

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ANGELA REGINA TOMAZONI

**DENSIDADES DE SEMEADURA DE MIX DE COBERTURA: PRODUÇÃO DE
MASSA SECA E ACÚMULO DE NITROGÊNIO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

**DOIS VIZINHOS
2023**

ANGELA REGINA TOMAZONI

**DENSIDADES DE SEMEADURA DE MIX DE COBERTURA: PRODUÇÃO DE
MASSA SECA E ACÚMULO DE NITROGÊNIO**

**COVER MIX SOWING DENSITIES: DRY MASS PRODUCTION AND NITROGEN
ACCUMULATION**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação de Bacharelado em Agronomia, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos, como requisito básico para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Conceição

Co orientador: Me. Cidimar Cassol

**DOIS VIZINHOS
2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

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

ANGELA REGINA TOMAZONI

**DENSIDADES DE SEMEADURA DE MIX DE COBERTURA: PRODUÇÃO DE
MASSA SECA E ACÚMULO DE NITROGÊNIO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação de
Bacharelado em Agronomia, pela Universidade
Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois
Vizinhos, como requisito básico para a obtenção
do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Conceição

Co orientador: Me. Cidimar Cassol

Data de aprovação: 05 /julho / 2023

Paulo Fernando Adami

Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Federal do Paraná, Brasil (2012)
Professor da Universidade Federal Tecnológica do Paraná - Brasil

Caroline Amadori

Doutorado em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Paraná, Brasil (2019)
Bolsista de Pós-doc Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Brasil

Paulo Cesar Conceição

Doutorado em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil (2006)
Ensino Básico, Técnico e Tecnológico da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Brasil

**DOIS VIZINHOS
2023**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por ter me dado força, sabedoria e resiliência para superar todos os desafios.

À minha família por todo carinho, apoio e incentivo sempre presentes em todos os momentos da minha vida.

Aos professores do curso de Agronomia que com seu conhecimento proporcionaram a conclusão do curso.

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Cesar Conceição, que possibilitou acrescentar conhecimento através do desenvolvimento de projetos de pesquisa, iniciação científica e dando auxílio para que se realizasse esse trabalho.

Ao meu Co-orientador Me. Cidimar Cassol, sempre presente auxiliando e transmitindo conhecimento, bem como na realização desse projeto.

A todos amigos e colegas do Grupo de pesquisa de Manejo e conservação de solos que sempre estiveram apoiando no desenvolvimento das atividades.

A banca examinadora, que aceitou o convite e deu sua contribuição para efetivação do presente trabalho.

Aos amigos que pela compreensão da minha ausência e aos amigos que conquistei ao longo a graduação e dizer que ficarão sempre comigo nas lembranças pelos momentos compartilhados.

Por fim, de forma geral, a todos que participaram da realização desse projeto.

MUITO OBRIGADA!

“Educação não transforma o mundo.
Educação muda as pessoas.
Pessoas mudam o mundo.”
Paulo Freire

RESUMO

As plantas de cobertura possuem potencial de melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo através da produção de massa seca depositada no solo, com aporte de nutrientes que ficam disponíveis para as culturas sucessoras. As diferentes espécies de plantas de cobertura do solo têm características igualmente distintas, como relação de C/N, que influencia na taxa de decomposição e disponibilidade ou imobilização de nitrogênio por um período de tempo como ocorre com poáceas solteiras. O objetivo deste trabalho é testar a eficiência de mix de plantas de cobertura em diferentes taxas de semeadura. Os mixes testados foram compostos por: aveia preta + ervilha forrageira (A + E), aveia preta + ervilha forrageira + nabo forrageiro (A + E + N); aveia preta + ervilha forrageira + nabo forrageiro + centeio (A + E + N + C); aveia preta + tremoço branco + ervilha forrageira + centeio (A + T + E + C) e quatro taxas de semeadura 50, 75, 100 e 125 % com densidade final tendo como base no número de sementes viáveis de cada espécie preconizadas para semeadura. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, composto por três repetições e um total de 48 parcelas de 13,56 m². A maior produção de MS foi no mix A+E+N+C na taxa de semeadura de 125 %. A eficiência de produção de matéria seca por kg de semente se deu apenas nas taxas de semeadura de 50 e 75 % para os mixes de Aveia+ervilha e Aveia+ervilha+nabo+centeio. Os maiores valores para relação C/N dos sistemas de cobertura hibernais foram obtidos nas taxas semeadura de 50 e 75% no mix Aveia+ervilha+nabo+centeio. O teor de N nos mixes Aveia+Ervilha foi maior nas taxas de semeadura de 50 e 75 % e o inverso ocorreu para Aveia+ervilha+nabo+centeio. Somente o mix de Aveia+Ervilha expressou um ponto de equilíbrio entre taxa de semeadura e a produção de matéria seca, com uma taxa de semeadura ideal de 88 % e densidade de 75 kg ha⁻¹.

Palavras- chave: plantas de cobertura; adubação verde; proporção de espécies.

ABSTRACT

Cover crops have the potential to improve the physical, chemical and biological characteristics of the soil through the production of dry mass deposited in the soil, with the contribution of nutrients that are available for the succeeding crops. The different species of ground cover plants have equally different characteristics, such as the C/N ratio, which influences the rate of decomposition and the availability or immobilization of nitrogen for a period of time, as occurs with single poaceae. The objective of this work is to test the efficiency of a mix of cover crops at different sowing rates. The mixes tested were composed of: black oat + forage pea (A + E), black oat + forage pea + forage turnip (A + E + N); black oats + fodder pea + fodder radish + rye (A + E + N + C); black oat + white lupine + forage pea + rye (A + T + E + C) and four sowing rates 50, 75, 100 and 125% with final density based on the number of viable seeds of each species recommended for sowing. The experimental design was randomized blocks, consisting of three replications and a total of 48 plots of 13.56 m². The highest DM production was in the A+E+N+C mix at a sowing rate of 125%. The dry matter production efficiency per kg of seed occurred only at the sowing rates of 50 and 75% for the mixtures of Oat+pea and Oat+pea+radish+rye. The highest values for the C/N ratio of the winter cover systems were obtained at sowing rates of 50 and 75% in the Oat+pea+turnip+rye mix. The N content in Oat+Pea mixes was higher at sowing rates of 50 and 75% and the opposite occurred for Oat+pea+turnip+rye. Only the Oat+Pea mix expressed a balance between sowing rate and dry matter production, with an ideal sowing rate of 88% and density of 75 kg ha⁻¹.

Keywords: cover crops; green adubation; proportion of species.

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Mix de plantas de cobertura, densidades e taxa de semeadura avaliadas..... | 19 |
| Tabela 2 – Produção de matéria seca em diferentes mixes de cobertura do solo e diferentes taxas de semeadura, UTFPR Campus Dois Vizinhos, PR, 2023..... | 21 |
| Tabela 3. Separação botânica e participação de cada espécie na produção de MS dos mixes de cobertura do solo e diferentes taxas de semeadura, UTFPR Campus Dois Vizinhos, PR, 2023. | 21 |
| Tabela 4. Produção de MS por kg de semente utilizada em diferentes mixes de cobertura do solo e diferentes taxas de semeadura, UTFPR Campus Dois Vizinhos, PR, 2023. | 22 |
| Tabela 5 - Médias para relação C/N em diferentes mixes de cobertura do solo e diferentes taxas de semeadura, UTFPR Campus Dois Vizinhos, PR, 2023..... | 23 |
| Tabela 6 - Teor de nitrogênio em diferentes mixes de cobertura do solo e diferentes taxas de semeadura, UTFPR Campus Dois Vizinhos, PR, 2023..... | 24 |
| Tabela 7 - Médias para nitrogênio total acumulado em diferentes sistemas de cobertura do solo e taxas de semeadura, UTFPR Campus Dois Vizinhos, PR, 2023..... | 25 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1. Croqui do experimento, mostrando dimensões da área, distribuição das parcelas e densidade de semeadura equivalentes a 50, 75, 100 e 125 %..... | 19 |
|--|----|

