Camila Roberta Pereira³ 

Márcia Cristina dos Santos³ 

Patrick Machado³ 

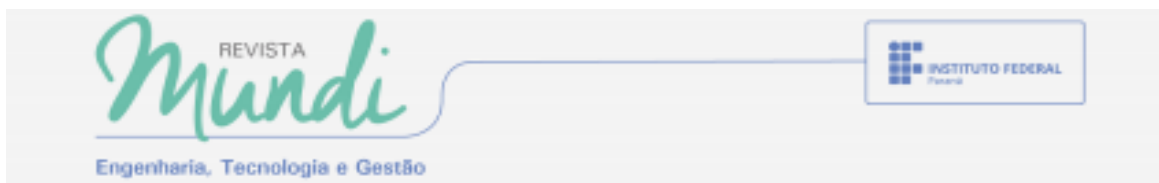
Abstract: The no-till system has been growing over the years and for this system to be successful, it is essential to maintain permanent vegetation cover over the soil, an adequate crop rotation system with minimal overturning. A strategy for soil protection is to introduce species of cover crops in winter under single or intercropping. The objective was to evaluate the rate of soil cover by intercropping between black oats (*Avena strigosa* L.) and forage turnip (*Raphanus sativus* L.) at different sowing densities, as well as the isolated species in terms of soil protection under no-tillage. The study was conducted at the Federal Technological University of Paraná (UTFPR), *Campus* Santa Helena, with a randomized block design, with five treatments and three repetitions. The treatments were: 100% black oats (BO); 100% forage turnip (FT); 75% BO + 25% FT; 50% BO + 50% FT and 25% BO + 75% FT. The cover crops were sown in May 2019. The percentage of soil cover from 21 to 91 days after sowing (DAS) was evaluated using the photographic method, with weekly collection of images in an area delimited by a metallic frame (25 m²), positioned on the ground at two fixed points per plot. The coverage rate quantification was estimated by overlaying a grid with 100 points of intersection over each image. The rate of soil cover by consortia and single crops did not show a statistically significant difference. To 49 days, consortia had coverage equal to or greater than 70%, while for single species, this percentage was reached at 56 DAS and 70 DAS, for BO and FT, respectively. All treatments showed high potential for soil protection and coverage rate from 70 DAS.

Keywords: Soil cover rate. Green adubation. Vegetal cover.

¹Postgraduate Program in Natural Resources and Sustainability Student, Federal University of Technology-Paraná, daijanaj@alunos.utfpr.edu.br.

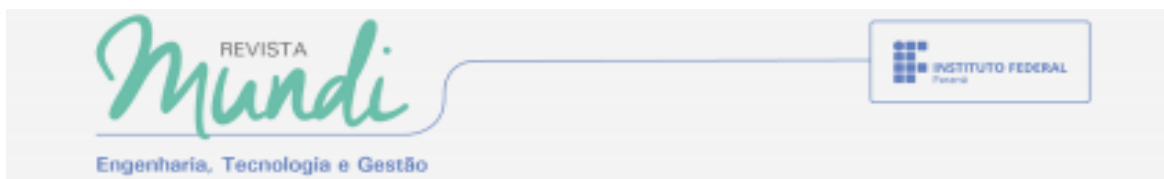
² Postgraduate Program in Natural Resources and Sustainability Professor, Federal University of Technology-Paraná, anaziech@utfpr.edu.br.

³Agronomy Undergraduate Students, Federal University of Technology-Paraná, camilarobertapereira@hotmail.com, marcia.holdefer@hotmail.com, patrickmachado@alunos.utfpr.edu.br.



Resumo: O sistema de plantio direto vem crescendo com o passar dos anos e para o sucesso neste sistema é fundamental a manutenção de cobertura vegetal permanente sobre o solo, adequado sistema de rotação de culturas com o mínimo revolvimento. Uma estratégia para proteção do solo é introduzir espécies de plantas de cobertura no inverno em cultivo solteiro ou consorciadas. O objetivo foi avaliar a taxa de cobertura do solo pela consorciação entre aveia preta (*Avena strigosa* L.) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) em diferentes densidades de semeadura, bem como as espécies isoladas quanto a proteção do solo em plantio direto. O estudo foi conduzido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *Campus* Santa Helena, com delineamento de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram: 100% aveia preta (AP); 100% nabo forrageiro (NF); 75% AP + 25% NF; 50% AP + 50% NF e 25% AP + 75% NF. As plantas de cobertura foram semeadas em maio de 2019. Avaliou-se a porcentagem de cobertura do solo dos 21 aos 91 dias após a semeadura (DAS), através do método fotográfico, com coleta semanal de imagens em área delimitada por quadro metálico (25 m²), posicionado sobre o solo em dois pontos fixos por parcela. A quantificação da taxa de cobertura foi estimada pela sobreposição de um quadriculado com 100 pontos de intersecção sobre cada imagem. A taxa de cobertura do solo pelos consórcios e cultivos solteiros não apresentou diferença estatística significativa. Aos 49 dias consórcios apresentaram cobertura igual ou superior a 70%, enquanto para as espécies solteiras, esse percentual foi atingido aos 56 DAS e 70 DAS, para AP e NF, respectivamente. Todos os tratamentos apresentaram elevado potencial de proteção do solo e de taxa de cobertura a partir de 70 DAS.

