

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CURSO DE AGRONOMIA

Mariéle Carolina Ebertz

Decomposição e liberação de nitrogênio da biomassa de ervilhaca e aveia-preta no sistema de plantio-direto com diferentes períodos de dessecação

Curitibanos

2021

Mariéle Carolina Ebertz

Decomposição e liberação de nitrogênio da biomassa de ervilhaca e aveia-preta no sistema de plantio-direto com diferentes períodos de dessecação

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.
Orientador: Prof. Dr. Douglas Adams Weiler

Curitibanos

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Ebertz, Mariéle Carolina

Decomposição e liberação de nitrogênio da biomassa de ervilhaca e aveia-preta no sistema de plantio-direto com diferentes períodos de dessecação / Mariéle Carolina Ebertz ; orientador, Douglas Adams Weiler, 2021.

48 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibano, Graduação em Agronomia, Curitibano, 2021.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Nitrogênio remanescente. 3. Plantas de cobertura. 4. Matéria seca remanescente. I. Weiler, Douglas Adams. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Agronomia. III. Título.

MARIÉLE CAROLINA EBERTZ

Decomposição e liberação de nitrogênio da biomassa de ervilhaca e aveia-preta no sistema de plantio-direto com diferentes períodos de dessecação

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitibanos, 13 de setembro de 2021.



Documento assinado digitalmente
Samuel Luiz Fioreze
Data: 20/09/2021 20:08:46-0300
CPF: 052.258.059-90
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Samuel Luiz Fioreze
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
Douglas Adams Weiler
Data: 20/09/2021 09:44:31-0300
CPF: 008.111.820-10
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Douglas Adams Weiler
Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Djalma Eugênio Schmitt
Data: 20/09/2021 10:15:01-0300
CPF: 050.180.539-76
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Djalma Eugênio Schmitt
Membro da banca examinadora

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
FABIO JOEL KOCHER MALLMANN
Data: 20/09/2021 21:18:15-0300
CPF: 002.303.810-14
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Fábio Joel Kochem Mallmann
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Maria

Ofereço a minha amada vó Claudete Alves dos Reis (*in memoriam*) foi morar no céu na metade da minha graduação, mas os seus cafés da tarde, conselhos, almoços de domingo, e suas lembranças jamais serão esquecidas.

Dedico aos meus queridos pais Hilton e Marelisa Ebertz, que são os meus maiores incentivadores na realização dos meus sonhos. AGRADECIMENTOS

AGRADECIMENTOS

À Deus por estar sempre iluminando meus passos, conferindo proteção em todos os momentos e mandando forças para encarar novos desafios.

A UFSC, por me proporcionar, bem como toda sua equipe e infraestrutura, pela oportunidade do ensino gratuito e de qualidade.

Ao meu orientador Prof. Dr. Douglas Adams Weiler por me aceitar como sua orientada, pela ajuda, muita paciência e grandes ensinamentos.

Ao meu amado pai Hilton Valdomiro Ebertz, que me mostrou a agricultura me deixando acompanhá-lo nas lavouras e dias de campo desde de cedo até os dias atuais, sendo o grande responsável em me conduzir para essa linda profissão. O senhor é o meu exemplo, minha fonte de energia e a minha maior inspiração.

A minha querida mãe Marelisa Ebertz, me apoiando nas minhas escolhas e acreditar sempre nos meus sonhos, a senhora é guerreira, a minha base, meu porto seguro.

A minha estimada irmã Francieli Carolini Ebertz que mesmo distante me fortalecia com os seus conselhos, apoio e incentivo para jamais desistir, por mais que o caminho seja árduo.

As minhas amigas Jaíne Rosa Kemer e Helena Zanatta Correa, por sempre estarem presentes nos bons e maus momentos no apartamento 07, no qual essa amizade levamos para a vida

Aos que sempre estiveram presentes na minha vida em especial, Arthur, Willian, Aline, Matheus, Andrei, Luan, Beatriz, Denize, William, Allan, James, Bruna, Caroline Matias, Wanessa, Diego e Antonio. Vocês foram essenciais na minha graduação, vivenciando várias histórias que levarei todos para sempre no meu coração.

A minha grande família EBERTZ e REIS, que cada um teve a sua contribuição para a realização deste trabalho.

Aos técnicos de Laboratório e do Setor Agropecuário da UFSC, em especial Ricardo Cláudio e Ketlin que me auxiliaram na implementação e análises deste projeto.

A todos os professores da UFSC, que cada um contribuiu para que eu chegasse até aqui, cada um foi essencial em sempre acreditar que posso fazer ainda melhor!

Ao grupo de pesquisa de Manejo e Fertilidade do Solo por toda condução e auxílio na avaliação deste experimento.

Enfim agradeço a todos que de alguma forma auxiliaram para tornar possível a realização deste trabalho. **Muito obrigada!**

No fim tudo dá certo, e se não deu certo é porque ainda não chegou ao fim. Fernando Sabino

Devemos salvar o solo, para que ele possa nos salvar. Documentário
Solo Fértil

RESUMO

A contribuição que as plantas de cobertura fornecem para o solo é relatada por vários autores, sendo aliadas para a adição de fitomassa para o solo, manutenção da biomassa e rotação de culturas. Uma forma de utilizar as plantas de cobertura é na entressafra para garantir proteção ao solo contra processos erosivos. Outro benefício é contribuir no fornecimento de nutrientes, como o nitrogênio para a cultura subsequente. Contudo, ainda existem alguns desafios em relação a sincronização da dessecação das plantas de cobertura, com o fornecimento do nitrogênio para a cultura subsequente, principalmente para a cultura do milho. Objetivou-se com este estudo avaliar a decomposição dos resíduos vegetais de ervilhaca (*Vicia sativa*) e aveia-preta (*Avena strigosa*) com a dessecação das plantas com 28 dias antes da semeadura (DAS), 14 DAS e 0 DAS. Para isso, o experimento foi conduzido na cidade de Curitiba em solo Cambissolo Háplico de textura argilosa em condições de campo, no período de maio de 2020 a abril de 2021. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, dois tratamentos com três épocas de dessecação, sendo realizada a dessecação de aveia e ervilhaca com 28, 14, e 0 DAS. No presente estudo a decomposição e liberação de N dos resíduos culturais das plantas de cobertura foram avaliadas usando a metodologia de sacos de decomposição, os quais foram deixados na superfície do solo após a dessecação e recolhidos aos 0, 7, 21, 45 e 90 dias. Nos sacos de decomposição coletados, foram feitas determinações das quantidades remanescentes de matéria seca (MS) e da concentração de N. A dinâmica de decomposição e liberação de N dos resíduos culturais da ervilhaca e aveia-preta seguiu o mesmo padrão para todos os manejos realizados. Da quantidade total de N liberada durante os 90 dias do experimento, a maior parte ocorreu nos primeiros dias para a cultura da ervilhaca. Os resultados sugerem que realizando a dessecação da ervilhaca mais próximo da semeadura, o N será liberado dos resíduos culturais em um momento de maior demanda da cultura do milho.

Palavras-chave: Nitrogênio remanescente. Plantas de cobertura. Matéria seca remanescente.

ABSTRACT

The contribution that cover crops provide to the soil is reported by several authors, being allied to the biomass addition to the soil, maintenance of biomass and crop rotation. One way to use cover crops is in the off-season, ensuring soil protection of erosion. Another benefit is contributing to nutrients supply such as nitrogen (N) for the subsequent crop. However, there are still some challenges in relation to synchronizing the cover crops termination with N release for the subsequent crop, especially for corn. The objective of this study was to evaluate the decomposition of vetch (*Vicia sativa*) and black oat (*Avena strigosa*) crop residues terminated 28, 14 and 0 days before corn sowing (DAS). For this, the experiment was carried out in Curitiba, in a clayey Cambisol Haplic soil under field conditions, from May 2020 to April 2021. The experimental design was in randomized blocks with four replications, two treatments with three times of cover crops termination. In the present study, decomposition and N release from cover crop residues were evaluated using the litterbags methodology, which were left on the soil surface after termination and collected at 0, 7, 21, 45 and 90 days after disposal. The remaining amounts of dry matter (DM) and N concentration were determined in the litterbags. The decomposition and N release dynamics from the vetch and black oat residues followed the same pattern for all managements performed. Of the total amount of N released during the 90 days of the experiment, most of it occurred in the first days for vetch. The results suggest that by carrying out the desiccation of the vetch closer to sowing, N will be released from crop residues at a time of greater corn demand.

Keywords: Remaining nitrogen. Cover plants. Remaining dry matter.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Temperatura máxima, mínima e média, e precipitação durante a condução do experimento, Curitiba, SC, 2020/21.....	26
Figura 2- Condução do experimento.....	28
Figura 3- Etapas da análise do nitrogênio.....	29
Figura 4 Matéria seca remanescente dos resíduos culturais de plantas de cobertura, em avaliações realizadas no campo até 90 dias após a distribuição das bolsas de decomposição na superfície do solo.....	34
Figura 5-Nitrogênio remanescente dos resíduos culturais de plantas de cobertura, em avaliações realizadas no campo até 90 dias após a distribuição das bolsas de decomposição na superfície do solo.....	36
Figura 6- Liberação acumulada de N após a dessecação de aveia-preta e ervilhaca no período de dessecação aos 28, 14 e 0 DAS.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Datas referentes as épocas de dessecação de aveia-preta e ervilhaca.....	26
Tabela 2- Parâmetros do modelo ajustado aos valores observados de carbono remanescente, tempo de meia vida ($t_{1/2}$) de cada compartimentos dos resíduos culturais e valores de r^2 de cada tratamento.	35
Tabela 3- Parâmetros do modelo ajustado aos valores observados de nitrogênio remanescente, tempo de meia vida ($t_{1/2}$) de cada compartimentos dos resíduos culturais e valores de r^2 de cada tratamento.	38
Tabela 4- Produtividade do milho em kg ha^{-1} na cidade de Curitiba na safra 20/21	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DAS–Dias antes da semeadura

N–Nitrogênio

C–Carbono

C/N–Carbono/nitrogênio

KCl–Cloroeto de potássio

V4–Estágio vegetativo 4 (fenologia do milho)