LISTA DE ABREVIATURAS

A+E - Aveia+Ervilha

A+E+N - Aveia+Ervilha+Nabo

A+E+N+C - Aveia+Ervilha+Nabo+Centeio

A+T+E+C - Aveia+Tremoço+branco+Ervilha+Centeio

C - Carbono

C/N - Relação carbono:nitrogênio

ha - Hectare

kg - Quilograma

Mg – Megagrama

MS - Matéria seca

N - nitrogênio

PD - Plantio Direto

SPD - Sistema Plantio Direto

UTFPR - Universidade Tecnológica Federal Do Paraná

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 OBJETIVOS | 14 |
| 2.1 Objetivo geral..... | 14 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 14 |
| 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 15 |
| 3.1 Produção de MS e relação C/N em mix de plantas de cobertura..... | 15 |
| 3.2 Acúmulo de nitrogênio na biomassa | 16 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS | 18 |
| 4.1 Localização e caracterização da área experimental | 18 |
| 4.2 Tratamentos e delineamento experimental | 18 |
| 4.3 Parâmetros avaliados | 20 |
| 4.4 Análises estatísticas | 20 |
| 4.5 Metodologia para avaliação da taxa de semeadura..... | 20 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 21 |
| 5.1 Produção de matéria seca e relação C/N | 21 |
| 5.2 Nitrogênio total acumulado e teor de nitrogênio | 24 |
| 5.3 Ponto de equilíbrio de produção de MS versus taxa de semeadura | 25 |
| 6 CONCLUSÕES..... | 30 |
| 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 31 |

1 INTRODUÇÃO

A agricultura está buscando tornar-se cada vez mais sustentável e encontra nas plantas de cobertura benefícios capazes de reduzir a adição de fertilizantes industrializados e os custos gerados do seu uso. Além disso, as plantas de cobertura melhoram as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo o que permite maior ciclagem e reciclagem de nutrientes, protegem o solo de processos erosivos, supressão de plantas daninhas e pragas, bem como podem propiciar uma maior produtividade para as culturas em sucessão (FIORENTIN et al. 2012; SOUZA & GUIMARÃES, 2013; KOMLANA et al., 2022).

A adoção do uso do plantio direto (PD) é mais realizada na produção de grãos, com cerca de 33 milhões de hectares, esse sistema possui como pilares o mínimo revolvimento do solo, rotação de culturas e cobertura permanente do solo por plantas em cultivo e por resíduos vegetais, cobertura esta que vai garantir o sucesso do sistema plantio direto (SPD) (FEDRAPDP, 2022).

Desta forma a utilização de plantas de cobertura vem crescendo nos últimos anos, seja através da consorciação de plantas de cobertura quanto pela semeadura na entrelinha das *commodities*. E com isso a importância de se saber qual a melhor densidade de semeadura propiciara maior produção de matéria seca (MS), maior aporte de carbono orgânico (C) e nitrogênio (N) nos sistemas de produção.

No Sul do Brasil é verificado uma maior utilização de plantas de cobertura no período de inverno, pois o ciclo e época de semeadura não coincide com a safra principal realizada no verão (ZIECH et al., 2015). E também devido ao clima de inverno que reduz a área de culturas de alto valor econômico e áreas de pousio, podendo realizar configurações de plantas de cobertura seja em mixes ou solteiras (CALEGARI; DONIZETI, 2014).

E no sudoeste do Paraná, o arranjo do sistema de produção possibilita realizar o uso de plantas de cobertura quer seja na entressafra ou como rotação cultural. Para tanto a importância na definição de quais espécies utilizar em um mix compreende etapas como verificação do ciclo dessas espécies, cultura sucessora, relação de C/N para que assim as plantas mostrem seu potencial conjunto no aporte de nutrientes a cultura comercial sucessora, sua capacidade de proteção e melhorias dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo e também propiciar a redução no uso de fertilizante nitrogenado principal nutriente na cultura do milho (CARVALHO et. al., 2008; TEIXEIRA et. al., 2010).

As espécies de cobertura utilizadas e a forma de implantação no campo, se solteiras ou em mixes são fatores importantes na definição da densidade de semeadura. O uso de mixes de cobertura são importantes para combinar o potencial de cada espécie aproveitando a sinergia e minimizando os pontos críticos de cada espécie quando cultivada solteira (HAYDEN et al., 2014, CASSOL, 2019).

A fim de se definir qual melhor arranjo para densidade de semeadura dentro de um mix de plantas de cobertura e extrair dele o máximo com seu sinergismo, o ideal é que se avalie a produção de matéria seca (MS) em função da quantidade de semente utilizada por área, assim obtemos qual espécie apresentará uma maior eficiência de produção de MS por kg de semente aplicada comparando com a utilizada de espécies cultivadas de forma solteiras (HAYDEN et al., 2014, CASSOL, 2019). Os estudos voltados a essa temática são importantes, mas até o momento avaliaram proporções de mistura (HEINRICHS et al., 2001; GIACOMINI et al., 2003; AITA et al., 2003).

Ainda se fazem necessários estudos para a definição de qual melhor configuração de mix, densidade ideal de semeadura que irá apresentar maior sinergismo entre as espécies e associado a isso, definir uma metodologia para avaliar e indicar qual melhor dose de semeadura para os mix de cobertura.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo foi de avaliar a eficiência de mix de plantas de coberturas em função de taxas de semeadura.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar qual mix e densidade de semeadura que apresenta maior produção de matéria seca.

Quantificar a participação de cada espécie nos mixes através da separação botânica.

Avaliar a capacidade de acúmulo, teor de N e relação C/N dos mixes em suas distintas densidades de semeadura. o teor de N, acúmulo de N na massa seca das plantas de cobertura, e a relação C/N dos mixes.

Avaliar ponto de eficiência entre taxa de semeadura dos mixes e produção de matéria seca.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Produção de MS e relação C/N em mix de plantas de cobertura

No atual cenário mundial o termo sustentabilidade, ou seja, produzir de forma a se atender as necessidades do presente sem comprometer as da geração futura, tem se tornado está sempre presente nos debates e proporciona maior o uso de plantas de cobertura nos sistemas de produção agrícola.

O uso de plantas de cobertura de solo é uma das práticas conservacionistas mais importantes visto que pode beneficiar a cultura sucessora e o solo, contribuindo para o incremento de matéria orgânica, melhoria dos atributos físicos e químicos do solo, controlando perda de solo por processos erosivos e suprimindo plantas daninhas (LIMA, 2014).

Na região sul, as poáceas como a aveia são muito utilizadas no plantio direto para colocar palhada sob o solo, mas quando há uma cultura como milho que é bastante exigente em N é cultivada em sucessão de poáceas a absorção de N é comprometida pois o mesmo encontra-se imobilizado temporariamente, o que reduz a produtividade da cultura sucessora e aumenta a necessidade de suplementar com adubos químicos nitrogenados (SILVA, et al., 2007). A escolha da espécie ou mix de cobertura deve levar em consideração a cultura sucessora, para que essa escolha reflita em uma maior incorporação de nutrientes, principalmente acumular e disponibilizar nitrogênio de forma gradual quando utilizar milho como cultura comercial sucessora.

Na hora de escolher as espécies de plantas de cobertura que vão compor o mix é importante levar em consideração a relação carbono/nitrogênio (C/N) que está relacionada a taxa de decomposição e permanência da palhada sobre o solo, realizar a união de espécies com características distintas e ao mesmo tempo que se complementam, para potencializar os benefícios para o solo, meio ambiente e a liberação de nutrientes para as culturas sucessoras (WILDNER, 2014). As brássicas e fabáceas têm baixa relação C/N e por isso quando cultivadas solteiras apresentam uma decomposição mais rápida e conseqüentemente o solo fica desprotegido mais rapidamente sujeito aos processos erosivos e perdas de nutrientes por lixiviação (WUTKE, CALEGARI, WILDNER, 2014).