Palavras-chave: Taxa de cobertura do solo. Adubação verde. Cobertura vegetal.



1 INTRODUCTION

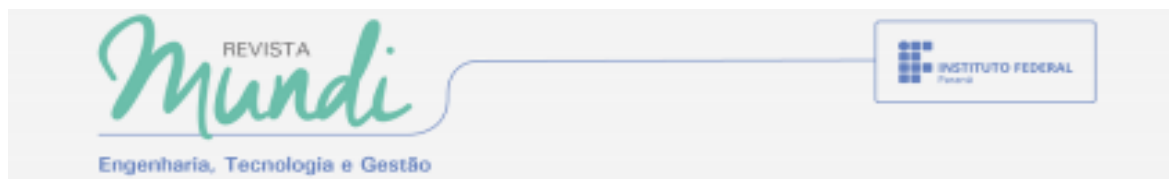
Actually the productive sector has been seeking technologies for the systems of agricultural production with ecological perspective, profitable and socially fair with a great preoccupation with conservation and environment preservation. With this, it seeks to use natural resources such as: water, soil, fauna and flora in a more responsible way and with a more agroecological view or at least sustainable for the agricultural sector (ESPINDOLA et al., 2004).

The sustainable, agroecological, productive and environmentally balanced/correct agriculture is based on conservation conduct. For this, it is very important to perform the correct handling of the soil through crop rotations, use of consortia with cover plants and green fertilization, to fight pests through biological control, as well as in the proper application of natural resources (ESPINDOLA et al., 2004).

Since the 1990s, the No-Tillage System (NTS) has been a tool widely used among producers as a form of soil conservation and consequently ensuring greater productivity in their cultivars (CRUZ et al., 2014).

The term "no-tillage" meaning the cultivation practice directly inserted into the land, without the obligation to revolving the soil, originated in the 1950s in England and in the United States (ANDRADE et al., 2018). In Brazil, the main character who transformed agriculture in recent decades was rural producer Herbert Bartz, resident of Rolândia - Paraná. In 1972 Herbert visited the United States and from there imported agricultural implements which he used on his property based on the NTS (ANDRADE et al., 2018).

Established as the greatest technological innovation of agriculture in recent times, the NTS has been improving according to each region in which it is practiced, that is, it creates regional identity, according to the environmental



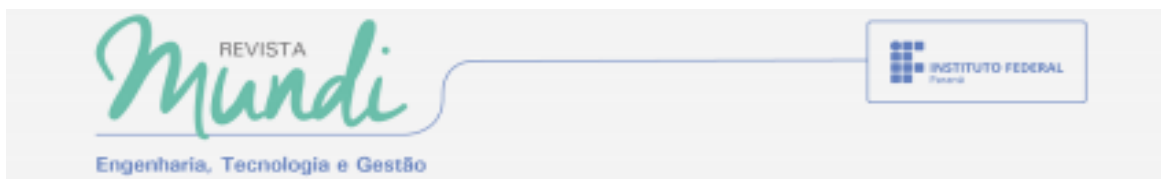
supply of growth factors. In the soil, straw from cover crops along with residues of commercial crops creates a beneficial environment for plant growth for successor crops, thus contributing to better production and maintenance of the soil over time, thus ensuring the success of this system (ALVARENGA et al., 2001).

The no-tillage system is based on three principles: crop rotation, permanent coverage (dead or alive) and minimal soil revolving, becoming an alternative to constant soil handling (EMBRAPA VEGETABLES, 2011). Depending on the species used, the amount of biomass present, environmental conditions and the activity of macro and microorganisms, the straw deposited on the soil surface consists of a nutrient reserve, which can be made available quickly and intensely or slowly (ROSOLEM et al., 2003).

One of the characteristics of the SPD besides the non-revolving of the soil, is the production of plant biomass for the cover of the same. The choice of plant species to be used for this purpose depends very heavily on some factors, among which, the potential for phytomass production, the ability to absorb and accumulate nutrients are the main ones. Factors that are related to nutrient cycling that are very important for the soil-plant process, as they increase availability for successor crops (ALBUQUERQUE et al., 2013).

Due to soil wear, the gradual increase in the price of inputs and the drop in productivity, farmers returned to use, after many years using only the "technological packages", green fertilization practices and cover plants (RUFATO et al., 2006).