NaOH–Hidróxido de sódio

HCl– Ácido clorídrico

NH₄⁺–Amônio

NO₃⁻–Nitrato

MO–Matéria Orgânica

P– Fósforo

K–Potássio

pH–Potencial hidrogeniônico

Al³⁺–Alumínio

Ca²⁺ –Cálcio

Mg²⁺–Magnésio

LISTA DE SÍMBOLOS

m–Metros

Kg–Quilograma

Kg ha⁻¹–Quilograma por hectare

m²–Metro quadrado

g ha⁻¹ –Gramas por hectare

ml ha⁻¹ –Mililitro por hectare

L ha⁻¹ –Litro por hectare

N ha⁻¹–Nitrogênio por hectare

g dm⁻³ – Grama por decímetro cúbico

mg dm⁻³ – Miligrama por decímetro cúbico

cmol_c dm⁻³ –Centímolc por decímetro cúbico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	JUSTIFICATIVA	16
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo geral	17
1.2.2	Objetivos específicos	17
1.3	HIPÓTESES	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	PLANTAS DE COBERTURA de inverno.....	18
2.1.1	Ervilhaca	19
2.1.2	Aveia-preta	20
2.2	A DINÂMICA DE DECOMPOSIÇÃO DAS PLANTAS DE COBERTURA.....	20
2.2.1	Qualidade do resíduo para liberação de nutrientes	21
2.2.2	Fatores que influenciam a decomposição	22
2.3	LIBERAÇÃO DE N PELAS PLANTAS DE COBERTURA E ABSORÇÃO POR CULTURAS SUBSEQUENTES.....	23
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1	LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	25
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	25
3.3	DADOS CLIMÁTICOS	26
3.4	PARÂMETROS AVALIADOS	27
3.4.1	Decomposição e liberação de N dos resíduos culturais	27
3.4.2	Análise do nitrogênio total nos resíduos	28
3.5	SEMEADURA DO MILHO.....	30
3.5.1	Avaliação do milho	30
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1	ADIÇÃO DE MASSA SECA E N PELAS PLANTAS DE COBERTURA	32

4.2	DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE N DOS RESÍDUOS CULTURAIS	32
4.3	LIBERAÇÃO ACUMULADA DE N DOS RESÍDUOS CULTURAIS	38
4.4	PRODUTIVIDADE DO MILHO	40
5	CONCLUSÕES	42
	REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto, amplamente utilizado na região Sul do Brasil, tem como fundamentos o não revolvimento do solo, rotação de culturas e cobertura permanente do solo (SALTON *et al.*, 1998). Neste conceito, plantas de cobertura de solo são inseridas nos sistemas de culturas para assegurar alta produção de palhada e cobertura de solo (HECKLER *et al.*, 1998).

A aveia-preta (*Avena strigosa*) é utilizada em função da alta capacidade de produção de fitomassa e baixa exigência em fertilidade do solo, enquanto a ervilhaca (*Vicia sativa*) é particularmente recomendada antes do cultivo do milho em função da leguminosa fixar grandes quantidades de nitrogênio superior a 100 kg ha⁻¹ (N) em associação com rizóbio, nutriente que é demandado em grandes quantidades pela cultura do milho (PAVINATO, 1994; GIACOMINI *et al.*, 2003).

Essas plantas utilizadas como cobertura se diferem quanto à decomposição e liberação dos nutrientes devido a relação carbono nitrogênio (C/N) dos resíduos culturais (CALEGARI *et al.*, 1993). Plantas pertencentes a família Poaceae, como a aveia, tendem a liberar os nutrientes de forma bastante lenta, mas com o benefício de manter o solo protegido dos efeitos da erosão por mais tempo. Por outro lado, as da família Fabaceae decompõem e liberam rapidamente os nutrientes, conferindo baixa proteção do solo contra a erosão (DA ROS; AITA, 1996).

Contudo, a dinâmica de decomposição e liberação dos nutrientes das plantas de cobertura está intimamente relacionada às condições edafoclimáticas de cada sistema de cultivo, como temperaturas altas, alta precipitação e alta radiação solar. Assim, estes processos devem ser avaliados em cada condição particular de clima e solo. Na maioria das vezes, as plantas são manejadas quimicamente (dessecadas) antes da semeadura do milho. Contudo, o intervalo de dias entre a dessecação das plantas de cobertura e a semeadura do milho é muito variável e pode interferir na produtividade da cultura. De acordo com Monquero *et al.* (2010), a produtividade da cultura em sucessão será determinada pela quantidade de biomassa produzida e pelas condições edafoclimáticas de cada região. Portanto, o que se busca é combinar a liberação de nutrientes com o período de máxima absorção da cultura em sucessão. Desta forma, o intervalo de dias entre a dessecação das plantas de cobertura deverá influenciar na disponibilidade de nutrientes para a cultura do milho.

1.1 JUSTIFICATIVA

A utilização de plantas de cobertura é de extrema importância para melhorar o sistema produtivo, fornecendo proteção física para o solo, alternativa para a rotação de culturas e contribuindo como fonte de nutrientes para as culturas em sucessão, principalmente o N. Aveia-preta e ervilhaca são duas culturas que podem ser utilizadas em um sistema de produção de milho em plantio direto, contudo diferem quanto a dinâmica do N após o manejo. Resultados na literatura demonstram que nas plantas da família Fabaceae a decomposição e a liberação de N de seus resíduos ocorrem em velocidade elevada, fazendo com que não ocorra sincronização com a demanda de N pelo milho. A alta disponibilidade de N no solo em um momento em que a cultura do milho ainda não se encontra em plena capacidade de absorção pode resultar em perdas de N no sistema de produção, reduzindo os benefícios da inclusão de Fabaceae antecedendo o milho. Plantas da família Poaceae, com alta relação C/N dos resíduos culturais, podem provocar a imobilização de N do solo no início da decomposição, reduzindo assim a disponibilidade do nutriente para o milho. Contudo, em longo prazo o N imobilizado inicialmente pela biomassa microbiana é remineralizado, tornando-se disponível para a cultura subsequente.

Desta forma, compreender a dinâmica de decomposição e liberação de N das plantas de cobertura de solo é de fundamental importância para melhorar a eficiência de uso do N. Portanto, a adição de resíduos culturais ou aumento de matéria orgânica do solo pode significar redução nas doses de fertilizantes a serem aplicadas (OLDFIELD *et al.*, 2019).

Neste contexto, neste trabalho buscou-se melhorar a compreensão sobre a dinâmica de decomposição e liberação de N dos resíduos culturais de ervilhaca e aveia-preta manejados em diferentes momentos antes da semeadura do milho. Além disso, visou-se identificar o período ideal entre o manejo de dessecação e a semeadura do milho para ocorrer um sincronismo na liberação e absorção do N.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Compreender a dinâmica de decomposição e liberação do nitrogênio dos resíduos culturais de aveia-preta e ervilhaca manejadas em diferentes épocas de dessecação antes da semeadura do milho e o efeito sobre a produtividade do milho.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar o período ideal de dessecação das plantas de cobertura e a semeadura do milho de acordo com o tipo de cobertura vegetal em Curitiba
- Avaliar a liberação de nitrogênio (N) das plantas de ervilhaca e aveia-preta durante a decomposição da fitomassa.
- Estimar o tempo de meia vida do nitrogênio nos resíduos culturais das plantas de cobertura.

1.3 HIPÓTESES

A velocidade de decomposição e a quantidade de N liberada pela ervilhaca é maior do que da aveia-preta.

A dessecação antecipada da ervilhaca resulta em maior quantidade de N liberado dos resíduos culturais até o momento da semeadura no milho, reduzindo o aproveitamento deste nutriente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO

As plantas de cobertura, que estão incluídas como conservadoras do solo, devem apresentar como características a alta produção de fitomassa, facilidade na aquisição de sementes, baixo custo de implantação e facilidade no manejo (ALVARENGA *et al.*, 2001). Estas plantas de cobertura são utilizadas em diferentes sistemas de produção como para pastoreio, produção de grãos, sementes bem como para produção de silagem, feno e como fornecedoras de palha para o sistema de plantio direto, contribuindo nos atributos físicos, químicos e biológicos (LAMAS, 2017). Elas atuam em uma série de processos para o solo, relacionados na disponibilidade de nutrientes, supressão de plantas daninhas e diminuindo a erosão hídrica (CARVALHO; AMABILE, 2006). Os resíduos culturais na superfície funcionam como dissipadores de energia, protegendo o solo contra o impacto das gotas de chuva, impedindo que ocorra o transporte de partículas pela enxurrada, evitando assim a erosão (HECKLER *et al.*, 1998).

A palha deixada na superfície pelas plantas de cobertura é precursora da matéria orgânica do solo, que através da palha em decomposição ocorre aumento da qualidade, relacionado na melhoria da fertilidade natural e na base alimentar dos microrganismos (WINDMER, 2012; ALVARENGA *et al.*, 2001). Além disso, mediante decomposição dos resíduos culturais promove a ciclagem de nutrientes, beneficiando a cultura sucessora. Os melhores indicadores da qualidade de uma planta de cobertura são a porcentagem de cobertura na superfície do solo no transcorrer do desenvolvimento, a persistência do resíduo sobre o solo e a capacidade de reciclar nutrientes, notadamente a mobilização de elementos lixiviados ou pouco solúveis, liberando-os gradativamente para a cultura subsequente (CRUSCIOL *et al.*, 2008.).

A utilização de Fabaceae, como a ervilhaca, é uma alternativa para o fornecimento de N, podendo reduzir parcialmente ou totalmente a utilização da adubação nitrogenada (CHERUBIN *et al.*, 2014). No entanto, em função da baixa relação C/N a decomposição dos resíduos é rápida, deixando o solo desprotegido logo no início do cultivo da cultura sucessora. Já as plantas de cobertura da família Poaceae, como a aveia, tendem a liberar os nutrientes de forma bastante lenta, mas com o benefício de manter o solo protegido dos efeitos da erosão por mais tempo (DA ROS & AITA, 1996).

2.1.1 Ervilhaca

A ervilhaca (*Vicia sativa*) é uma espécie que é cultivada na região sul do Brasil, no período de inverno, apresentando características agrônômicas como ser boa fixadora de N, utilizada como planta de cobertura ou como pastagem. Essa espécie é pertencente à família Fabaceae de clima temperado, possuindo hábito de crescimento trepador, é pouco resistente ao calor excessivo, porém muitas plantas se adaptaram ao inverno rigoroso e seco, proporcionando considerável cobertura para o solo (CALEGARI *et al.*, 1992).

Na região do sul do Brasil, a semeadura é indicada entre os meses de abril e maio, onde a época mais tardia favorece a produção de grãos em relação à produção de matéria verde (ALCÂNTARA *et al.*, 1992). Possui capacidade de fixação de N que está na atmosfera através da simbiose com bactérias do gênero rizóbio, podendo acumular até 220kg de N ha⁻¹ no solo para as próximas culturas (MONEGAT, 1991). Segundo Borkert *et al.* (2003), cada tonelada de matéria seca de ervilhaca comum pode contribuir com 47 kg de N para o sistema solo-planta, tornando a ervilhaca como boa antecessora para o milho (SILVA *et al.*, 2007). Em um trabalho de Aita *et al.* (1994) foram liberados 60% do N da matéria seca da ervilhaca durante os primeiros 30 dias após seu manejo como cultura de cobertura e aos 120 dias, esses valores aumentaram para 80%. Segundo Giacomini *et al.* (2003) devido a este fator recomenda-se a semeadura da cultura subsequente em um período de tempo menor que uma semana após o manejo. Os mesmos autores relatam vantagem do uso de leguminosas como cobertura de solo, pois a liberação de N é mais lenta em relação aos adubos nitrogenados químicos, gerando menor risco de poluição ao ambiente.