A relação C/N varia de acordo com as espécies que compõem os mixes, onde a espécie com maior proporção é o fator que influencia para um decréscimo ou aumento dessa relação, ou seja, quanto maior a relação C/N por mais tempo permanece a palhada no solo. Em testes

feitos com 10 % de aveia, a relação foi 18,6 e subiu para 27,2 onde a proporção de aveia aumenta para 75 %, esse incremento na relação C/N da fitomassa aumenta a permanência dos resíduos sobre o solo e em consequência causa diminuição no fornecimento de N e na produtividade da cultura sucessora (HEINRICHS et al., 2001).

Cada espécie dentro de um mix e sua densidade de semeadura irá contribuir proporcionalmente na produção de MS, então quando se mistura aveia e ervilhaca com 10 e 90 % na densidade de semeadura respectivamente a contribuição de aveia na produção de matéria seca é 52,2 %, isso se dá pela maior rusticidade, agressividade e sua capacidade de perfilhamento comparada com a ervilhaca (HEINRICHS et al., 2001). Enquanto os mixes com gramíneas e leguminosas conciliam alta produção de MS, proteção do solo, supressão de daninhas e maior acúmulo de nutrientes em relação aos cultivos isolados (KIELING et al., 2009; RIBEIRO et al., 2017; NAIBO et al., 2018). Ainda, segundo Aita et al. (2004) o mix de plantas e a densidade de cada espécie utilizada influencia na produção de MS e na dinâmica de N no solo.

3.2 Acúmulo de nitrogênio na biomassa

A capacidade de acumular N está diretamente relacionada a quantidade de MS produzida e aos teores de N, sendo que os tratamentos com uso de fabáceas e fabácea+brássica quando consorciadas com poáceas apresentam maior produção de MS, maior acúmulo de N na biomassa quando comparadas com cultivos solteiros (CASSOL, 2019).

Os mixes com presença de poáceas, brássicas e leguminosas aliam alta produção de MS, pois unindo suas características distintas tem um melhor aproveitamento dos recursos naturais, aumento na ciclagem de nutrientes, solo coberto rapidamente, redução na incidência de pragas e doenças, decomposição lenta e paulatinamente em função da relação C/N intermediária quando comparadas a cultivos solteiros mantendo maior reserva de palhada sobre o solo, propiciando maior armazenamento de água, proteção contra os processos erosivos no solo e fornecimento de N a cultura sucessora do mix (AITA & GACOMINI, 2003; GIACOMINI et al., 2003; AMADO et al., 2014).

A interação entre as espécies nos mixes permite produção elevada de MS em função da maior eficiência no aproveitamento de água e nutrientes, através de diferentes sistemas radiculares que ocupando distintas camadas de solo, cobertura do solo em menor período de tempo o que propicia controle de daninhas, menor incidência de pragas e doenças (GIACOMINI et al., 2003; AMADO et al., 2014; ACOSTA et al., 2014).

Plantas de cobertura leguminosas como a ervilha forrageira produzem menos MS que gramíneas, mas acumulam maior quantidade de N na parte aérea devido sua capacidade de incorporar N_2 atmosférico através da fixação simbiótica (AMADO & MIELNICZUK & FERNANDES, 2000).

As leguminosas como a ervilha que tem alto potencial de fixação de N, reciclagem de nutrientes, relação baixa de C/N sendo rapidamente decomposta deixando os nutrientes disponíveis, é indicada para uso antes do milho pois pode acumular de 80 a kg de N/ha^{-1} (CALEGARI, 2006; FORMENTINI, 2008; ORTIZ, 2014; REDIN et al., 2018). O nabo forrageiro tem uma alta taxa de crescimento, relação C/N mais alta que a ervilha, capacidade de reciclar nutrientes, por isso quando mix de leguminosas e poáceas aliam alta produção de MS e maior acúmulo de nutrientes em relação aos cultivos isolados (KIELING et al., 2009; RIBEIRO et al., 2017; NAIBO et al., 2018).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área experimental

O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Dois Vizinhos, situada a 25° 42' 52'' latitude e 53° 03' 94'' longitude oeste, a 530 metros do nível do mar em um solo classificado como Latossolo Vermelho (CABREIRA, 2015). O clima da região segundo classificação Köppen é Cfa (subtropical úmido), não apresentando estação seca definida e com temperatura média de 22° C para o mês mais quente (ALVARES et al., 2013).

4.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas em três repetições. Nas parcelas principais (6,20 x 8,75 m) foram utilizados quatro mixes de plantas de cobertura e nas subparcelas (1,55 x 8,75 m) quatro taxas de semeadura de 50, 75, 100 e 125 % (Quadro 1).

Os mixes de cobertura do solo incluem as espécies e suas respectivas densidades de semeadura: aveia preta BRS 139 (*Avena strigosa Schreb*) 90 kg ha⁻¹, ervilha forrageira (*Pisum sativum* var. *arvense*) 50 kg ha⁻¹, centeio (*Secale cereale*) 50 kg ha⁻¹, tremoço branco (*Lupinus albus*) 100 kg ha⁻¹ e nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) 15 kg ha⁻¹, essas taxas correspondem a semeadura solteira e para os mixes está descrito na Tabela 1. As espécies foram implantadas em mix a saber: A+E= Aveia+ Ervilha; A+E+N= Aveia+ Ervilha+ Nabo; A+E+N+C= Aveia+ Ervilha+ Nabo+ Centeio; A+T+E+C= Aveia+ Tremoço branco+ Ervilha+ Centeio, nas taxas de semeadura de 50, 75, 100 e 125%.

As taxas de semeadura de cada tratamento foram determinadas tendo como regra para configuração e definição da porcentagem de cada espécie considera-se a participação mínima de poáceas cobrindo uma área de 60% de um hectare quando utilizado duas espécies no consórcio e no mínimo 40% quando mais de duas espécies estiverem presentes no consórcio. A densidade final de cada mix para semeadura considerou o número de sementes viáveis de cada espécie por hectare, ou sea, considerando o percentual de germinação na densidade final (Tabela 1).

Quadro 1. Croqui do experimento, mostrando dimensões da área, distribuição das parcelas e densidade de semeadura equivalentes a 50, 75, 100 e 125 %.

| | | | | | |
|--------|--------|---------|---------|---------|--------|
| | 8,75 m | 8,75 m | 8,75 m | 8,75 m | |
| | 35 m | | | | |
| 18,6 m | 75 % | 75% | 75 % | 75 % | 1,55 m |
| | 125 % | 125 % | 125 % | 125 % | 1,55 m |
| | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 1,55 m |
| | 50 % | 50 % | 50 % | 50 % | 1,55 m |
| | A+E+N | A+T+E+C | A+E+N+C | A+E | |
| | 50 % | 50 % | 50 % | 50 % | 1,55 m |
| | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 1,55 m |
| | 75 % | 75% | 75 % | 75 % | 1,55 m |
| | 125 % | 125 % | 125 % | 125 % | 1,55 m |
| | A+E+N | A+E | A+T+E+C | A+E+N+C | |
| | 75 % | 75% | 75 % | 75 % | 1,55 m |
| | 50 % | 50 % | 50 % | 50 % | 1,55 m |
| | 125 % | 125 % | 125 % | 125 % | 1,55 m |
| | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 1,55 m |
| | A+E | A+T+E+C | A+E+N+C | A+E+N | |

Fonte: Autoria própria, 2021. A+E= Aveia+Ervilha; A+E+N= Aveia+Ervilha+Nabo; A+E+N+C= Aveia+Ervilha+Nabo+Centeio; A+T+E+C= Aveia+Tremoço branco+Ervilha+Centeio, B 1, B2 e B3: blocos 1, 2 e 3.