The use of this conservation practice is an important tool to improve the chemical, physical and biological quality of the soil, helping in the protection of the surface, in the contribution of phytomass from the aerial part and roots, in improving soil fertility and nutrition of plants with nutrient cycling and assisting in the gradual increase of organic matter in the soil (WOLSCHICK et al., 2016). Soil cover may be natural or implanted, permanent or periodic, green or dead (mulch)



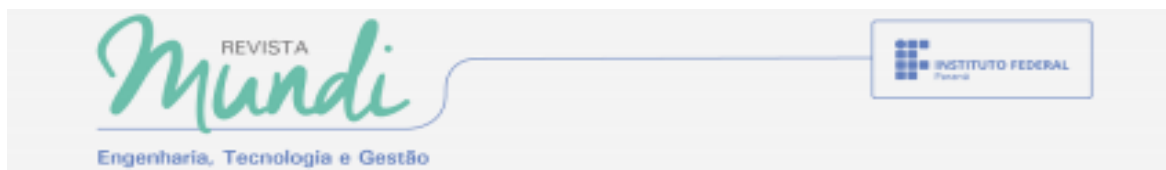
(PHILIPOVSKY et al., 2004). For green fertilization and/or cover plants species from various botanical families, covering the soil at time intervals, or throughout the year (PERIN et al., 2003) and can be used for soil recovery, protection and favoring the productivity of successor crops.

Depending on the management techniques, climatic, edaphic, phytosanitary conditions, and also the root system, the dry matter production of the species used for soil cover will be higher or lower (CARVALHO et al., 2013).

Because they have a high biomass production capacity and a high C/N ratio, which helps to reduce the rate of decomposition and the slower release of nutrients into the soil (SILVA et al., 2012), makes the plants of the Poaceae family (grasses), among them, black oats be the main cover plant used in the southern region of Brazil in rotation with crops of commercial interest (GIACOMINI et al., 2004).

Among its characteristics, black oats had an annual cycle, with uniform development and good tillering, with cylindrical stems, erect and little hairy, with fasciculated roots (CALEGARI et al., 1993). Inflorescence is a panicle, it may or may not have aristated glumes (FONTANELI et al., 2009). Possible cycle from 70 to 130 days until flowering (PIRAÍ SEEDS, 2012). It is a species of autumn/winter, widespread in the southern region of Brazil (DERPSCH; CALEGARI, 1985). It is used for the production of grains intended for animal feed, as forage for pasture, silage and hay, and also as a cover plant, offering rapid soil coverage (BURLE et al., 2006). It assists in the absorption of nutrients, mainly potassium, from deeper layers and makes it available on the soil surface (BOER et al., 2007).

Forage turnip is another plant widely used for soil cover, because, in addition presenting low cost of seeds, it has rapid initial development and short cycle (AMADO et al., 2002). Belonging to the family of brassicaceas, the forage turnip has an annual cycle, herbaceous, erect and very branched with rough hair (SILVA et al., 2007). Possible pivoting and deep root system, in some cases with a

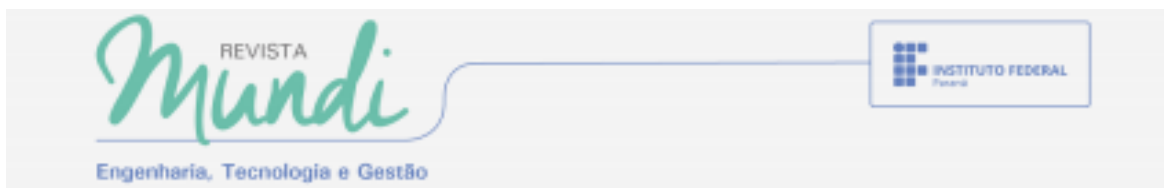


tuberous root (DERPSCH; CALEGARI, 1992; BURLE et al., 2006). Its inflorescences are located in the terminal parts of the stem, in long racemes, with predominantly white flowers, sometimes purple or white with purple or lilachues (PEREIRA, 2006). Flowering occurs between 70 to 80 days after sowing (DERPSCH; CALEGARI, 1985), having a long flowering period, lasting more than 30 days (BELIVAQUA et al., 2008). As a soil cover plant, crop management must take place between 110 and 120 days after sowing (full bloom), before seed maturation, thus preventing it from becoming an invasive plant (BELIVAQUA et al., 2008). Forage turnip has a characteristic of high dry matter productivity and high concentration of nutrients in the aerial part (SILVA et al., 2007). In addition to these described families, others are also used as soil cover species.

In general, the used of cover plants is of paramount importance and when cultivated in a consortium way the benefits can be even greater. In the consortium cultivation of species plants that have different characteristics result in the exploration of distinct soil layers, thus contributing to the favoring of different soil biota groups, differentiated nutrient cycling (CARVALHO et al., 2013), also help in the physical structuring of the soil and in the production of dry matter with different C/N relation.