Uma característica importante da ervilhaca é sua alta taxa de decomposição dos seus resíduos culturais ficando o solo fica desprotegido logo no início do cultivo, e fazendo com que não ocorra uma sincronia entre a liberação de N com a demanda de N pelo milho (SILVA *et al.*, 2006; AITA; GIACOMINI, 2003). No trabalho de Acosta *et al.* (2014) a ervilhaca levou em torno de 49 dias para decompor a metade da quantidade dos seus resíduos, sendo uma planta que obtêm maiores teores de N, menor relação C/N e teores de celulose (ESPINDOLA *et al.*, 1998).

2.1.2 Aveia-preta

A aveia-preta (*Avena strigosa*) é um dos principais cereais de inverno utilizado como planta forrageira e, principalmente, para cobertura do solo no período de inverno. Com o avanço do plantio direto é utilizada como cultura antecessora na semeadura da soja e do milho (MENEZES *et al.*, 2007) devido as suas características de rusticidade, capacidade de perfilhamento, resistência a pragas e doenças, rapidez na formação da cobertura do solo, e a elevada produção da fitomassa (CRUSCIOL *et al.*, 2008).

A aveia-preta apresenta adaptação a climas temperados ou subtropicais, com umidade relativa e temperaturas altas, chegando a ter produtividade variando de 10 a 30 toneladas de matéria verde por ha⁻¹, com 2 a 6 toneladas de matéria seca por ha⁻¹. A época de semeadura varia de março a junho, que depende das características de cada região, podendo ser realizada a lanço ou em linha (MACHADO, 2000). Em manejos conservacionistas preconiza-se a manutenção de palhada sobre o solo, que é condicionado pela adição de resíduos com alta relação C/N, sendo a aveia-preta a principal espécie utilizada na região sul do país.

No trabalho realizado por Aita (2001), a aveia liberou 38% aos 30 dias e de 54% aos 120 dias, condicionando uma menor taxa de liberação de N em comparação com plantas da família Fabaceae. Quando o milho é cultivado em sucessão a aveia ocorre redução na disponibilidade e consequente absorção de N e a redução da produtividade devido à alta relação C/N dos resíduos adicionados ao solo.

Como é uma planta que apresenta menores concentrações de N em sua composição, é necessário um período maior para ocorrer a decomposição e como consequência os nutrientes são disponibilizados lentamente e tardiamente para a cultura sucessora (HEINRICHS *et al.*, 2001). Porém, com sua baixa taxa de decomposição determina uma melhor proteção ao solo, determinado por um trabalho de Bortolini *et al.* (2000).

2.2 A DINÂMICA DE DECOMPOSIÇÃO DAS PLANTAS DE COBERTURA

O processo de decomposição da cobertura vegetal (palhada) é realizado majoritariamente por organismos heterotróficos do solo para obtenção de energia e formação de tecido microbiano (Aita, 2001). Por tratar-se de um processo biológico, as condições ambientais são determinantes na velocidade com que ocorre a decomposição de liberação de N dos resíduos culturais. Além disso, outros fatores interferem nas taxas de decomposição dos

resíduos culturais como o contato da matéria vegetal com o solo, a precipitação, a quantidade de N inorgânico adicionado, a temperatura, teores de lignina e polifenóis presentes nas plantas e a concentração de N, relação C/N influenciada pelo tipo de planta e o estágio de maturação que são adicionados ao solo (MONTEIRO *et al.*, 2002).

No entanto a relação C/N dos resíduos possui maior enfoque na decomposição e na relação entre mineralização e imobilização de N pela biomassa microbiana, ou seja, a decomposição está inversamente proporcional a relação C/N (ACOSTA *et al.*, 2014). Na literatura sobre dinâmica de decomposição de plantas de cobertura demonstram que relações C/N menores obtêm maiores taxas de decomposição, enquanto maiores relações a decomposição é mais lenta.

2.2.1 Qualidade do resíduo para liberação de nutrientes

A relação C/N é um dos principais fatores que envolvem a qualidade do resíduo vegetal que são classificados fins de ciclagem de nutrientes em três tipos: 1) os de alta qualidade, que apresentam baixa relação C/N, baixos teores de lignina e promovem baixa proteção do solo; 2) os de qualidade intermediária, que promovem uma proteção do solo por um período mais longo, e não tem efeitos claros no desempenho da cultura sucessora; 3) e os de baixa qualidade, que apresentam alta relação C/N e altos teores de lignina, como as gramíneas, que permanecem por longo período de tempo na superfície do solo. Mas ao contrário quando relaciona a proteção do solo os resíduos vegetais que apresentam alta relação C/N são os de maior qualidade (TIAN, 1993).

As plantas de cobertura podem ser classificadas em relações C/N maiores que 30 promovendo a predominância de imobilização líquida do N, devido que os requerimentos desses nutrientes pelos microrganismos tornam-se maiores que o fornecido pelos processos de decomposição da matéria orgânica, tornando a decomposição lenta (Poaceae). Após que os compostos são metabolizados a relação C/N diminui e ocorre a imobilização do N. Mas se ocorrer aproximadamente relação C/N abaixo de 20, aumentam os níveis de N mineral do solo ocasionando decomposição rápida. Já os valores intermediários (25/1) promovem um equilíbrio entre mineralização e imobilização (VIEIRA, 2017; ALVARENGA *et al.*, 2001).

A taxa de decomposição está relacionada com as características químicas do resíduo vegetal, com os teores de hemicelulose e celulose. Os resíduos que apresentam maiores teores

de celulose e hemicelulose, ocorre em maior velocidade de decomposição e maiores teores de lignina ocorre menor decomposição (SILVA *et al.*, 2010; PACHECO *et al.*, 2011). Em um trabalho realizado por Carvalho *et al.* (2009) os autores observaram que altos teores de lignina no tecido vegetal inibem a decomposição dos resíduos vegetais, favorecendo a cobertura do solo, porém, teores mais baixos ocorrem a decomposição elevada e por consequência uma ciclagem mais rápida dos nutrientes. Que se dá ao fato que os microrganismos possuem enzimas que degradam de amido, proteína e celulose, porém a lignina ocorra maior dificuldade de os microrganismos degradarem e por consequência permanecerá por mais tempo ao solo.

Os compostos solúveis possuem maior facilidade de decomposição, comparada com a fração recalcitrante, devido que os microrganismos utilizam mais rapidamente o carbono (C) e o N presentes na fração solúvel da palha. Após a exaustão dessa fração mais lábil, cresce a mineralização gradativa e taxas mais constantes de uma fração mais resistente ao ataque microbiano, no qual foi observado no estudo de Doneda (2010), que resíduos vegetais de aveia obteve menor proporção da matéria seca lábil tornando a decomposição dos resíduos culturais proporcionalmente às concentrações de nitrogênio e carbono da fração solúvel (AITA; GIACOMINI, 2003).

2.2.2 Fatores que influenciam a decomposição

As condições ambientais são determinantes no desenvolvimento das plantas de cobertura, sendo importantes na regulação da decomposição e liberação de N dos resíduos culturais (LANGELIER *et al.*, 2021). Nas práticas de cultivo o plantio direto mostra que as coberturas mortas aumentam os níveis de N, ocorrendo menores perdas de N mineral, devido a transformação do N inorgânico em N orgânico e reservatório de NH_4^+ ocorrendo mineralização e liberação de N orgânico sintetizado e o NH_4^+ tendo como consequência a disponibilidade N para a absorção de N pela cultura subsequente (CHEN *et al.*, 2021).

A prática de incorporação dos resíduos sofre efeito na decomposição e liberação dos resíduos, em um estudo realizado por Alcântara *et al.* (2000) observou que plantas da família Fabaceae, quando os resíduos foram incorporados, apresentou maiores capacidades de reciclar e mobilizar nutrientes devido a maior produção de biomassa e das maiores concentrações de nutrientes.

Na região do Cerrado, ocorrem altas taxas de decomposição devido as condições edafoclimáticas, em relação à estacional idade das chuvas, às temperaturas elevadas e à radiação

solar, principalmente que a decomposição (precipitação pluviométrica) interfere na umidade do solo (CARVALHO, 2005). Ceretta *et al.* (2002) observaram que a decomposição de palha de aveia-preta foi favorecida pela ocorrência do fenômeno El Niño, ou seja, anos com maior quantidade de chuvas. Na região de Curitiba, onde é o inverno rigoroso e o verão ameno, poucos são os estudos que avaliaram a decomposição de plantas de cobertura (ZANATA *et al.*, 2015; LOCATELLI, 2018; FILHO, 2019).

2.3 LIBERAÇÃO DE N PELAS PLANTAS DE COBERTURA E ABSORÇÃO POR CULTURAS SUBSEQUENTES

A prática de utilização de plantas de cobertura exerce influência na liberação de N e consequentemente a quantidade de N que a cultura absorve. Alguns autores destacam a importância de conhecer esses aspectos para que obtenha maiores produtividades na cultura sucessora.

Ziech *et al.* (2016), no seu estudo conduzido na região de Dois Vizinhos no estado do Paraná, com o objetivo de avaliar os efeitos das plantas de cobertura e doses de N mineral sobre os componentes de rendimento e a produtividade do milho, mostraram que na ausência de N mineral, os maiores rendimentos de grãos de milho foram obtidos em sucessão ao tremoço branco, à ervilhaca comum e o nabo forrageiro, comparadas com azevém, à aveia-preta e ao centeio.

Zanata *et al.* (2015), realizaram um estudo na região de Curitiba, sendo utilizado para o experimento as culturas de aveia-branca, aveia-preta, azevém, canola, cevada, ervilhaca, nabo forrageiro e trevo vermelho e posterior e a semeadura do milho, no qual as maiores produtividades do milho (7.217 kg ha^{-1}) ocorreram com a ervilhaca como planta de cobertura e adubação de cobertura seguido das outras plantas de cobertura que não diferiram estatisticamente.

Acosta *et al.* (2014), em uma avaliação de dinâmica de decomposição e a liberação de N de resíduos culturais de aveia-preta, ervilhaca peluda e nabo forrageiro após o manejo das plantas de cobertura, com coletas de bolsas de decomposição aos 7, 14, 27, 42, 63, 84, 113 e 141 dias, verificou que a ervilhaca com elevado conteúdo de N e baixa relação C/N, não apresentou imobilização líquida, liberando até 50% do N acumulado na fitomassa nos primeiros 30 dias. Com os resíduos de aveia-preta foi observada imobilização temporária de até 30 kg ha-

¹ de N, aproximadamente, 15 e 30 dias após o manejo, fazendo com que ocorresse a liberação parcial e tardia do nutriente.