Tabela 1. Mix de plantas de cobertura, densidades e taxa de semeadura avaliadas.

| Tratamentos | A+E | A+E+N | A+E+N+C | A+T+E+C |
|--------------------------------------|---|-------------|-----------------|-----------------|
| | Densidade de semeadura (kg ha ⁻¹) | | | |
| 50% | 42 | 34 | 32 | 43 |
| 75% | 64 | 51 | 47 | 65 |
| 100% | 84 | 68 | 64 | 86 |
| 125% | 106 | 85 | 79 | 108 |
| Proporção da densidade final (%) | 71+29 | 74+18+8 | 46+19+8+27 | 35+29+14+22 |
| Área por espécie (ha ⁻¹) | 0,6+0,4 | 0,5+0,2+0,3 | 0,3+0,2+0,3+0,2 | 0,3+0,2+0,2+0,3 |

Fonte: Autoria própria, 2021. A+E= Aveia+Ervilha; A+E+N= Aveia+Ervilha+Nabo; A+E+N+C= Aveia+Ervilha+Nabo+Centeio; A+T+E+C= Aveia+Tremoço branco+Ervilha+Centeio.

As plantas de cobertura foram semeadas com uso de uma semeadora de parcelas no dia 14 de junho de 2021, com espaçamento de 0,17 m entre linhas. Para todos os sistemas, não foi realizado adubações de base e/ou cobertura nem aplicações de inoculantes sendo realizado somente controle de formigas com bioiscas. Anteriormente a implantação do experimento foi realizado o manejo de dessecação com a aplicação de herbicida (Glifosato 576 g ha⁻¹ de i.a).

4.3 Parâmetros avaliados

Os parâmetros avaliados foram a produção de matéria seca dos sistemas de cobertura, teores de C e N na parte aérea das plantas de cobertura.

Para as análises de produção de massa seca das plantas de cobertura, foi coletado a parte aérea das plantas em 20 setembro de 2021, cerca de 96 dias após a data de semeadura, foi selecionado de forma aleatória em dois pontos de duas linhas em uma faixa de 0,5 m linear, separados botanicamente e secado em estufa de circulação forçada a 55 °C por 72 horas até peso constante e posteriormente pesadas em balança semi-analítica para determinação da MS. As plantas foram pesadas separadas para verificar o percentual de participação de cada espécie no mix e posteriormente processadas juntas as subparcelas para as análises de C e N.

As plantas foram processadas em moinho de tecido tipo Wiley ficando prontas para as análises de C e N na parte aérea. Para determinar o C orgânico foi utilizado a metodologia de Yeomans e Bremner (1998) e o teor de N total determinado pela metodologia descrita pela Embrapa (2009).

4.4 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Lilliefors), após, à análise da variância (Teste F, $p < 0,05$), e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) pelo programa computacional SISVAR (FERREIRA, 1998).

4.5 Metodologia para avaliação da taxa de semeadura

Para avaliação do equilíbrio ajustou-se equações de regressão para produção de MS em função das taxas de semeadura e equações de regressão para as curvas de eficiência de produção de MS. Junto ao mesmo gráfico foi inserido mais uma curva para as taxas de semeadura utilizada. Foi gerado um gráfico contendo todas estas variáveis para cada tratamento testado. Nos gráficos, ao cruzar a curva de eficiência de produção de MS com a reta das taxas de semeadura tem-se o ponto de intersecção, onde encontra-se o ponto de equilíbrio entre produção de MS por kg de semente e dose de semeadura utilizada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Produção de matéria seca e relação C/N

Para a produção de matéria seca houve interação entre dose de semeadura e sistema de cobertura (Tabela 2). O sistema de cobertura com A+E+N+C na dose de 125% apresentou a maior produção de MS com 9,1 Mg ha⁻¹. Os demais tratamentos não apresentaram diferença entre si para produção de MS em função da dose de semeadura.

Tabela 2 – Produção de matéria seca em diferentes mixes de cobertura do solo e diferentes taxas de semeadura, UTFPR Campus Dois Vizinhos, PR, 2023.

| Taxa de semeadura (%) | A+E | A+E+N | A+E+N+C | A+T+E+C | Média | CV% |
|-----------------------|----------------------|--------|---------|---------|---------|------|
| 50 | ^{ns} 6,4 aA | 6,0 aA | 5,4 aB | 3,8 aA | **5,4 B | |
| 75 | 6,8 aA | 6,0 aA | 5,3 aB | 4,2 aA | 5,6 B | 34,8 |
| 100 | 6,3 aA | 6,6 aA | 7,3 aB | 5,2 aA | 6,3 B | |
| 125 | 7,0 aA | 8,4 aA | 9,1 aA | 6,1 aA | 7,6 A | |
| Média | ^{ns} 6,6 | 6,8 | 6,8 | 4,8 | | 23,8 |

Fonte: Autoria própria (2023). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Onde: letras maiúsculas comparam médias na vertical e minúsculas na horizontal, ns: não significativo. *, ** significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ respectivamente. A+E= Aveia+Ervilha; A+E+N= Aveia+Ervilha+Nabo; A+E+N+C= Aveia+Ervilha+Nabo+Centeio; A+T+E+C= Aveia+Tremoço branco+Ervilha+Centeio.

O mix A+E+N+C obteve maior produção de MS, sendo que a aveia contribuiu com 72 % da MS, o centeio com 20 %, a ervilha e o nabo com 1 e 8 % respectivamente. A contribuição da aveia foi maior na produção de MS devido a sua densidade dentro do mix ser mais alta e sua maior rusticidade, agressividade e sua capacidade de perfilhamento comparada com a ervilha e nabo, além de ser uma planta C3 com maior capacidade de competir por água, luz e nutrientes, proporcionando maior eficiência e maior competição com as leguminosas. (Tabela 3). (HEINRICHS et al., 2001; FEDERIZZI et al., 2014; PEREIRA et al., 2016; SORDI, 2019).

Tabela 3. Separação botânica e participação de cada espécie na produção de MS dos mixes de cobertura do solo e diferentes taxas de semeadura, UTFPR Campus Dois Vizinhos, PR, 2023.

| Mix de cobertura | Espécies | 50 | 75 | 100 | 125 |
|------------------|----------|------------------------------|----|-----|-----|
| | | Participação na MS total (%) | | | |
| A+E | A | 96 | 93 | 96 | 94 |
| | E | 4 | 7 | 4 | 6 |

| | | | | | |
|---------|---|----|----|----|----|
| | A | 76 | 88 | 93 | 82 |
| A+E+N | E | 3 | 4 | 5 | 4 |
| | N | 20 | 9 | 6 | 14 |
| | A | 68 | 66 | 81 | 72 |
| A+E+N+C | E | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | N | 11 | 19 | 4 | 8 |
| | C | 20 | 14 | 13 | 20 |
| | A | 64 | 68 | 69 | 72 |
| A+T+E+C | T | 13 | 7 | 13 | 11 |
| | E | 3 | 4 | 6 | 2 |
| | C | 21 | 21 | 12 | 15 |

Fonte: Autoria própria (2023). Onde: A+E= Aveia+Ervilha; A+E+N= Aveia+Ervilha+Nabo; A+E+N+C= Aveia+Ervilha+Nabo+Centeio; A+T+E+C= Aveia+Tremoço branco+Ervilha+Centeio.

Todos os sistemas de cobertura apresentam maior eficiência de produção de MS por kg de semente utilizando taxas de semeadura menores (50 e 75 %), reduzindo a eficiência com o aumento da densidade de semeadura (Tabela 4).