In this context, many studies evaluate soil protection by the deposition and maintenance of dry matter produced after the maintenance of soil surface cover, however, in new or newly established no-tillage systems, in which there is no history of straw in soil cover, it is extremely important to establish species or consortia of cover plant species, which present potential for rapid soil coating by plant development, so that they protect the soil from the impact of rain drops, competition with invasive species, attenuation of soil temperature to favor microorganisms and edaphic fauna, among other benefits.

Thus, the objective of this work was to evaluate the initial performance of consortia between black oats (*Avena strigosa* L.) and forage turnip (*Raphanus sativus* L.) at different sowing densities, as well as species in single cultivation in relation to the rate of soil cover during plant development for soil protection.



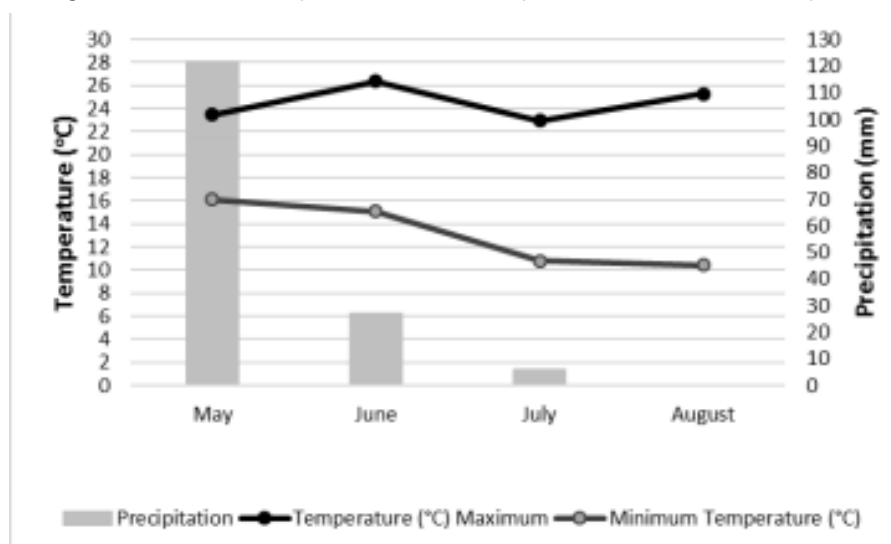
2 DEVELOPMENT

2.1 Materials and Methods

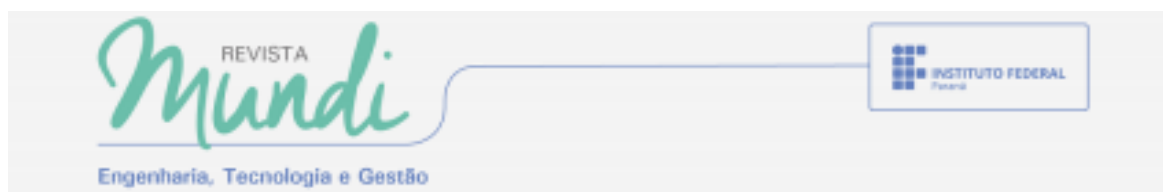
The experiment was conducted in the experimental area belonging to the Federal Technological University of Paraná (UTFPR), *Campus* Santa Helena, located at 24°50'S and 54°20'W, at an orthometric altitude of approximately 236 m. The soil of the region is predominantly of the Type Red Latosol (BHERING et al., 2008; EMBRAPA, 2013). The climate of the region is classified as Cfa (with hot summer) without a defined dry season, with an average annual temperature between 20°C and 22°C, according to Koppen (ALVARES et al., 2013).

The climatic data of rainfall and minimum and maximum air temperature related to the experimental period were obtained from the SIMEPAR meteorological station unit installed in Santa Helena-PR city, as detailed in Graph 1.

Graph 1 - Monthly averages of minimum and maximum daily air temperatures (°C) and rainfall (mm) during the evaluation period of the experiment. UTFPR *Campus* Santa Helena-PR, 2019.



Source: The authors, 2020.



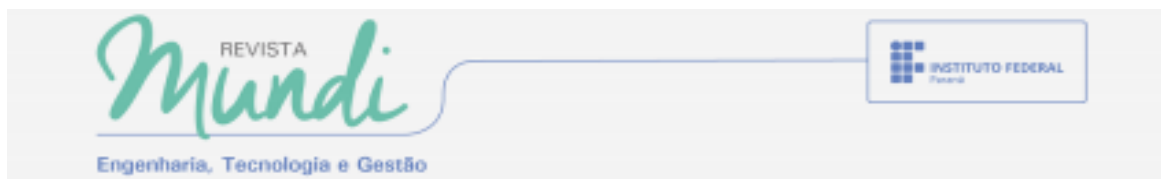
The experiment was arranged in a randomized block design, with five treatments and three replications, totaling 15 experimental plots with dimensions of 5.0 x 5.0 m (25m²) each, totaling 375 m² of cultivated area.