Bortolini *et al.* (2000) semeando o milho com três níveis de adubação nitrogenada (0, 60 e 160 kg ha⁻¹) cultivado em três combinações de densidade de plantas de cobertura (100% aveia/ 67% aveia + 33% ervilhaca, 50% aveia + 50% ervilhaca, 33% aveia + 67% ervilhaca, e 100% ervilhaca, constataram que o N acumulado por planta de milho reduzia à medida que diminua a adubação nitrogenada aplicada à cultura, mas quando aumentava a proporção de ervilhaca no consórcio, aumentava a quantidade de N acumulado por planta de milho, que se deu ao fato da ervilhaca apresentar maior quantidade de N acumulado na fitomassa que é disponibilizado ao solo e aproveitado ao milho em sucessão.

França *et al.* (2011) conduziram um experimento na região de Eldorado do Sul com diferentes sistemas de culturas e doses de N e observaram que nos sistemas que apresentavam Fabaceae existiu maior disponibilidade de N em comparação com os sistemas constituídos de Poaceae.

Aita e Giacomini (2003) conduziram um estudo em Santa Maria, utilizando aveia-preta, ervilhaca comum e nabo forrageiro em sistema solteiro e consorciado, utilizando sacos de decomposição com coletas aos, 15, 29, 53, 59, 71, 82, 112 e 182 dias obtiveram como resultados que a maior quantidade de N liberado ocorreu nos primeiros 15 dias após o manejo, atingindo 36, 0 kg ha⁻¹ de N na ervilhaca, que equivale a 46% de N adicionado, após 182 dias após o manejo da Fabacea o N liberado foi de 56 kg ha⁻¹ de N contra apenas 15 kg ha⁻¹ na aveia.

Ceretta *et al.* (2002) realizaram um estudo utilizando diferentes épocas e quantidades de nitrogênio no perfilhamento da aveia, na semeadura do milho e na cobertura do milho e em outras parcelas do experimento sem aplicação de N no cultivo da aveia, ocorrendo aplicação somente na pré-semeadura do milho, semeadura do milho e cobertura do milho, tendo como resultado que aplicação de N no perfilhamento da aveia resulta em maiores produções de matéria seca, porém resulta menores produtividades de grãos do milho, e quando é realizada a aplicação de N em cobertura no milho a produtividade de grãos aumenta.

Silva *et al.* (2007) estudaram sobre o sistema de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos de milho em sucessão, no qual tiveram como resultado que a ervilhaca apresentou maior quantidade de N acumulada na parte aérea das plantas de cobertura (68 kg ha⁻¹), enquanto a aveia apresentou 50 kg ha⁻¹.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O estudo foi realizado na Área Experimental Agropecuária, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Campus Curitibanos, situado a 27°16'26.55" de latitude sul e 50°30'14,41" de longitude oeste, com altitude de aproximadamente de 1040 metros acima do nível do mar.

O solo predominante na área é classificado como Cambissolo Háptico de textura argilosa (SANTOS *et al.*, 2013) com os parâmetros químicos de matéria orgânica (MO): 47,52 g dm⁻³; fósforo (P): 17,25 mg dm⁻³; potássio (K): 78,00 mg dm⁻³; pH: 6,0; alumínio (Al³⁺): 0 cmol_c dm⁻³; cálcio (Ca²⁺): 10,72 cmol_c dm⁻³; magnésio (Mg²⁺): 5,44 cmol_c dm⁻³ CTC pH₇ 21,32, CTC efetiva 16,36 e saturação de base: 76,74%. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é temperado (Cfb), com temperatura média anual entre 16°C e 17°C e precipitação média de 1500 a 1700mm (ALVARES *et al.*, 2013). A área do experimento vinha sendo cultivada em anos anteriores com aveia no inverno e milho no verão.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido na safra 2020/2021 em delineamento blocos casualizados (DBC), com dois tratamentos e três períodos de manejo, em parcelas com dimensões de 4,5 x 8 m. Os tratamentos consistiram em cultivo de ervilhaca (*Vicia sativa*) e aveia-preta (*Avena strigosa*) utilizando diferentes datas de dessecação das plantas de cobertura. Constituíram-se assim os seguintes tratamentos: T1- Aveia-preta dessecada 28 DAS; T2 Ervilhaca dessecada 28 DAS; T1 Aveia-preta dessecada 14 DAS; T2 Ervilhaca dessecada 14 DAS; T1 Aveia-preta dessecada 0 DAS; T2 Ervilhaca dessecada 0 DAS.

A quantidade de sementes utilizada foi de 80 kg ha⁻¹ de aveia-preta e 60 kg ha⁻¹ de ervilhaca. As plantas de cobertura foram semeadas de forma mecanizada (18/05/2020), não sendo realizada adubação de base e de cobertura. O manejo da dessecação das plantas de cobertura ocorreu, 28 DAS, 14 DAS, 0 DAS (Tabela 4) com a aplicação de herbicida Roundap® na dose de 3 L ha⁻¹, Hussar® na dose de 80 g ha⁻¹ e Select® na dose de 450 ml ha⁻¹.

Tabela 1- Datas referentes as épocas de dessecação de aveia-preta e ervilhaca.

Tratamentos	Data Manejo
28 DAS	02 de outubro de 2020
14 DAS	16 de outubro de 2020
0 DAS	30 de outubro de 2020

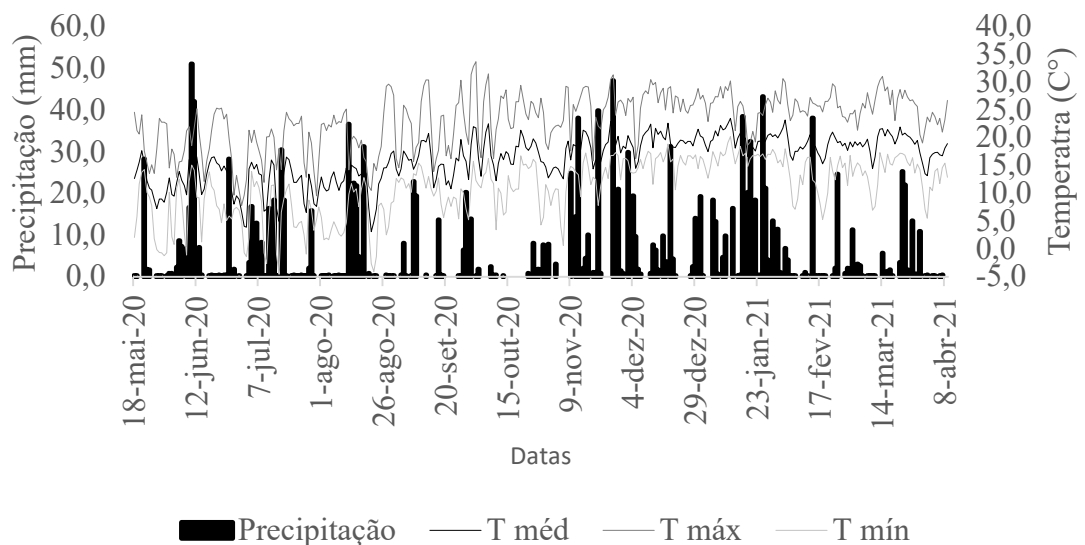
DAS-Dias antes da sementeira

Fonte: autora

3.3 DADOS CLIMÁTICOS

Durante o período de condução do experimento (Figura 3) a temperatura média do ar variou de 3,1 a 23,5 °C e a precipitação total foi de 1498 mm, com o maior volume (287,4 mm) ocorrendo no mês de janeiro de 2021 e o menor (34,8 mm) em outubro de 2020. De acordo com dados da estação meteorológica da EPAGRI (2021), nos meses de setembro e outubro de 2020, a precipitação ficou abaixo da média, ocasionando uma estiagem histórica para a região afetando as áreas de produção especialmente no estado de Santa Catarina. As temperaturas médias registradas no período do experimento a campo foram de 11 °C (mínima), 16,2 °C (média) e 23,1 °C (máxima). O mês de janeiro foi o mês mais quente, com temperatura média de 19,8 °C, mínima de 16,6 °C e máxima de 25,3 °C.

Figura 1-Temperatura máxima, mínima e média, e precipitação durante a condução do experimento, Curitibanos, SC, 2020/21.



Fonte: Estação Meteorológica Área Experimental UFSC Curitibanos (CIRAM/EPAGRI); UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2020/21.

3.4 PARÂMETROS AVALIADOS

3.4.1 Decomposição e liberação de N dos resíduos culturais

As plantas de cobertura em cada parcela foram retiradas de uma área de 0,16 m² (Figura 02.D), após a dessecação, coletadas com a ajuda de um quadrado de madeira medindo 0,4 m x 0,4 m. Esta amostragem foi feita com o objetivo de estimar a produção de massa seca dos resíduos vegetais de ervilhaca e aveia-preta. Uma subamostra destes resíduos vegetais foi utilizada para confeccionar os sacos de decomposição de tecido Voal (poliéster) com dimensões de 0,2 x 0,2 m, perfazendo uma área de 0,04 m² e malha de 0,5 mm ou *litter bags* segundo Bockock; Gilbert (1957). Os resíduos vegetais foram cortados e adicionados aos sacos de decomposição em quantidades proporcionais à produção de massa verde por ha⁻¹ de cada cultura (Figura 02.E). Em seguida, os sacos foram distribuídos na superfície do solo (Figura 02.F) em suas respectivas parcelas em cada data de avaliação, as coletas foram realizadas aos 7, 21, 45 e 90 dias após a dessecação das plantas de cobertura.

Depois de cada coleta dos sacos de decomposição no campo, os resíduos vegetais eram retirados do seu interior, submetidos à secagem em estufa a 65°C até massa constante, pesados para determinação da matéria seca remanescente, adição de massa seca e moídos em moinho de facas. No material seco e moído, foram determinadas as concentrações de N total de acordo com Tedesco *et al.* (1995).

Figura 2- Condução do experimento A) Implementação do experimento; B) Plantas de cobertura emergidas; C) Dessecação das plantas de cobertura; D) Corte das plantas de cobertura; E) Confeção dos sacos de decomposição; F) Sacos de decomposição nas respectivas parcelas para decomposição.