Tabela 4. Produção de MS por kg de semente utilizada em diferentes mixes de cobertura do solo e diferentes taxas de semeadura, UTFPR Campus Dois Vizinhos, PR, 2023.

| Taxa de semeadura (%) | Mix de plantas de cobertura | | | | Média |
|-----------------------|---|-------|---------|---------|-------|
| | A+E | A+E+N | A+E+N+C | A+T+E+C | |
| | Eficiência de produção de MS (kg ha ⁻¹) | | | | |
| 50 | 151 | 177 | 170 | 88 | 146 |
| 75 | 107 | 118 | 113 | 66 | 101 |
| 100 | 81 | 97 | 115 | 60 | 89 |
| 125 | 66 | 98 | 115 | 57 | 84 |
| Média | 101 | 123 | 128 | 67 | |

Fonte: Autoria própria (2023). Onde: A+E= Aveia+Ervilha; A+E+N= Aveia+Ervilha+Nabo; A+E+N+C= Aveia+Ervilha+Nabo+Centeio; A+T+E+C= Aveia+Tremoço branco+Ervilha+Centeio.

Os maiores valores de eficiência foram verificados para sistemas com nabo na sua composição, A+E+N e A+E+N+C. O nabo entre as espécies utilizadas é a que apresenta maior conversão de kg de sementes em MS, podendo chegar facilmente a produzir mais de 300 kg de MS por kg de semente, o que demonstra sua alta taxa de crescimento. Os mixes de leguminosas, gramíneas e brássicas aliam alta produção de MS e maior acúmulo de nutrientes em relação aos cultivos isolados (KIELING et al., 2009; RIBEIRO et al., 2017; NAIBO et al., 2018).

Nos mixes A+E+N e A+E+N+C nas menores doses de semeadura, a participação do nabo na produção de MS foi entre 11-19 % enquanto a ervilha teve a menor participação em todas as taxas com apenas 1 %, isso ocorre, pois, a ervilha tem baixa capacidade de competição e seu desempenho é melhor em solos mais arenosos (SANTOS et al., 2012). Para a relação C/N

houve interação entre taxas de semeadura e sistemas de cobertura testados. Os maiores valores para relação C/N nos sistemas de cobertura hibernais foram obtidos nas taxas de semeadura de 50 e 75 % no mix A+E+N+C e nos demais tratamentos não houve diferença entre as taxas de semeadura (Tabela 5).

Tabela 5 - Médias para relação C/N em diferentes mixes de cobertura do solo e diferentes taxas de semeadura, UTFPR Campus Dois Vizinhos, PR, 2023.

| Taxa de semeadura (%) | A+E | A+E+N | A+E+N+C | A+T+E+C | Média | CV% |
|-----------------------|------------------|-------|---------|---------|------------------|------|
| Relação C/N | | | | | | |
| 50 | 22 bA | 27 aA | 30 aA | 24 bA | ^{ns} 25 | 13,6 |
| 75 | 24 bA | 23 bA | 29 aA | 21 bA | 25 | |
| 100 | 28 aA | 26 aA | 22 aB | 25 aA | 25 | |
| 125 | 29 aA | 28 aA | 22 aB | 26 aA | 26 | |
| Média | ^{ns} 26 | 26 | 26 | 24 | | |

Fonte: Autoria própria (2023). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Onde: letras maiúsculas comparam médias na vertical e minúsculas na horizontal, ns: não significativo. *, ** significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ respectivamente. A+E=mix entre Aveia+Ervilha; A+E+N=mix entre Aveia+Ervilha+Nabo; A+E+N+C= Aveia+Ervilha+Nabo+Centeio; A+T+E+C= Aveia+Tremoço branco+Ervilha+Centeio.

O mix de A+E+N+C apresentou a maior relação C/N nas menores doses de semeadura com valores de C/N variando entre 30 e 29, enquanto nas taxas de 100 e 125% o valor de C/N foi de 22 e onde a participação do nabo foi entre 8 e 4% na produção de MS enquanto nas menores taxas de semeadura variou entre 11 e 19%. Esses valores mostram que nas taxas de 50 e 75% tem-se uma cobertura de solo onde a decomposição é inversamente proporcional a relação C/N, ou seja, quanto maior mais lenta para decompor e libera os nutrientes de forma gradual, o inverso ocorreu nas maiores taxas (AITA & GACOMINI, 2003; GIACOMINI et al., 2003).

O ideal em um mix é ter uma relação C/N intermediária isso vai manter a palhada por mais tempo no solo, liberação prolongada do N atendendo as necessidades das culturas subsequentes, protegendo-o da erosão e reduzir evaporação de água (GIACOMINI et al., 2003; BARRADAS, 2010). Ainda segundo Cassol (2019), o ideal para manter equilíbrio entre imobilização e mineralização de N é uma relação C/N de 25 devido a relação C/N da biomassa bacteriana o solo ser 8/1, ou seja, a cada 8 kg de C utilizado no processo de decomposição é necessário 1 kg de nitrogênio (CERETTA et al., 2008).

5.2 Nitrogênio total acumulado e teor de nitrogênio

Para o teor de N houve diferença estatística entre os tratamentos, ou seja, o sistema de cobertura teve interação com a dose de semeadura influenciando no teor de N. O mix de A+E apresentou o maior teor de N nas menores taxas de semeadura e o inverso ocorreu no mix A+E+N+C, onde as maiores taxas de semeadura tiveram um teor de N mais alto que as menores doses. Os outros dois sistemas não apresentaram diferenças em função da dose (Tabela 6).

Tabela 6 - Teor de nitrogênio em diferentes mixes de cobertura do solo e diferentes taxas de semeadura, UTFPR Campus Dois Vizinhos, PR, 2023.

| Taxa de semeadura (%) | A+E | A+E+N | A+E+N+C | A+T+E+C | Média | CV% |
|-------------------------|------------------|-------|---------|---------|------------------|-------|
| N (g kg ⁻¹) | | | | | | |
| 50 | *18 aA | 15 bA | 14 bB | 17 aA | ^{ns} 15 | |
| 75 | 17 aA | 17 aA | 13 bB | 19 aA | 16 | 12,20 |
| 100 | 15 aB | 16 aA | 17 aA | 16 aA | 16 | |
| 125 | 14 aB | 15 aA | 16 aA | 16 aA | 17 | |
| Média | ^{ns} 15 | 16 | 16 | 17 | | 12,93 |

Fonte: Autoria própria (2023). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Onde: letras maiúsculas comparam médias na vertical e minúsculas na horizontal, ns: não significativo. *, ** significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ respectivamente. A+E=mix entre Aveia+Ervilha; A+E+N=mix entre Aveia+Ervilha+Nabo; A+E+N+C= Aveia+Ervilha+Nabo+Centeio; A+T+E+C= Aveia+Tremoço branco+Ervilha+Centeio.

O teor de N no tecido está relacionado com a qualidade desse resíduo (baixa relação C/N), ou seja, o teor de N maior no mix reduz a relação C/N e isso vai determinar a velocidade de decomposição do resíduo da cobertura do solo. Na Tabela 5, o mix A+E+N+C apresenta a menor média para relação C/N com valor de 22 o inverso ocorreu para o teor de N que variou entre 17 e 16 nas maiores taxas de semeadura e 13 e 14 nas menores taxas onde a relação C/N foi maior na faixa de 29 e 30 (AITA et al.,2001).

Para o mix A+E, as maiores taxas de semeadura apresentam menor teor de N, entre 14-15, e uma relação C/N mais alta, de 28-29, enquanto que, nas taxas menores ocorre o inverso, ou seja, maior teor de N e relação C/N mais baixa (Tabela 5). Schimidt (2021), comparando a relação C/N e teor N em aveia solteira, mix A+E e ervilhaca solteira, obteve teor de N menor onde a relação C/N foi maior.