The treatments consisted of systems using the consortium between forage turnip and black oats, in different sowing densities for each species, as well as their species in exclusive (single) cultivation. The sowing density used for the coating plants in single cultivation was 100 kg ha⁻¹ of black oats seeds (BO) and 25 kg ha⁻¹ of forage turnip (FT), considering the recommendations for sowing haul (LIMA FILHO et al., 2014) and the percentage of specific germination of the seed lot. The treatments are presented below, with the respective sowing densities used in each consortium:

1. Black Oats - (*Avena strigosa* Schreb) -100% BO;
2. Forage Turnip - (*Raphanus sativus* L.) - 100% FT
3. Forage Turnip (75%) + Black Oats (25%)
4. Forage Turnip (50%) + Black Oats (50%)
5. Forage Turnip (25%) + Black Oats (75%)

The percentages used to compose consortia refer to the amount of seeds recommended per hectare for each crop in exclusive cultivation. The sowing of winter cover species (black oats and forage turnip) was carried out on May 16, 2019 at haul, with posterior weeding and manual tear out of the infesting plants present in total area, to incorporate seeds into the soil.

Germination and emergence of cover plants occurred on May 24, 2019. From 21 days after sowing (DAS) the growth rate and soil cover was monitored, using the photographic method, which consists in the evaluation of digital images collected in the field. The collections were performed weekly, until obtaining the maximum soil cover by the plant development of the treatments. For this, two fixed points were demarcated in each of the plots, and through the use of a metal square 0.5 x 0.5m



with known area (0.25m^2) placed on the ground on the cover plants (Figure 1), the images were captured, with positioning of the digital camera approximately onemeter high, as adapted method of Rizzardi and Fleck (2004). Subsequently, the digital images were transferred to the Power point computer program, where a checkered 100 points were inserted on each image. The intersection points on the cover plants were quantified, expressing as a percentage the soil cover rate provided by the treatments.

Figure 1 - Metallic frame used for site demarcation for collection of rate images of the soil cover. (A) 100% Turnip Forage (TF) at 35 DAS, (B) 100% TF at 63 DAS, (C) 25% TF + 75% Black Oats (BO) at 49 DAS, (D) 100% BO at 70 DAS with checkered to quantify intersection points.



Source: Authors, 2019.

The data obtained were applied to variance analysis (ANOVA) and the means compared by the Tukey test at 5% probability, using the computational program GENES (Cruz, 2006).

2.2 Results and Discussion

Soil cover plants showed similar behavior between the treatments tested, with no statistically significant rate difference regarding the soil cover by plant development of different species densities in the consortia, as well as in single crops over the 91 days of attendance (Table 1).

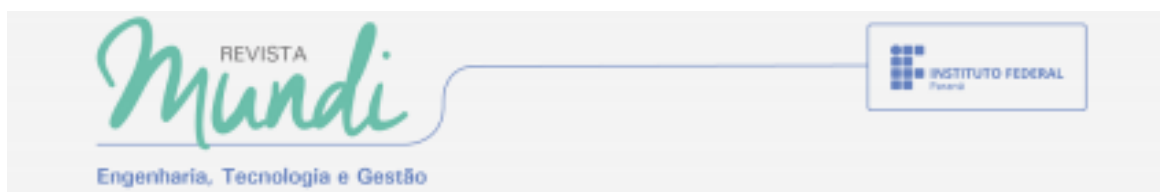
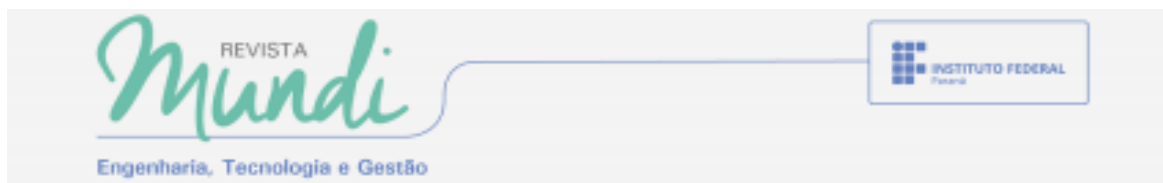


Table 1. Soil cover rate (%) winter cover plants in consortia systems and single cultivation, up to 91 days after sowing (DAS).