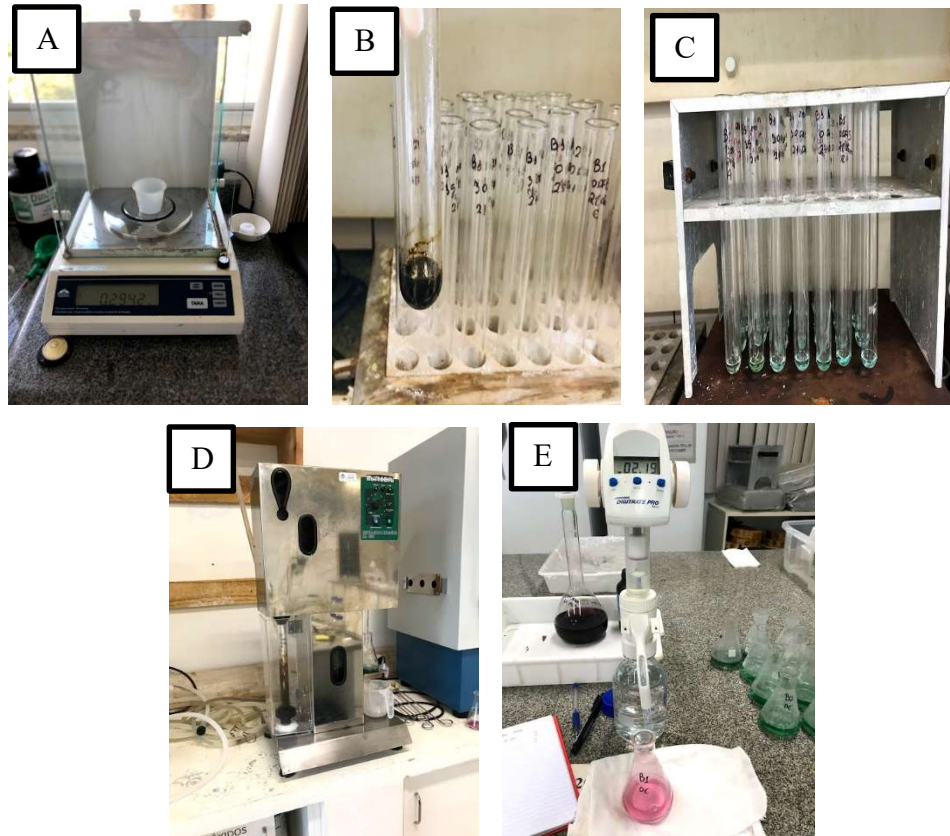
Fonte: autora.

3.4.2 Análise do nitrogênio total nos resíduos

A pesagem foi realizada utilizando 0,1 g de amostra moída das plantas de cobertura (Figura 03.A) e adicionava-se 2 ml de ácido sulfúrico concentrado e 1 ml de peróxido de hidrogênio e mais 1 g de um sal (90% de sulfato de potássio e 10 % de sulfato de cobre). Posteriormente as amostras eram colocadas em um bloco digestor (350 °C) (Figura 3.B) até os tubos com a amostra apresentar uma coloração verde (Figura 3.C).

As amostras foram retiradas do bloco digestor e no tubo de ensaio foram adicionados 10 ml de NaOH 40% (hidróxido de sódio), e foram colocadas em um destilador de Kjeldhal (Figura 3.D) que era fixado com 10 ml de ácido bórico 2% com indicador e assim realizado a titulação com HCl 0,01296 M (Figura 3.E) (TEDESCO *et al.*,1995).

Figura 3- Etapas da análise do nitrogênio A) Pesagem das amostras; B) Amostras antes de serem digeridas; C) Amostras após a digestão apresentando a coloração verde-claro; D) Amostras destiladas; E) Titulação das amostras com o fixador.



Fonte: autora

A concentração de N no tecido vegetal foi calculada a partir da seguinte equação:

$$N (g kg^{-1}) = \frac{(amostra - branco) * Normalidade \acute{a}cido * 14}{massa amostra}$$

As taxas de decomposição e de liberação de N dos resíduos culturais das plantas de cobertura foram estimadas ajustando-se modelo de regressão não linear, conforme proposto por Wieder; Lang (1982).

$$NR, MS = Ae^{-bt}$$

Onde NR= percentagem de N remanescente, MS= percentagem de massa seca
Compartimento decomponível (A); Taxa de decomposição (b); tempo em dias (t).

A partir dos valores da constante de decomposição da MS ou da liberação de N, calculou-se o tempo de meia vida ($t_{1/2}$), que corresponde ao tempo necessário para que 50% da MS do compartimento seja decomposta e 50% do N seja liberado. Conforme descrito por Paul e Clark (1996).

$$t_{1/2} = 0,693/b$$

Onde $t_{1/2}$ - Tempo de meia-vida; 0,693-constante; b- Taxa de decomposição/ ou b- taxa de liberação do N.

Utilizando os modelos ajustados para a liberação de N em cada tratamento, estimou-se a liberação cumulativa de N durante o período de avaliação. Para isso, multiplicou-se a percentagem de liberação do nutriente em cada coleta, obtida através dos modelos, pelas quantidades iniciais de N (kg ha^{-1}) contidas nos sacos de decomposição (AITA; GIACOMINI, 2003).

3.5 SEMEADURA DO MILHO

A semeadura do milho ocorreu após o último tratamento de dessecação, o híbrido utilizado foi o FS 450 PW, que apresenta características de alto potencial produtivo e superprecocidade, sendo recomendado para o cultivo em safra e 2º safra com a finalidade para grãos (FORSEED, 2021). Foi utilizada uma semeadora adubadora com densidade de 75.000 plantas ha^{-1} , no espaçamento de 0,80 metros entre linhas de acordo com a região e época de plantio. Na adubação de base foi utilizado 250 kg ha^{-1} de fertilizante NPK 09-33-12, juntamente com KCl em cobertura na dose de 86 kg ha^{-1} . No estágio fenológico V4 do milho (03/12/2020) foi realizada a adubação nitrogenada de cobertura, utilizando ureia (45% N) na dose de 133 kg ha^{-1} nos tratamentos com cultivo antecessor de ervilhaca e 200 kg ha^{-1} com aveia-preta.

3.5.1 Avaliação do milho

A produtividade do milho foi avaliada mediante colheita de todas as espigas separados por tratamento, seguidas de secagem em estufa a 65° C e após debulha mecanizada realizando a pesagem dos grãos com uma balança de balcão.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram avaliados estatisticamente utilizando o teste de variância ANAVA, e quando foi significativa foi realizado o teste de Tukey com 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR. Comparando o período de dessecação de aveia-preta e ervilhaca nos três diferentes períodos de dessecação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ADIÇÃO DE MASSA SECA E N PELAS PLANTAS DE COBERTURA

A produção de biomassa da ervilhaca ($7,2 \text{ Mg ha}^{-1}$; média das três datas) foi maior do que para a aveia ($3,4 \text{ Mg ha}^{-1}$). O bom desempenho da ervilhaca no presente estudo pode ser atribuído às condições de solo favoráveis ao crescimento da leguminosa, como pH próximo a 6,0 e solo com alto conteúdo de matéria orgânica. A relativa baixa produção de biomassa de aveia-preta pode ser justificada pelo cultivo da aveia sobre resíduos culturais de milho e pela ausência de adubação nitrogenada na cultura (CERETTA *et al.*, 2002). No presente trabalho optou-se pela não aplicação de N na aveia utilizada como planta de cobertura de solo por tratar-se de uma prática pouco usual na região quando a espécie é utilizada unicamente com a finalidade de cobertura do solo.

A quantidade média de N adicionada pelas culturas foi de 141,7 e 19,3 kg ha^{-1} para os resíduos de ervilhaca e aveia, respectivamente. Estes resultados estão de acordo com os observados na literatura para a região Sul do Brasil (AITA *et al.*, 2004; CERETTA *et al.*, 2002). Os dados observados no presente estudo suportam as recomendações de dessecação que sugerem o cultivo da ervilhaca como potencial fonte de N para a cultura subsequente.

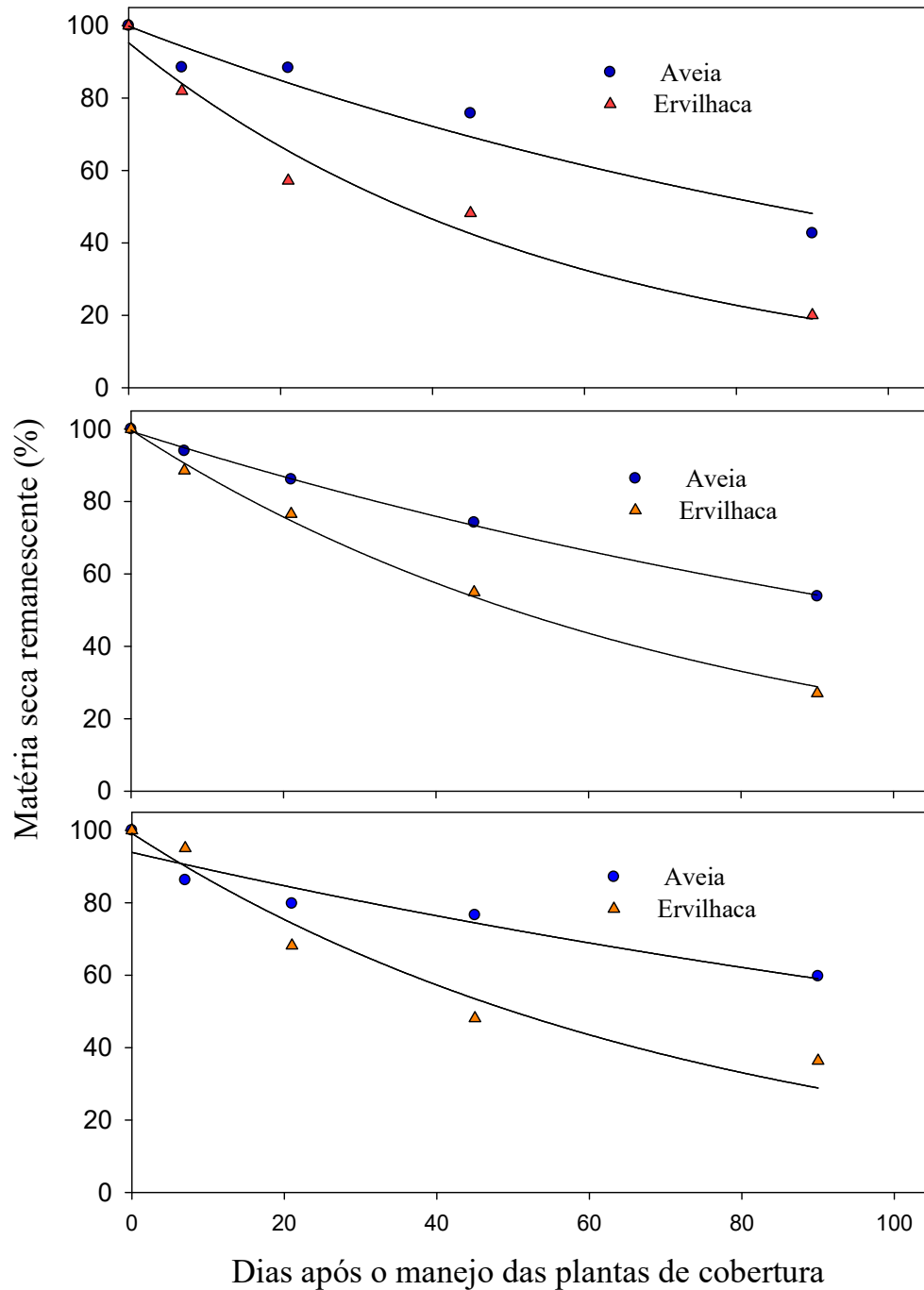
4.2 DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE N DOS RESÍDUOS CULTURAIIS

A curva do gráfico de matéria seca remanescente dos resíduos culturais das plantas de cobertura, foi similar em todos os períodos de dessecação realizados (Figura 4). A cinética de decomposição se caracterizou por uma fase mais rápida no início das avaliações seguida de uma fase mais lenta com o passar do tempo, assim como reportado por outros estudos (GIACOMINI *et al.*, 2003; AITA *et al.*, 2001). No início do processo de decomposição existe uma fração lábil, de fácil assimilação pelos microrganismos, a qual é prontamente consumida e explica a rápida perda de biomassa nos primeiros dias após a dessecação. Além disso, as chuvas que ocorrem após a dessecação das plantas de cobertura podem remover alguns compostos solúveis, o que também contribui para diminuição da massa seca remanescente.