Para o mix A+E, a aveia teve maior participação desde a produção de MS e eficiência de produção de MS por kg de semente utilizada. Além disso, tem alta relação C/N o que compensou a menor participação da ervilha que variou entre 4 e 7 % todas as taxas de semeadura (Tabela 3).

No mix A+E+N+C tivemos maior teor de N na maior dose, que tem maior participação de gramíneas e menor participação de nabo (Tabela 3) que nas taxas de semeadura menores e também nas menores taxas a produção de MS é menor logo acúmulo e teor de N vão ser menores. Ou seja, nessa proporção testada, em que temos 50% de poáceas contra 60% de poáceas da área do mix A+E, teve melhor desenvolvimento da ervilha e nabo conforme o aumento da dose de semeadura. Embora estes resultados não tenham sido refletidos adequadamente na separação botânica.

O nitrogênio total acumulado não apresentou diferença entre as taxas de semeadura nos tratamentos (Tabela 7). Contudo o maior acúmulo numérico de N foi para o mix com A+E+N+C na dose de semeadura de 125% onde obteve também a maior média de produção de MS e conseqüentemente gera mais acúmulo de N, seguido pelo mix de A+E+N com maior acúmulo na dose 125% e total de 126 kg há⁻¹ de N e o menor acúmulo na dose de 50% para A+T+E+C e dose de semeadura 75% no mix A+E+N+C com 68 e 71 kg há⁻¹ de N acumulado.

Tabela 7 - Médias para nitrogênio total acumulado em diferentes sistemas de cobertura do solo e taxas de semeadura, UTFPR Campus Dois Vizinhos, PR, 2023.

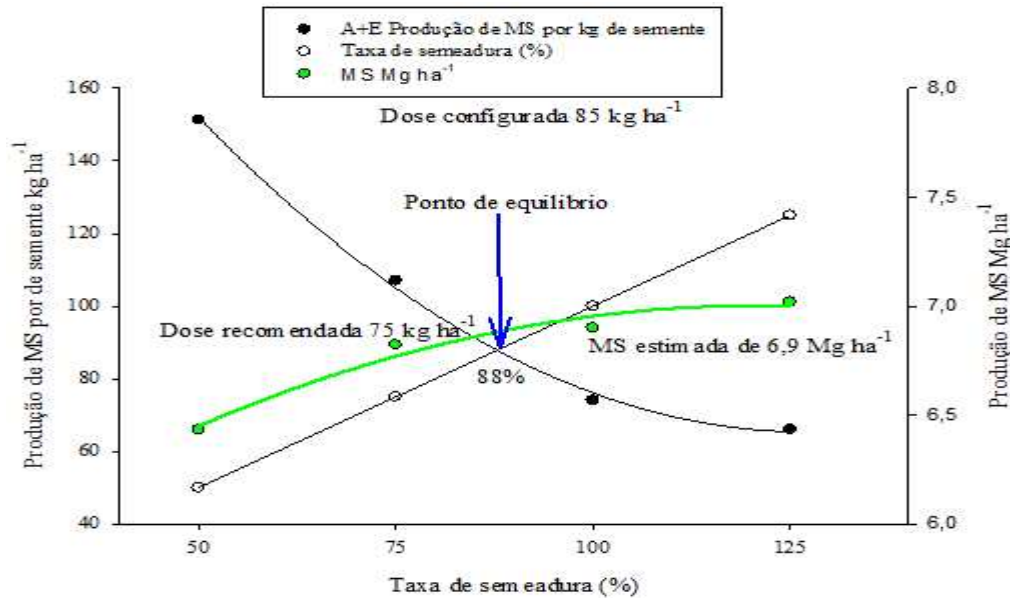
| Taxa de semeadura (%) | A+E | A+E+N | A+E+N+C | A+T+E+C | Média | CV% |
|-----------------------|------------------------------------|-------|---------|---------|------------------|-------|
| | N acumulado (kg ha ⁻¹) | | | | | |
| 50 | ^{ns} 119 | 93 | 79 | 68 | ^{ns} 90 | |
| 75 | 117 | 106 | 71 | 78 | 93 | 41,74 |
| 100 | 96 | 106 | 126 | 81 | 102 | |
| 125 | 97 | 126 | 149 | 100 | 118 | |
| Média | ^{ns} 108 | 107 | 106 | 82 | | 30,83 |

Fonte: Autoria própria (2023). Onde: ns=não significativo estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (p≤0,05). A+E=mix entre Aveia+Ervilha; A+E+N=mix entre Aveia+Ervilha+Nabo; A+E+N+C=Aveia+Ervilha+Nabo+Centeio; A+T+E+C= Aveia+Tremoço branco+Ervilha+Centeio.

5.3 Ponto de equilíbrio de produção de MS versus taxa de semeadura

Analisando os gráficos, identificou-se algumas possibilidades quanto ao comportamento das variáveis que influenciam a interpretação dos resultados. No gráfico 1, vemos que a curva de eficiência cruzou quase que perpendicularmente a linha reta representada pelas taxas de semeadura. Nessa situação o ponto de equilíbrio ficou situado na intersecção entre a curva e a reta das taxas de semeadura.

Gráfico 1- Produção de MS do mix Aveia+Ervilha por kg de semente em função da taxa de semeadura (%), UTFPR Campus Dois Vizinhos, PR, 2023.

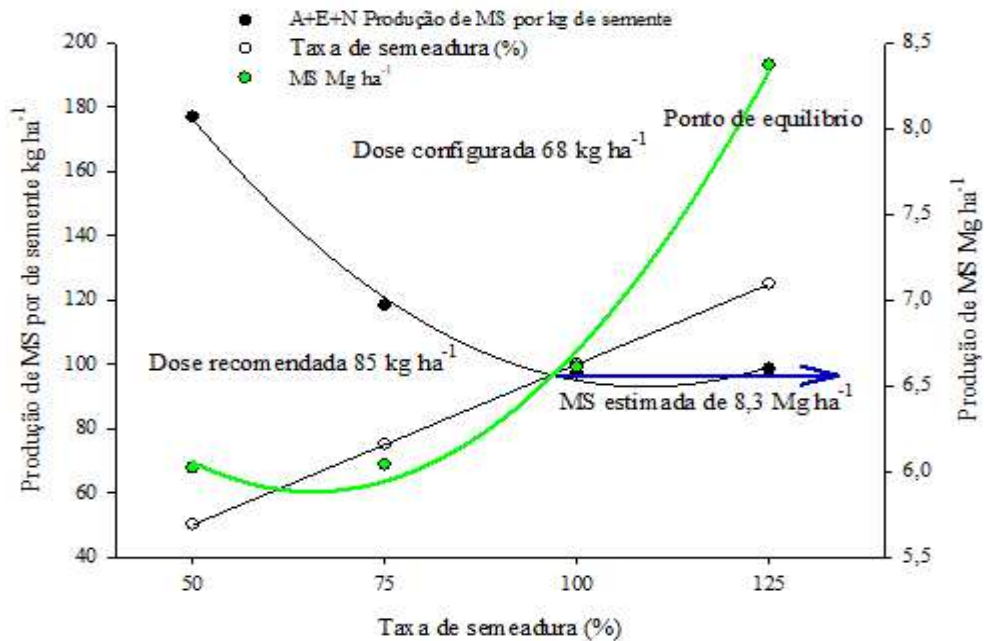


Fonte: Autoria própria (2023).

A ocorrência dessa situação indica que as taxas utilizadas resultaram em uma inflexão da curva de produção de MS em função do aumento de competição que levou a uma redução da eficiência de produção de MS. Desse modo, caracterizando de forma precisa o ponto de equilíbrio. O ponto de equilíbrio é confirmado pela curva de produção de MS, onde acima de 88% da dose o aumento de produção de MS é apenas de 100 kg, o que não compensa o gasto com sementes e principalmente o retorno em produção de MS.