COVER CROPS	21 DAS	28 DAS	35 DAS	42 DAS	49 DAS	56 DAS	63 DAS	70 DAS	77 DAS	84 DAS	91 DAS
100% Black Oat (OB)	11,7 ^{*ns}	16,7 ^{*ns}	23,3 ^{*ns}	39,3 ^{*ns}	56,0 ^{*ns}	74,0 ^{*ns}	83,2 ^{*ns}	87,0 ^{*ns}	87,0 ^{*ns}	81,3 ^{*ns}	81,8 ^{*ns}
100% Forage Turnip (TF)	11,7	22,8	32,5	46,5	63,7	63,0	68,2	77,0	82,5	82,7	82,7
75% OB + 25% TF	11,0	17,2	27,5	39,5	70,0	69,2	81,3	89,0	91,5	90,7	92,5
50% OB + 50% TF	13,8	22,5	39,0	51,0	69,3	71,7	77,8	87,3	90,8	89,0	88,2
25% OB + 75% TF	14,7	22,7	39,5	55,8	74,3	76,3	83,2	91,7	93,7	93,0	88,3
CV%	37	36	42	42	28	26	17	10	8	8,8	11

*ns- Not significant by tukey test 5% ($p < 0.05$). DAS - Days after sowing. CV – Coefficient of variation

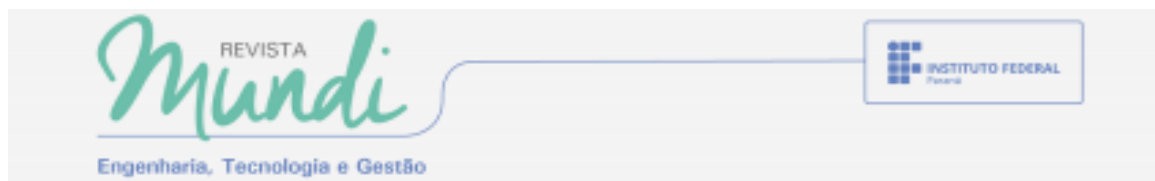
The similarity obtained in the vegetative development of the species that make up the treatments may be related to the climatic conditions that occurred during the period (Figure 1), considering that the higher volume of rainfall (121.6 mm) occurred at the first 15 days that proceeded sowing, and were distributed in only four moments. In June, there was only 27 mm of precipitation distributed throughout the month, which corresponds to the vegetative development accompanied up to 49 DAS approximately. Subsequent collections coincided with the low rainfall that occurred in August, in which the total volume was only 6 mm, in this sense, even having totaled 154.6 mm during the development of cover plants, the irregularity in the distribution of rainfall may have impaired the adequate development by water deficit.



In this aspect, it was noticeable in the field that the irregularity and the low volume of precipitation that occurred, harmed the vegetal development of the plants and tilling in the case of grass (visual observation). Even so, it is possible to highlight that at 21 DAS the coverage rate of the forage turnip, obtained in the present study (Table 1), is similar to the 11% obtained by Ziech et al., (2015) at 29 DAS for the agricultural year 2011/2012, under the conditions of the Southwest region of the state of Paraná.

From 28 to 42 DAS, the forage turnip isolated and in the proportions of 50% and 75% composing the consortium, presented protection potential between 47% and 56% soil cover by plant development (Table 1). Ziech et al. (2015) in two years of attendance, verified variations rate in soil cover responses provided by treatments, even so, the results obtained by those authors for the association between black oats (60%) + common vetch (40%), presented at 42 and 43 DAS of soil cover of 50% and 62% for the agricultural years of 2010/2011 and 2011/2012, respectively. The same authors observed that for the same period, in different years of evaluation the forage turnip as a single crop presented 62% and 40% soil cover. Indicating that there is similarity with the obtained data in the present study, and also, that variations in plant development occur even if they are cultivated in the same area.

At 49 days, all the consortia tested reached coverage equal to or greater than 70%, while for the species grown in a single way, this percentage was reached at 56 DAS and 70 DAS, for AP and NF, respectively (Table 1). Thus, indicating that the combination of species may present advantageous aspects in relation to culture in isolated cultivation. According to Ziech (2016), the intercropping between oats and other species promote in addition to physical protection by rapid soil cover, the inclusion of plant biodiversity to the system. Thus, due to the distinct characteristics of each species, there is aggregation of benefits to the productive system, such as



greater nutrient cycling capacity by exploring distinct soil layers and favoring soil biota groups (CHERR et al., 2006).

Even under adverse conditions, the data obtained for soil cover by the consortia at 49 DAS and the single forage turnip (Table 1) are extremely positive, since, according to Calegari (1990), the rapid initial growth of turnip forage, is an excellent feature, as it can promote up to 70% soil cover at 60 days after its emergence. In the present study, the forage turnip reached 77% of vegetation cover at 70 DAS, which corresponds approximately 62 days after emergence, corresponding with the expected performance for the species

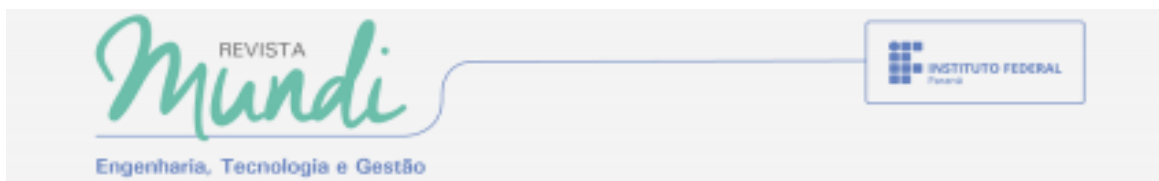
From the 56 DAS (Table 1), there was little variation regarding plant development and soil cover rate among treatments, coinciding with the low precipitation occurred in the period.