De maneira geral, a decomposição dos resíduos culturais da ervilhaca ocorreu mais rapidamente do que os resíduos de aveia-preta, o que coincide com os resultados obtido por

Acosta et al. (2014). Segundo os autores, as diferenças entre taxas de decomposição se devem principalmente à distinta relação C/N dos resíduos culturais. Ao final dos 21 dias do período de dessecação das plantas de cobertura, a quantidade de MS remanescente na superfície do solo para a aveia-preta foi de 88,3, 86,1 e 79,8%, enquanto para a ervilhaca foi de 57,2, 76,6 e 68,2%, para os 28, 14 e 0 DAS, respectivamente. Já ao final dos 90 dias de avaliação, a quantidade de MS remanescente de aveia-preta foi de 42,7, 53,8 e 59,7 %, enquanto para ervilhaca foi de 20, 27 e 36,3%, para os 28, 14 e 0 DAS, respectivamente, que é explicado pela relação C/N dos resíduos, conferindo maior decomposição para ervilhaca comparando com aveia-preta

Figura 4 Matéria seca remanescente dos resíduos culturais de plantas de cobertura, em avaliações realizadas no campo até 90 dias após a distribuição das bolsas de decomposição na superfície do solo. A) Dessecação 28 Dias antes da semeadura do milho (DAS) ; B) Dessecação 14 DAS; C) Dessecação 0 DAS.



Fonte: autora

O compartimento A (estimativa do modelo como “fração decomponível”) de aveia e ervilhaca não diferiu entre as culturas (Tabela 2). Isso significa que de acordo com o ajuste do

modelo, os resíduos de aveia e ervilhaca apresentam uma proporção decomponível semelhante, ou seja, ambos devem decompor quase que na sua totalidade. Porém, o modelo também indicou que as maiores taxas de decomposição ocorreram para a ervilhaca em todas as datas de manejo, resultando em menores tempos de meia vida ($t_{1/2}$) da MS deste compartimento de 54, 51 e 52 dias para ervilhaca e de 87, 107 e 158 dias para aveia-preta, o que corrobora com Giacomini *et al.*(2003) que observaram maior taxa de decomposição e menor tempo de meia vida para ervilhaca do que para aveia-preta. Em outras palavras, isso significa que os resíduos culturais de ervilhaca devem permanecer menos tempo cobrindo e protegendo a superfície do solo quando comparado aos resíduos da aveia-preta. Isso representa uma vantagem na utilização da aveia preta quando considerado o efeito da proteção contra processos erosivos (CRUSCIOL *et al.*, 2008).

Tabela 2- Parâmetros do modelo ajustado aos valores observados de carbono remanescente, tempo de meia vida ($t_{1/2}$) de cada compartimentos dos resíduos culturais e valores de r^2 de cada tratamento.

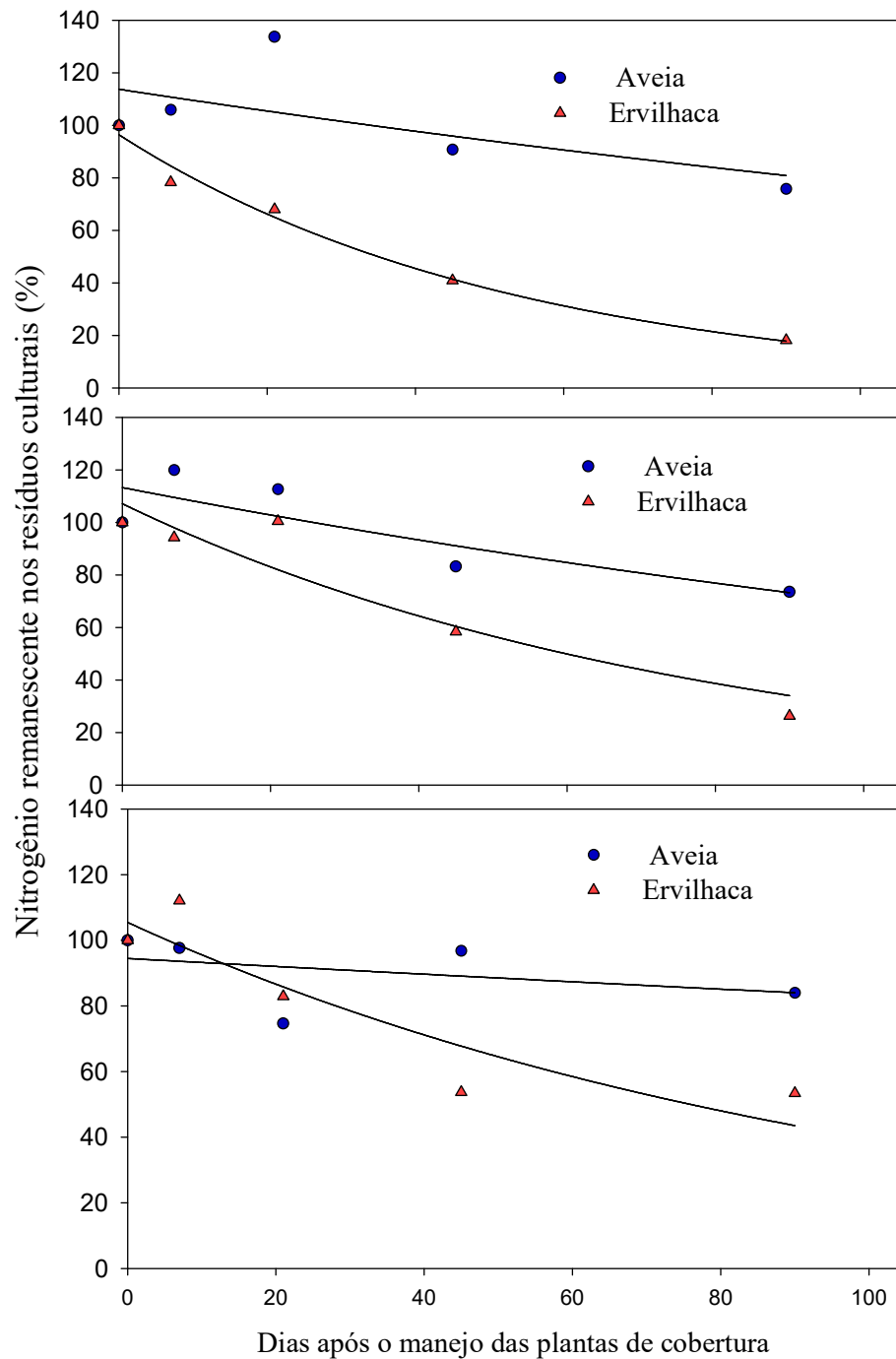
		Aveia	Ervilhaca
28 DAS	A	98,42 a	95,29 a
	b	0,008025 b	0,017975 a
	$t_{1/2}$	87	54
	r^2	0,87	0,92
14 DAS	A	99,47 a	99,81 a
	b	0,006800 b	0,013850 a
	$t_{1/2}$	105	51
	r^2	0,98	0,98
0 DAS	A	93,98 a	99,32 a
	b	0,005225 b	0,014150 a
	$t_{1/2}$	140	53
	r^2	0,83	0,91

A- Compartimento. b Taxa de decomposição. $t_{1/2}$ Tempo de meia vida em dias *Médias seguidas por letras iguais, na linha, não diferem entre si segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fonte: autora

O N remanescente (NR) nos resíduos culturais seguiu o mesmo comportamento observado para a MS remanescente (Figura 5).

Figura 5-Nitrogênio remanescente dos resíduos culturais de plantas de cobertura, em avaliações realizadas no campo até 90 dias após a distribuição das bolsas de decomposição na superfície do solo. A) Dessecação 28 Dias antes da semeadura do milho (DAS); B) Dessecação 14 DAS; C) Dessecação 0 DAS



Fonte: autora

Em todos as avaliações, a ervilhaca apresentou as menores quantidades de N remanescente nos resíduos culturais. Na quarta amostragem, realizada 45 dias após da

distribuição dos sacos de decomposição no campo, o N remanescente era de apenas 40,9, 58,4 e 53,7% aos 28, 14 e 0 DAS, respectivamente. Na aveia-preta, as quantidades de N remanescente nos resíduos culturais foram de 75,8, 83,2 e 96,8% para as datas 28, 14 e 0 DAS, respectivamente. Estes resultados corroboram com AITA *et al.* (2001), que observaram grande proporção do N liberado dos resíduos culturais da ervilhaca já nos primeiros 30 dias após a dessecação das plantas. Após os 90 dias percebe-se que a quantidade de N remanescente para aveia-preta dessecada aos 28,14 e 0 DAS foi de 75,8, 73,6, 84,0% respectivamente, enquanto que para a ervilhaca dessecada 28, 14 e 0 DAS, foi de 26,3, 53,5, 53,4% respectivamente, que está atribuído as condições climáticas, nos resíduos culturais da ervilhaca é baixa, indicando que quase todo o N contido nos resíduos culturais foi disponibilizado para o solo (COSTA *et al.*, 2014).