Já ao analisarmos o gráfico 2 com A+E+N verificamos uma segunda possibilidade onde a curva de eficiência após cruzar a reta das taxas de semeadura pode apresentar eficiência constante, ou seja, aumento linear da produção de MS com o aumento da dose. Essa situação ocorre quando a dose utilizada não foi adequada para conseguir causar a inflexão da curva de produção de MS, ou seja, não se conseguiu reduzir a eficiência. Nesse caso o ponto de equilíbrio ficaria deslocado para direita, indicando a necessidade de se aumentar a dose de semeadura para chegar a resultados similares ao gráfico 1, isso irá aumentar o custo com sementes e pode não ser economicamente viável mesmo com incremento na produção de MS.

Gráfico 2- Produção de MS do mix Aveia+Ervilha+Nabo por kg de semente em função da taxa de semeadura (%), UTFPR Campus Dois Vizinhos, PR, 2023.

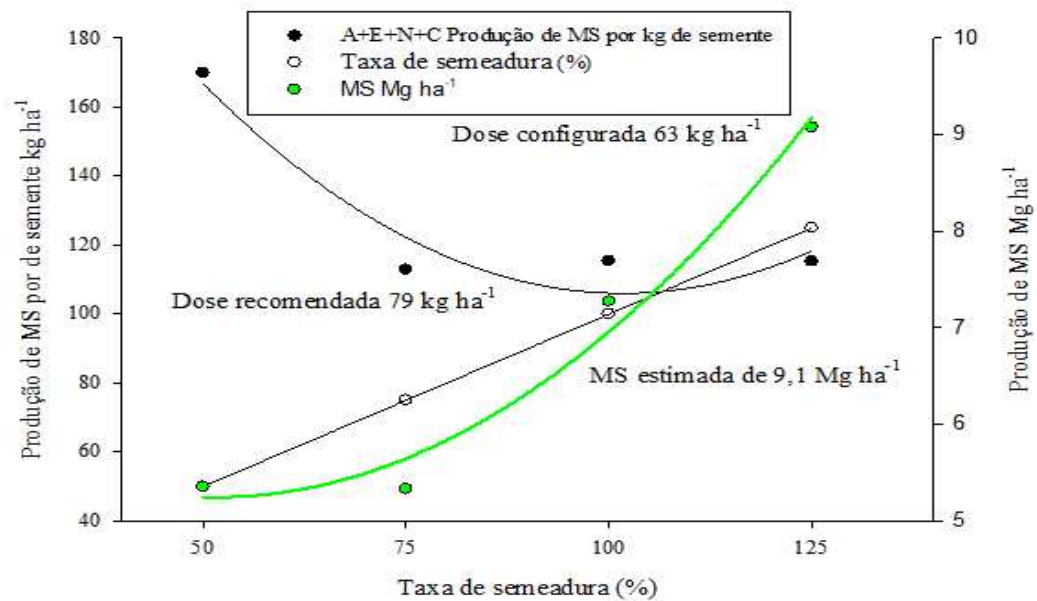


Fonte: Autoria própria (2023).

Outra possibilidade utilizando esse modelo gráfico é indicar a dose de não interferência entre as espécies, ou seja, o ponto em que a competição interespecífica é zero, constatada quando a eficiência de produção de MS da espécie na mistura for igual a do sistema solteiro no seu ponto de equilíbrio.

O gráfico 3 mostra que utilizando uma dose de 79 kg ha⁻¹ aumentou a estimativa de produção de MS e mesmo com a utilização de maiores taxas a eficiência não diminui (Tabela 4), o que indica que taxas maiores podem ser utilizadas sem perder eficiência de produção de MS. No entanto, este mix deve ser testado com taxas maiores para se enquadrar na possibilidade verificada no gráfico 1 e indicar de forma precisa qual é a dose com maior equilíbrio de produção de MS e eficiência.

Gráfico 3 - Produção de MS do mix Aveia+Ervilha+Nabo+Centeio por kg de semente em função da taxa de semeadura (%), UTFPR Campus Dois Vizinhos, PR, 2023.



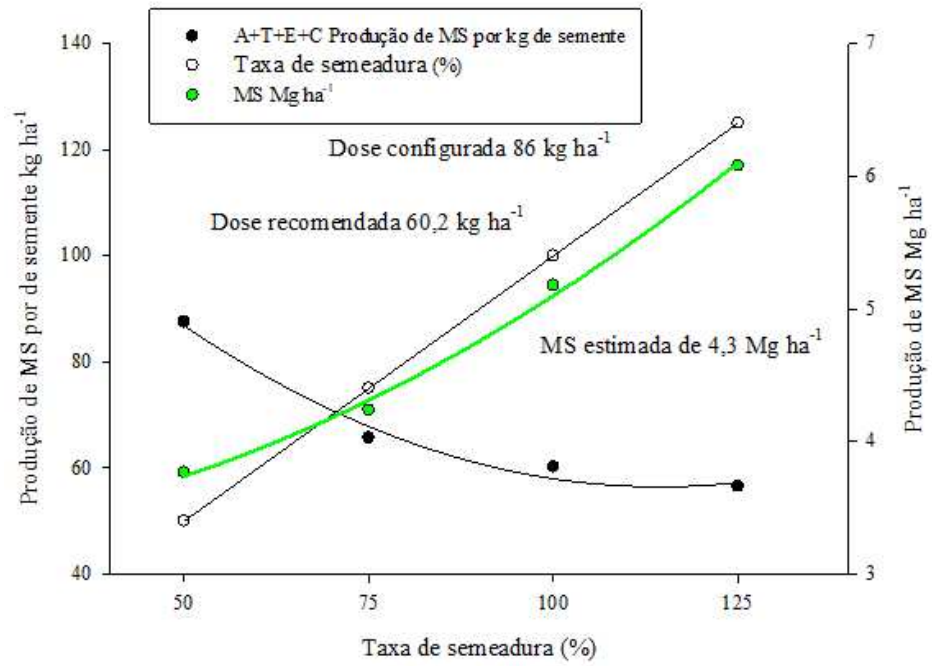
Fonte: Autoria própria (2023).

Para o gráfico 4 no ponto de intersecção das retas indica que se diminuir a dose de semeadura irá diminuir a estimativa de produção de MS em 2 Mg ha⁻¹, o que é inviável tanto economicamente como agronomicamente pois menos MS significa menor incorporação de nutrientes na área e possivelmente menos tempo o solo vai estar protegido pela palhada gerada através do sistema de cobertura.

No sistema A+T+E+C é necessário um novo teste assim como para mix A+E+N+C para conseguir gerar inflexão da curva de produção de MS e com isso melhorar a precisão da indicação da dose de equilíbrio entre produção de MS e densidade de semeadura.

Quando analisamos os gráficos 2, 3 e 4 verificamos que a curva de eficiência após cruzar a reta das taxas de semeadura apresenta eficiência constante, ou seja, aumento linear da produção de MS ao aumentar-se a dose. Isso mostra novamente que a dose utilizada não foi capaz de gerar uma inflexão da curva de produção de MS, ou seja, não se conseguiu reduzir a eficiência. Indicando que é necessária uma configuração para dose de semeadura que expresse o ponto de equilíbrio entre produção de MS versus kg de semente utilizado, expressando a eficiência agrônômica do mix e viabilidade econômica.

Gráfico 4 - Produção de MS do mix Aveia+Tremoço branco+Ervilha+Centeio por kg de semente em função da taxa de semeadura (%), UTFPR Campus Dois Vizinhos, PR, 2023.



Fonte: Autoria própria (2023).

6 CONCLUSÕES

A maior produção de MS foi no mix A+E+N+C na taxa de semeadura de 125 %.

A eficiência de produção de MS por kg de semente se deu nas taxas semeadura de 50 e 75% para os mixes de Aveia+Ervilha+Nabo e Aveia+Ervilha+Nabo+Centeio.