The maximum soil protection obtained by plant development in the systems tested occurred at 77 DAS (Table 1) in which the consortia presented coverage rate between 91.5% and 93.7%, for 75% BO + 25% TF and 25% BO + 75% TF, respectively. While the forage turnip and black oats in single cultivation, they presented coverage rates of 87 and 83%, respectively, maintaining these results until 91 DAS. Even under adverse conditions, the results obtained are similar to those obtained by Ziech (2016), where at 62 DAS, it obtained coverage of 95% for consortia between oats+vetch common and oat+turnip+vetch common.

In general, all treatments presented high soil protection potential through the coverage rate from 70 DAS.

3 FINAL CONSIDERATIONS

Given the current context of intensive land use in small and large areas, it is worth stressing the importance of soil conservation and protection. Thus, it is essential to use soil cover plants in rotation with commercial exploration crops.



Considering that plants of different species have different root systems and nutritional needs, the consortium between soil cover plant species promotes faster coverage, protection against raindrops, erosion and decreased leaching of nutrients, reduction of temperature fluctuations and decreased evaporation, increasing the availability of water for crops, disruption of compacted layers and promotion of aeration benefiting beneficial organisms from the soil and weed suppression. Thus, crop systems and plants used for soil protection promote over time effects on the chemical, physical and biological conditions of the same.

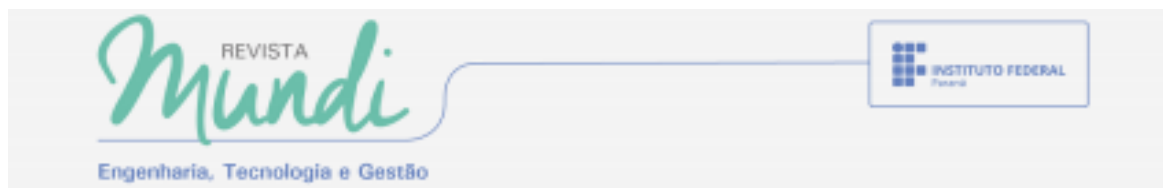
ACKNOWLEDGMENTS We thank the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel - CAPES for the scholarship granted during the research period.

REFERENCES

ALBUQUERQUE, A. W. D.; SANTOS, J. R.; MOURA G. F.; REIS, L. S. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 17(7), 721-726. 2013.

ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. **Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto**. Embrapa Milho e Sorgo-Artigo. 2001.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de coberturas do solo, sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.241- 248. DOI:10.1590/S0100- 06832002000100025. 2002.



ANDRADE, A. T.; TORRES, J. L. R.; PAES, J. M. V.; TEIXEIRA, C. M.; CONDÉ, A. B. T. **Desafios do Sistema Plantio Direto no Cerrado**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 39 (302), 18-26. 2018.

BELIVAQUA, G. A. P.; ANTUNES, I. F.; ZUCHI, J.; MARQUES, R. L. L. **Indicações técnicas para produção de sementes de plantas recuperadoras de solo para a agricultura familiar**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, (Documentos, 227), 2008. 43 p.

BHERING, Silvio B. et al. **Mapa de solos do estado do Paraná: legenda atualizada**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Floresta: Embrapa Solos, 2008.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI, A. F.; PIRES, F. R. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região Centro- Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.843- 851. 2008.

BURLE, M. L.; CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F.; PEREIRA, J. **Caracterização das espécies de adubo verde**. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. (Ed.). Cerrado: adubação verde. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. p.71-142.

CARVALHO, W. P.; de CARVALHO, G. J.; NETO, D. D. O. A.; TEIXEIRA, L. G. V. Desempenho agrônomo de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. **Pesquisa agropecuária brasileira**, 48(2), 157-166. 2013.

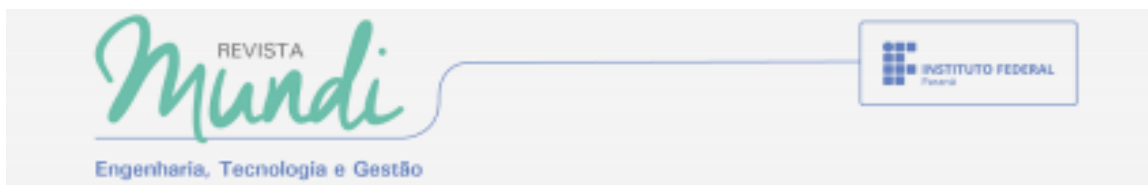
CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno no Sudoeste do Paraná**. Londrina: IAPAR, (Boletim Técnico, 35), 37p. 1990.

