

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ANDERSON CAMARGO DE LIMA**

**ADUBAÇÃO DE SISTEMA EM SUCESSÃO AVEIA PRETA-MILHO EM  
SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

**DISSERTAÇÃO**

**PATO BRANCO**

**2021**

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ANDERSON CAMARGO DE LIMA**

**ADUBAÇÃO DE SISTEMA EM SUCESSÃO AVEIA PRETA-MILHO EM  
SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

**DISSERTAÇÃO**

**PATO BRANCO**

**2021**

**ANDERSON CAMARGO DE LIMA**

**ADUBAÇÃO DE SISTEMA EM SUCESSÃO AVEIA PRETA-MILHO EM  
SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

**Fertilization system in black oat-maiz sucession under no-till  
system**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Solos e Sistemas Integrados de Produção Agropecuária.  
Orientador: André Brugnara Soares  
Coorientador: Luís César Cassol

**PATO BRANCO**

**2021**



Esta licença permite o download e o compartilhamento da obra desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-la ou utilizá-la para fins comerciais.



ANDERSON CAMARGO DE LIMA

**ADUBAÇÃO DE SISTEMA EM SUCESSÃO AVEIA PRETA-MILHO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO.**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Solos E Sistemas Integrados De Produção Agropecuária.

Data de aprovação: 14 de Junho de 2021

Prof Andre Brugnara Soares, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Alceu Luiz Assmann, Doutorado - Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (Iapar-Emater)

Prof.a Tangriani Simioni Assmann, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 14/06/2021.

*À minha família  
A todos meus amigos que contribuíram de alguma forma  
Dedico este trabalho.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, que me deu a capacidade e discernimento para conduzir este trabalho.

A minha família, em especial a minha mãe Maria Deuzi Camargo de Lima, que com toda sua simplicidade foi minha maior motivação, agradeço também meu pai Helio Palhano de Lima e minhas irmãs Valquiria Camargo de Lima e Andrieli Camargo de Lima por todo apoio e compreensão.

Ao meu orientador e amigo Professor Dr. André Brugnara Soares, pessoa que foi muito além de orientador, que não desistiu e acreditou em mim até o último minuto.

Aos meus colegas e amigos do grupo GISPA, que sempre estiveram ao meu lado nos momentos bons e ruins, sem o trabalho em equipe desenvolvido por todos, esse trabalho não teria se concretizado. Em especial agradeço aos amigos Bruno Alcides Hammes Schmalz e Rafael Henrique Cella dois grandes profissionais que tive o prazer de conhecer na graduação e seguem comigo até hoje, fica aqui meu reconhecimento, respeito e admiração e sempre que precisarem contem comigo.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAG) pela possibilidade de cursar gratuitamente um ensino de extrema qualidade.

À banca examinadora pela disponibilidade e pelas contribuições com o trabalho.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma, contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

Muito obrigado a todos!

*"Na adversidade uns desistem, outros batem recordes" (Ayrton Senna).*

## RESUMO

LIMA, Anderson Camargo de. Adubação de sistema em sucessão aveia preta-milho em sistema de plantio direto. 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Solos e Sistemas Integrados de Produção Agropecuária), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2021.