No modelo de regressão não linear utilizado para estimar a taxa de decomposição da MS e liberação de N, o compartimento A indica a quantidade de N passível de liberação ao longo do tempo. Este compartimento diferiu entre aveia-preta e ervilhaca somente para a dessecação 28 DAS. Os valores de b foram sempre maiores para os resíduos da ervilhaca, fazendo com que a ervilhaca apresente menor tempo para ocorrer a liberação do N, corroborando com outros estudos em que a ervilhaca tem se constituído eficiente fonte de N para a cultura do milho, quando manejada próxima a semeadura (GIACOMINI *et al.*, 2003; HEINRICHS *et al.*, 2001). Em geral, a liberação do N está intimamente relacionada com a decomposição dos resíduos culturais. Em função disso, observa-se semelhança entre as taxas de decomposição e a liberação de N dos resíduos culturais (Tabelas 2 e 3).

Com relação ao tempo de meia vida, o período de dessecação dos tratamentos resultou em 191, 158 e 335 dias para aveia-preta e 36, 54 e 72 dias para ervilhaca, nos tratamentos 28, 14 e 0 DAS, respectivamente. Tais dados corroboram com dados de Teixeira *et al.* (2011), que encontraram menores tempos de meia/vida para plantas de cobertura que apresentavam maior taxa de decomposição e menores relações C/N, influenciando no tempo necessário para que 50% dos N seja liberado no solo. Outro fator a ser considerado é que quanto menor a taxa de decomposição, maior será o tempo de meia vida, que pode ser explicado principalmente pela época de manejo, maturação da planta, teores de lignina e condições climáticas (MONTEIRO *et al.*, 2002.)

Tabela 3- Parâmetros do modelo ajustado aos valores observados de nitrogênio remanescente, tempo de meia vida ($t_{1/2}$) de cada compartimentos dos resíduos culturais e valores de r^2 de cada tratamento.

		Aveia	Ervilhaca
28 DAS	A	109,88 b	96,93 a
	b	0,003650 b	0,019725 a
	$t_{1/2}$	191	36
	r^2	0,32	0,93
14 DAS	A	113,57 a	107,29 a
	b	0,005250 b	0,013025 a
	$t_{1/2}$	158	54
	r^2	0,55	0,85
0 DAS	A	96,85 a	105,64 a
	b	0,002075 b	0,010275 a
	$t_{1/2}$	335	72
	r^2	0,23	0,76

A- Compartimento. b Taxa de liberação de N.

*Médias seguidas por letras iguais, na linha, não diferem entre si segundo o teste de Tukey a

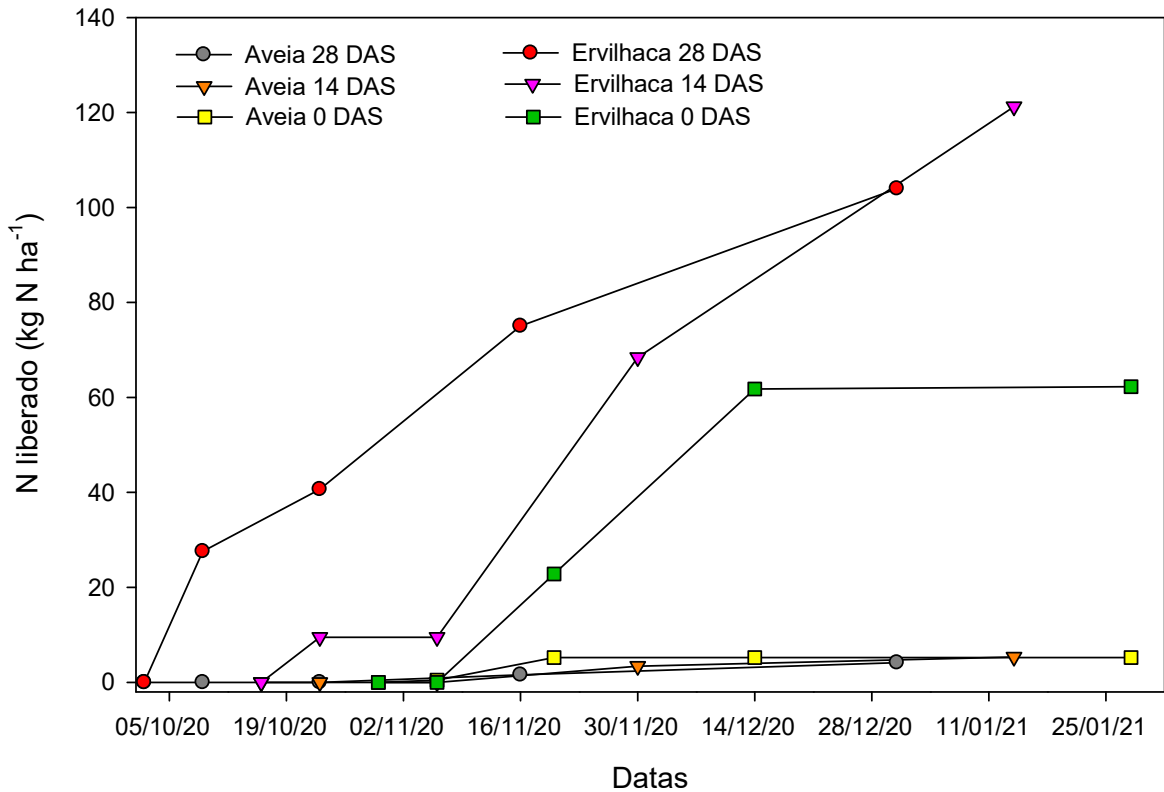
5% de probabilidade

Fonte: autora

4.3 LIBERAÇÃO ACUMULADA DE N DOS RESÍDUOS CULTURAIS

As quantidades acumuladas de N liberadas pelos resíduos culturais em cada época de dessecação são apresentadas na Figura 6. De maneira geral, apenas os resíduos de ervilhaca apresentaram liberação expressiva de N para o solo. A ervilhaca manejada 28 DAS apresentou liberação de aproximadamente 53 kg N ha⁻¹ contido nos resíduos culturais (equivalente a 38 % do total) até o dia da sementeira do milho. Aita e Giacomini (2003) observaram liberação de 60% do N contido nos resíduos da ervilhaca nos primeiros 30 dias após a dessecação. Possivelmente as condições climáticas no presente estudo (temperatura mais amena) justifique a menor liberação de N comparado ao estudo citado anteriormente. Estes resultados sugerem que a dessecação da ervilhaca 28 DAS pode disponibilizar grandes quantidades de N de forma muito antecipada, antes mesmo da sementeira do milho. O N liberado dos resíduos culturais para o solo torna-se passível de perdas, o que pode reduzir o aproveitamento pela cultura em sucessão.

Figura 6- Liberação acumulada de N no período de dessecação aos 28, 14 e 0 DAS nas plantas de cobertura de aveia-preta e ervilhaca.



Fonte: autora

A dessecação realizada aos 14 DAS melhorou a sincronia entre liberação de N para o solo e demanda nutricional do milho. Na semeadura do milho para esta época de dessecação apenas 10 kg N ha⁻¹ haviam sido liberados dos resíduos culturais da ervilhaca. De forma semelhante, a dessecação da ervilhaca 0 DAS não resultou em liberação de N para o solo antes da semeadura do milho. A baixa liberação de N dos resíduos culturais antes da semeadura ou a liberação do N somente após a semeadura são situações que devem melhorar a disponibilidade de N para a cultura em sucessão. Giacomini *et al.* (2004) sugerem que a cultura em sucessão seja implantada o mais rapidamente possível após a dessecação da ervilhaca.

No resíduo vegetal de aveia-preta a liberação de N foi muito pequena nos três períodos de dessecação da cultura, com baixa contribuição para a cultura do milho. A alta relação C/N da aveia-preta resulta em imobilização do N pelos microrganismos decompositores e, conseqüentemente, menor liberação de N para o solo. Concordando com os dados de Aita e

Giacomini (2003), que verificaram que após 182 dias de dessecação das plantas de cobertura o N liberado na aveia foi de apenas 15 kg N ha⁻¹.

No final do experimento, aos 90 dias após a dessecação das plantas de cobertura, a quantidade de N liberada dos resíduos culturais de ervilhaca foi superior à aveia-preta.

Os resultados deste trabalho, sugerem que a condição ideal para realizar a dessecação das plantas de cobertura e obter maior aproveitamento do N para a cultura sucessora é realizar a dessecação da ervilhaca o mais próximo possível da semeadura do milho. No caso da aveia-preta, os resultados do presente trabalho sugerem não haver contribuição significativa do N presente nos resíduos culturais para a cultura em sucessão.

4.4 PRODUTIVIDADE DO MILHO

Não houve diferença estatística entre os tratamentos estudados para a variável de produtividade do milho (Tabela 4) tendo como produtividade média de 4.586,73 kg ha⁻¹. Durante a condução do experimento ocorreu infestação de cigarrinha *Dalbulus maidi* na cultura do milho, ocorrendo enfezamentos na cultura e afetando a produtividade. Essa praga atingiu todo o Brasil, causando grandes impactos na produção de grãos de milho na safra 2019/20 (CANALE; RIBEIRO, 2021).

Outro fator limitante à produtividade que ocorreu na área experimental foi a estiagem no ano de 2020, seguida de fortes precipitações no mês de novembro. Essas precipitações acarretaram em inundações nas parcelas, resultando mal estabelecimento da cultura do milho.

No trabalho realizado por Aita *et al.* (2001), a produtividade de grãos de milho sem a aplicação de N em cobertura, alcançou uma média de 4.549 kg ha⁻¹ quando cultivado sobre resíduo de ervilhaca, enquanto no cultivo sobre aveia-preta a produtividade foi de 2.188 kg ha⁻¹. Isso demonstra a importância da utilização de ervilhaca como cultura fornecedora de nitrogênio para a cultura sucessora.

Tabela 4- Produtividade do milho em kg ha⁻¹ na cidade de Curitiba na safra 20/21

Tratamentos	Produtividade, kg ha ⁻¹
28 DAS Aveia-preta	4387,2
14 DAS Aveia-preta	4920,2
0 DAS Aveia-preta	4274,2
28 DAS Ervilhaca	4866,7
14 DAS Ervilhaca	4086,2
0 DAS Ervilhaca	4985,9

Fonte: autora

5 CONCLUSÕES

Com base no estudo sobre dinâmica de decomposição e liberação do nitrogênio, pode-se concluir:

Os diferentes períodos de dessecação da aveia preta não interferiram na liberação de N.

A dessecação da ervilhaca mais próximo da semeadura do milho apresentou melhores resultados para a liberação de N.