CALEGARI, A. **Adubação verde no sul do Brasil**. AS-PTA, Rio de Janeiro, 346p. 1993.

CHERR, C.M.; SCHOLBERG, J.M.S.; MCSORLEY, R. Green manure approaches to crop production: a synthesis. **Agronomy Journal**, v.98, p.302- 319, 2006.

CRUZ, C. D. **Programa Genes - Biometria**. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. v. 1. 382 p.

CRUZ, J. C.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, H. M. V.; FILHO, I. A. P.; FILHO, M. R. A.; SANTANA, D. P. **Plantio Direto**. 2014 Available in: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_592_005_23355.html. Access in: 10 jan. 2020.



DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Guia de plantas para adubação verde de inverno**. Londrina, Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), 96p. (Documentos IAPAR, 9). 1985.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: Iapar, 80p. (Circular, 73). 1992.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

ESPÍNDOLA, J. A. de A.; DE ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M. **Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica**. Embrapa Agrobiologia-Documents (INFOTECA-E), 2004.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. FONTANELI, R. S.; OLIVEIRA, J. T.; LEHMEN, R. I.; DREON, G. Gramíneas anuais de inverno. 2009. IN: FONTANELI, R. S.; SANTOS H. P; FONTANELI, R. S. **FORAGEIRAS PARA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NA REGIÃO SUL-BRASILEIRA**. 2009. 340p.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; CHIAPINOTTO, I. C.; HUBNER, A.P.; MARQUES, M. G.; CADORE, F. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. II - nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.751-762, 2004.

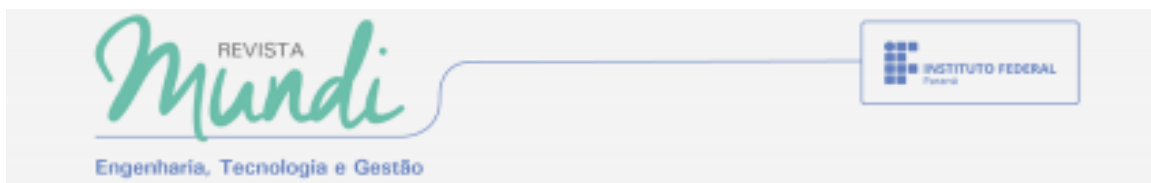
LIMA FILHO, O. F. de.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D (Ed). **Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil**. Fundamentos e Prática. Brasília, DF: Embrapa, v.1, 2014. 507 p.

PEREIRA, A. R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas para controle de erosão**. 1º Ed. Planejamento e Tecnologia: plantha LTDA, 2006.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 7, p. 791-796, 2003.

PHILIPPOVSKY, J. F.; DEDECEK, R. A.; MEDRADO, M. J. S. Conservação do solo na cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* S. Hill.) pelo uso de coberturas verdes de inverno. **Boletim de pesquisa florestal**, n.48, p. 3-13, jan./jun. 2004.

PIRAÍ SEEDS. **Adubação Verde e Cobertura Vegetal**. Available in: <http://www.pirai.com.br/texto-a5-adubacao-verde-e-cobertura-vegetal.html>
Access in: 28/03/2012.



RIZZARDI, M.A.; FLECK, N.G. Métodos de determinação da cobertura foliar da infestação de plantas daninhas e da cultura da soja. **Ciência Rural**, v.34, p.13-18, 2004.

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palhada de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.355-362, 2003.

RUFATO, L.; ROSSI, A. D.; PICOLOTTO, L.; FACHINELLO, J. C. Plantas de cobertura de solo em pomar de pessegueiro (*Prunus pérsica* L. Batsch) conduzido no sistema de produção integrada. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria (RS), v.36, n3, 2006. SILVA, A. A.;

SILVA, P. R. F.; SUHRE, E.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M. L.; RAMBO, L. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, v.37, p.928- 935. 2007.

SILVA, J. A. N.; SOUZA, C. M. A.; SILVA, C. J.; BOTTEGA, S. P. Crescimento e produção de espécies forrageiras consorciadas com pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.769- 775. 2012.

WOLSCHICK, N. H.; BARBOSA, F. T.; BERTOL, I.; dos SANTOS, K. F.; de SOUZA R. W.; BAGIO, B. Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, 15(2), 134-143. 2016.

ZIECH, A. R. D.; CONCEIÇÃO, P. C.; LUCHESE, A. V.; BALIN, N. M.; CANDIOTTO, G.; GARMUS, T. G. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 50(5), 374-382. 2015.

ZIECH, A. R. D. **Sistemas de produção de milho sob adubação nitrogenada e plantas de cobertura do solo**. 2016. 85f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus Pato Branco* – PR, Paraná, 2016.

Edição Especial - I SISU (Simpósio Interdisciplinar de Sustentabilidade)

Enviado em: 25/02/2020

Aceito em: 10/11/2020

Editores responsáveis: Otávio Akira Sakai e Diane Belusso