Os maiores valores para relação C/N dos sistemas de cobertura hibernais foram obtidos nas taxas semeadura de 50 e 75% no mix Aveia+Ervilha+Nabo+Centeio.

O teor de N nos mixes Aveia+Ervilha foi maior nas taxas de semeadura menores e o inverso ocorreu para Aveia+Ervilha+Nabo+Centeio.

Somente o mix Aveia+Ervilha expressou ponto de equilíbrio entre taxa de semeadura e produção de matéria seca, com uma taxa de semeadura ideal de 88 % ou sea, com uma densidade de 75 kg há⁻¹.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, J. A. DE A. et al. 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.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas e cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:601-612, 2003.
- AITA, Celso et al. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. I - Dinâmica do nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.739-749, 2004.
- AITA, Celso; BASSO, Cláudio José; CERETTA, Carlos Alberto; GONÇALVES, Cristina Nickele; ROS, Clovis Orlando 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, mar. 2001.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.
- AMADO, T. J. C.; FIORIN, J. E.; ARNS, U.; NICOLOSO, R. da. S.; FERREIRA, A. de O. Adubação verde na produção de grãos e no sistema de plantio direto. 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.2, 83 p, 2014.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; & FERNANDES, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fonte de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 24:179-189, 2000.
- BARRADAS, Carlos Antonio de Almeida. **Adubação Verde**. Manual Técnico, 25. Niterói: Rio Rural, 2010. Disponível em: https://ciorganicos.com.br/wp-content/uploads/2013/09/Adubacao-verde-Pesagro-manual25_completo.pdf. Acesso em: 06 de jun. de 2023.
- CABREIRA, M. A.F. **Levantamento das classes de solos da Área Experimental Da Universidade Tecnológica Federal Do Paraná – Câmpus Dois Vizinhos**. 2015. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, 2015.
- CALEGARI, A. **Plantas de cobertura**. In: CASÃO JÚNIOR, R. et al. Sistema plantio direto com qualidade. Londrina: Iapar; Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, p. 55-74, 2006.
- CALEGARI, A., DONIZETI, C.J.A. Recomendações de plantas e informações sobre o uso de espécies para adubação verde no Brasil. In: Lima Filho OF, Ambrosano EJ, Rossi F, Carlos JAD. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**: fundamentos e prática. Brasília, DF: Embrapa, 2014.
- CARVALHO, A.M.; BUSTAMANTE, M.M.C.; SOUZA JUNIOR, J.G.A.; Vivaldi, L.J. Decomposição de resíduos vegetais em Latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, pp. 2831-2838, 2008.

CASSOL, Cidimar **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, Pato Branco, 2019.

CERETTA, C. A. et al. **Biologia do solo**. 1. ed. Santa Maria, RS: UFSM, NTE, UAB, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/16159>>. Acesso em 20 jun. 2023.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa. 2º ed. Revisão Ampliada. Brasília DF: Embrapa Informações Tecnológica, 627p.2009.

Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação - Sistema Plantio Direto: os pilares do equilíbrio. Disponível em: <<https://febrapdp.org.br/noticias/680/sistema-plantio-direto-os-pilares-do-equilibrio>>. Acesso em: 14 jun. 2023.

FEDERIZZI, L. C. et al. Importância da cultura da aveia. In: LANGARO, N. C.; CARVALHO, I. Q. (Orgs). **Indicações técnicas para a cultura da aveia**. Passo Fundo: Editora da Universidade de Passo Fundo, 2014. P. 13-23.

FERREIRA, D. F. **Sisvar - sistema de análise de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 1998. 19 p.

FIORENTIN, C. F., LEMOS, L. B., Jardim, C. A., & Fornasieri Filho, D. (2012). Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro de inverno-primavera em três sistemas de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, 33(1), 2825-2835.

FORMENTINI, E. A. et al. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem**. Vitória: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, 2008.

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

GIACOMINI, S. 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**, Viçosa, v. 27, p. 325-334, 2003. DOI: 10.1590/ S0100 06832003000200012.

HAYDEN Z. D.; NGOUAJIO M.; BRAINARD D. C. Rye-Vetch Mixture Proportion Tradeoffs: Cover Crop Productivity, Nitrogen Accumulation, and Weed Suppression. **Agronomy Journal** 106 (3) 904 (2014). DOI: 10.2134/agronj2013.0467.

HEINRICHS, R.; AMADO, T. J. C. FANCELLI, A. L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 25:331-340, 2001.

KIELING, A. DOS S. et al. Plantas de cobertura de inverno em sistema de plantio direto de hortaliças sem herbicidas: efeitos sobre plantas espontâneas e na produção de tomate. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2207–2209, 2009.

KOMLANA et al. Critical Review of the Impact of Cover Crops on Soil Properties. **International Soil and Water Conservation Research**, v.10 no.3 pp. 343-354, 2022.

LIMA, L.B.DE. Efeito das plantas de cobertura em sistema de plantio direto. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 10, n. 18, p. 1410-1425, 2014.

NAIBO, GABRIELA et al. Teor de nutrientes e massa seca em plantas de cobertura de inverno sob aplicação de cinza de biomassa florestal. **XII Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo**, 2018. Disponível em: <<http://www.sbcs-nrs.org.br/rsbcs/docs/trab-4-3692-784.pdf>>. Acesso em 12 nov. 2021.

- ORTIZ, S. et al. **Densidade de sementeira de duas espécies de ervilhaca sobre caracteres agrônômicos e composição bromatológica**. Programa de Pós graduação em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos- Paraná, 2014.
- PEREIRA, L. E. T. et al. **Gramíneas forrageiras de clima temperado e tropical**. Pirassununga: FZEA-USP. p, 93 2016.
- REDIN, M. et al. Root and Shoot Contribution to Carbon and Nitrogen Inputs in the Topsoil Layer in No-Tillage Crop Systems under Subtropical Conditions. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, v. 42, 1–16, 2018.
- RIBEIRO, R. H.; BESEN, M. R.; FIGUEROA, L. V.; BOGO, T.; BRANCALEONI, E.; RONSANI, S. C.; GUGINSKI-PIVA, C. A.; PIVA, J. T. Produção de fitomassa de diferentes plantas de cobertura de inverno com aplicação de nitrogênio. *Varia Scientia Agrárias*, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 41–53, 2017. Disponível em: <<https://e-revista.unioeste.br/index.php/variascientiaagraria/article/view/14779>>. Acesso em: 12 nov. 2021.
- SANTOS, H. P. Leguminosas forrageiras anuais de inverno. IN: FONTANELI, R.S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. (Ed). **Forrageiras para Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta na região sul-brasileira**. Brasília DF: Embrapa, 2. ed., 305 p, 2012.
- SCHIMIDT, A. C. C. **Desempenho de milho cultivado sobre plantas de cobertura e doses de nitrogênio**. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2021.
- SILVA, A.D.; SILVA, P.R.F.; SUHRE, E.; ARGENTA, G.; STRIDER, 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, n. 4, 2007.
- SORDI, E. et al. **Caracterização e identificação de acessos locais de Avena strigosa da Região Norte do Rio Grande do Sul**. 2019. Tese de doutorado. Universidade de Passo Fundo, 2019.
- SOUZA, J. L., & GUIMARÃES, G. P. Rendimento de massa de adubos verdes e o impacto na fertilidade do solo em sucessão de cultivos orgânicos. *BioscienceJournal*, 29, 2013.
- TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.; SILVA, C.A.; ANDRADE, M.J.B.; PEREIRA, J.M. Liberação de macronutrientes das palhadas de milheto solteiro e consorciado com feijão-deporco sob cultivo de feijão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, p. 497-505, 2010.
- WILDNER, L. P. Adubação verde: conceitos e modalidades de cultivo. 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.2, 20 p, 2014.
- WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. P. Espécie 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, 59 p, 2014.
- YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.19, p.1467-1476, 1988.

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