O tempo de meia vida para ervilhaca foi menor comparado com aveia-preta para todos os períodos de manejo

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, José Alan de Almeida; AMADO, Telmo Jorge Carneiro; SILVA, Leandro Souza da; SANTI, Anderson; WEBER, Mirla Andrade. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 44, n. 5, p. 801-809, 2014.
- AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; ROS, C. O. da. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001.
- AITA, C.; CERETTA, C.A.; THOMAS, A.L.; PAVINATO, A. & BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p. 101-108, 1994.
- 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.
- AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; HÜBNER, A.P.; CHIAPINOTTO, I.C. & FRIES, M.R. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. I - Dinâmica do nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28 p.739-749, 2004.
- ALCÂNTARA, Flávia Aparecida de; FURTINI NETO, Antonio Eduardo; PAULA, Miralda Bueno de; MESQUITA, Hugo Adelande de; MUNIZ, Joel Augusto. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.
- ALCÂNTARA, Paulo B.; BUFARAH, Gilberto. **Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas**. Ed. Nobel, 4º Ed. São Paulo, 1992. 162p.
- ALVARENGA, Ramon Costa.; CABEZAS, Waldo Alejandro Lara; CRUZ, José Carlos; SANTANA, Derli Prudente. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, p.25-36, 2001.
- ALVARES, Clayton Alcarde; STAPE, José Luiz; SENTELHAS, Paulo Cesar, MORAES GONÇALVES, José Leonardo, SPAROVEK, Gerd. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n 6, p. 711–728, 2013.
- BOCOCK, K. L; GILBERT, O. The disappearance of leaf litter under different woodland conditions. **Plant Soil**, v.9, p. 179-185, 1957.
- BORKERT, C.M. *et al.* Nutrientes minerais na biomatéria da parte aérea em culturas de coberturas de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.143-153, 2003.

BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. Efeito de resíduos de plantas jovens de aveia-preta em cobertura de solo no crescimento inicial do milho. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 6, p. 83-88, 2000.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. P.; COSTA, M. B. B.; ALCANTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. **Adubação verde no sul do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, p.346, 1993.

CANALE, M. C., & RIBEIRO, L. do P. Panorama do problema e ações de mitigação dos impactos causados pela cigarrinha-do-milho e complexo de enfezamentos em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v.34, n.2, 2021.

CARVALHO, A.M.de; AMABILE, R. F. **Cerrado Adubação Verde**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2006. 369p.

CARVALHO, A.M; BUSTAMANTE, M; ALCANTARA, F; RESCK, I; LEMOS, S. Characterization by solid-state CPMAS ¹³C NMR spectroscopy of decomposing plant residues in conventional and no-tillage systems in Central Brazil. **Soil And Tillage Research**, v. 102, n. 1, p. 144-150, 2009.

CARVALHO, Arminda Moreira de. **Uso de plantas condicionadores com incorporação e sem incorporação no solo: composição química e decomposição dos resíduos vegetais; Disponibilidade de fósforo e emissão de gases**. 2005. 199 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ecologia, Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; FLECHA, A. M. T.; PAVINATO, P. S.; VIEIRA, F. C. B.; MAI, M. E. M.. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 1, p. 163-171, 2002.

CHEN, Huaihai; LIU, Yan; LÜ, Liping; YUAN, Lei; JIA, Jingchao; CHEN, Xin; MA, Jian; ZHAO, Jinxi; LIANG, Chao; XIE, Hongtu. Effects of no-tillage and stover mulching on the transformation and utilization of chemical fertilizer N in Northeast China. **Soil And Tillage Research**, v. 213, 2021.

CHERUBIN, Mauricio Roberto. R.; FABRIS, Cristiano.; WEIRICH, Sidinei Wolnei.; DA ROCHA, Edson Miguel Telles.; BASSO, Claudir José.; SANTI, Antônio Luis.; LAMEGO, Fabiane Pinto. Desempenho agrônômico do milho em sucessão a espécies de cobertura do solo sob sistema plantio direto no sul do Brasil. **Global Science and Technology**, v. 7, n. 1, 2014.

CRUSCIOL, C.A.C.; MORO, E.; LIMA, E. do V.; ANDREOTTI, M. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia-preta em plantio direto. **Bragantia**, v.67, p.481-489, 2008.

DA ROS, C.O. & AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 20, p. 135-140, 1996.

DONEDA, Alexandre. **Plantas de cobertura de solo consorciadas e em cultivo solteiro: Decomposição e Fornecimento de Nitrogênio ao milho**. 2012. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência do Solo, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

EPAGRI. . **Balço Epagri 2020: Esforços contra a estiagem**. 2021.

ESPÍNDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; TEIXEIRA, M.G.; URQUIAGA, S. & PERIN, A. Decomposição *in situ* da parte aérea de algumas leguminosas perenes usadas como cobertura viva de solo. FERTBIO 98. In: **Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas**, 1998.

FRANÇA, Solange; MIELNICZUK, João; ROSA, Luís M. G.; BERGAMASCHI, Homero; BERGONCI, João I.. Nitrogênio disponível ao milho: crescimento, absorção e rendimento de grãos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 11, p. 1143-1151, 2011.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R.. 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, n. 2, p. 325-334, 2003.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; CHIAPINOTTO, I. C.; HÜBNER, 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**, v. 28, n. 4, p. 751-762, 2004.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; HÜBNER, A.P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E.; AMARAL, E. B. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1097-1104, 2003.

HECKLER, João Carlos; HERNANI, Luis Carlos; PITOL, Carlos. Palha. In: SALTON, Julio Cesar Salton; HERNANI, Luiz Carlos; FONTES, Clarice Zononi Fontes. **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, p.37- 49, 1998.

HENRICHES R, AITA C, AMADO TJC, FANCELLI AL. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. . **Revista Brasileira Ciência do Solo** v.25, p. 31-340, 2001.

LAMAS, F. M. Plantas de cobertura: O que é isto?. **Embrapa**, 2017.

LANGELIER, Maude; CHANTIGNY, Martin H.; PAGEAU, Denis; VANESSE, Anne. Nitrogen-15 labelling and tracing techniques reveal cover crops transfer more fertilizer n to the soil reserve than to the subsequent crop. **Agriculture, Ecosystem & Environment** v.331. 2021.

- LOCATELLI, Jorge Luiz. **Plantas de cobertura em sucessão ao milho e sua contribuição no carbono orgânico do solo**. 2018. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2018.
- MACHADO, Luis Armando Zago Machado. Aveia forragem e cobertura do solo. **Embrapa Agropecuária Oeste**. Dourados. 2000.
- MENEZES, N. L.; GARCIA, D. C.; BAHRY, C. A.; MATTION, N. M. Teste de condutividade elétrica em sementes de aveia preta. **Revista Brasileira de Sementes**, Viçosa, v. 29, n. 2, p.138-142, 2007.
- MONEGAT, C. **Plantas de cobertura de solo: características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó: Ed. do Autor,1991. 337p.
- MONQUERO, P.a; MILAN, B.; SILVA, P.v.; HIRATA, A.c.s.. Intervalo de dessecação de espécies de cobertura do solo antecedendo a semeadura da soja. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p.561-573, 2010.
- MONTEIRO, H.C.F. *et al.* Dinâmica de decomposição e mineralização de nitrogênio em função da qualidade de resíduos de gramíneas e leguminosas forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1092-1102, 2002.
- OLDFIELD, EE,; BRADFORD, MA,; WOOD, SA: Global meta-analysis of the relationship between soil organic matter and crop yields, **Soil**, v.5, p. 15–32. 2019.
- PACHECO, L. P; LEANDRO, W.M; MACHADO, P.L.O.A; ASSIS, R.L; COBUCCI, T; MADARI, B.E; PETTER, F.A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 17-25, 2011.
- PALM, C. A.; SANCHEZ, P. A.. Decomposition and Nutrient Release Patterns of the Leaves of Three Tropical Legumes. **Biotropica**, v. 22, n. 4, 1990. 330 p.
- PAUL, E.A. & CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. 2.ed. Califórnia, Academic Press,1996. 340p.
- PAVINATO, Aurélio; AITA, Celso; CERETTA, Carlos Alberto; BEVILÁQUA, Gilberto Peripólio. Resíduos culturais de espécies de inverno e o rendimento de grãos de milho no sistema de cultivo mínimo. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.29, p. 1427-1432,1994.
- SALTON, Julio Cesar.; HERNANI, Luis Carlos; FONTES, Clarice Zanoni. Sistema Plantio Direto - **O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Dourados: Embrapa- CPAO, Brasília: Embrapa SPI, 2, Coleção 500 Perguntas 500 Respostas. 1998. 48p.
- SANTOS, Humberto Gonçalves dos *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SILVA, A. G; CRUSCIOL, C.A.C; SORATTO, R.P; COSTA, C.H.M; FERRARI NETO, J. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura e cultivo da mamona em sucessão no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 40, n. 10, p. 2092- 2098, 2010.

SILVA, P. R. F. dá; SILVA, A. A.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M. L. e FORSTHOFER, E. L. Manejo da ervilhaca comum (*Vicia sativa*L.) para cultivo do milho em sucessão, sob adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, n.1, p.50-59, 2007.

SILVA, Paulo Regis Ferreira da; ARGENTA, Gilber; SANGOI, Luis; STRIEDER, Mércio Luiz; SILVA, Adriano Alves da. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 1011-1020, 2006.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5), 1995.

TEIXEIRA, Michelle Barbosa; LOSS, Arcângelo; PEREIRA, Marcos Gervasio; PIMENTEL, Carlos. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milheto e sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 867-876,2011.

TIAN, G., KANG, B.T., BRUSSAARD, L. Mulching effect of plant residues with chemically contrasting compositions on maize growth and nutrient accumulation. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 153, n. 2, p. 179-187, 1993.

VIEIRA, R. F. **Ciclo do Nitrogênio em Sistemas Agrícolas**: 1. ed., Brasília: Embrapa, 2017. 165p.

WIDMER, L. **Fertilidade do agroecossistema-Estudo sobre a aplicação antecipada da adubação orgânica sobre plantas de cobertura para cultivo do milho**. 2012. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

WIEDER, R.K. & LANG, G.E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, v. 63 p.1636-1642, 1982.

ZANATA, Luiz Felipe; BRANCALEONI, Eduardo; MATTOS, Gilmar; RIBEIRO, Ricardo Henrique; CARNEIRO, Adriano Lopes; PIVA, Jonatas Thiago. Rendimento de Milho cultivado sob diferentes plantas de cobertura no Planalto Catarinense. In: Congresso brasileiro de ciência do solo, 35., 2015, Natal. **Anais [...]**. Natal: SBCS, 2015.

ZANCHETT FILHO, Luiz Antônio. **Carbono orgânico sob diferentes sistemas de manejo do solo e plantas de cobertura de inverno no planalto catarinense**. 2019. 31 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba, 2019.

ZIECH, Ana Regina Dahlem; CONCEIÇÃO, Paulo Cesar; HEBERLE, Carlos Theodoro; CASSOL, Cidimar; BALIM, Nilson Marcos. Produtividade e componentes de rendimento de

milho em função de plantas de cobertura e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Dois Vizinhos, v. 15, n. 2, p. 195-201, 2016.