A adubação de sistema tem como característica a aplicação total ou parcial de fertilizante para a cultura que será cultivada no verão, na pastagem antecessora. Dessa forma, o objetivo foi avaliar níveis de inversão da adubação potássica e nitrogenada na cultura da aveia preta (*Avena strigosa*), quando utilizada para pastejo ou cobertura, sobre a produtividade de milho (*Zea mays*), cultura de grãos subsequente. A condução ocorreu no inverno de 2016 e na estação quente 2016/2017, na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. Os fatores avaliados consistem adubação feita no inverno, na aveia preta cv Comum, e verão para o milho, em que foram utilizadas quatro doses de nitrogênio (200; 150; 50; 0 kg ha<sup>-1</sup>) na forma de ureia, associadas à quatro doses de potássio (80; 60; 20; 0 kg ha<sup>-1</sup>) na forma de cloreto de potássio. O terceiro fator constou da presença ou não de cortes na aveia preta realizado em quatro datas quando as plantas atingiam 0,35 m de altura. Os resultados obtidos para aveia preta indicam que as variáveis biomassa total e residual, altura do dossel, comprimento de perfilho estendido, densidade populacional de perfilho, índice de acamamento, interceptação de radiação, clorofilas A e total sofreram influência do corte para todas as variáveis, exceto o teor de clorofila B, sendo que a não realização do corte foi superior em comparação com as parcelas em que o corte foi realizado. A interceptação da radiação foi maior pela adubação nitrogenada. A adubação não apresentou resultados significativos para a aveia em virtude da ótima condição do solo já que a área utilizada está estabelecida no sistema de produção de integração lavoura-pecuária. Para o milho, o estande de plantas foi influenciado pelo fator corte e pela interação entre o fator corte e a adubação com N. Para as variáveis número de espigas, altura de inserção da espiga, altura da planta e produtividade foram significativas para o fator corte. O diâmetro do colmo teve efeito significativo em relação a adubação com N. Como a adubação não teve efeito significativo para a maioria das variáveis avaliadas, nem para produtividade do milho, pode-se afirmar que a inversão total ou parcial da adubação nitrogenada e potássica pode ser feita.

**Palavras-chave:** Adubação de sistema. Desfolha. Produção de biomassa. Componentes de rendimento.



## ABSTRACT

LIMA, Anderson Camargo de. Fertilizing system in succession black oat-corn in direct planting system. 71f. Dissertation Of. Dissertation (Masters in Agronomy) – Graduate Program in Agronomy (Concentration Area: Soils and Integrated Agricultural Production Systems), Federal University of Technology - Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2021.

The system fertilization is characterized by the total or partial application of fertilizer for the crop that will be cultivated in the summer, in the predecessor pasture. Thus, the objective was to evaluate levels of inversion of potassium and nitrogen fertilization in the culture of black oats (*Avena strigosa*), when used for grazing or cover, on the productivity of corn (*Zea mays*), subsequent grain culture. The driving took place in the winter of 2016 and in the hot season 2016/2017, in the experimental area of the Federal University of Technology - Paraná, Campus Pato Branco. p. The experiment was conducted in a randomized block design, with split plots and three replications. The evaluated factors consist of fertilization done in winter, in black oat cv Comum, and summer for corn, in which four doses of nitrogen (200; 150; 50; 0 kg ha<sup>-1</sup>) were used in the form of urea, associated to four doses of potassium (80; 60; 20; 0 kg ha<sup>-1</sup>) in the form of potassium chloride. The third factor consisted of the presence or absence of cuts in black oats carried out on four dates when the plants reached 0.35 m in height. The results obtained for black oats indicate that the variables total and residual biomass, canopy height, extended tillers length, tiller population density, lodging index, radiation interception, chlorophylls A and total were influenced by the cut for all variables, except for the chlorophyll B content, the failure to perform the cut was higher compared to the plots in which the cut was made. The radiation interception was greater by nitrogen fertilization. Fertilization did not show significant results for oats due to the excellent condition of the soil since the area used is established in the production crop-livestock integrated systems. For corn, the plant stand was influenced by the cut factor and the interaction between the cut factor and the fertilization with N. For the variables number of ears, ear insertion height, plant height and productivity were significant for the cut factor. The stem diameter had a significant effect in relation to fertilization with N. Since fertilization did not have a significant effect for most of the variables evaluated, nor for corn productivity, it can be said that the total or partial inversion of nitrogen and potassium fertilization can be done.

**Keywords:** System fertilization. Defoliation. Biomass production. Yield components.

## LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Precipitação pluviométrica e temperatura média, no período de janeiro/2016 a dezembro/2016. UTFPR, Pato Branco – PR, 2021. ....	29
Figura 2 – Croqui do delineamento experimental blocos ao acaso, em esquema trifatorial com a deposição dos tratamentos conforme as porcentagens de doses de nitrogênio e potássio recomendadas. UTFPR, Pato Branco – PR, 2021.....	32
Figura 3 - Biomassa total (BMT; kg ha <sup>-1</sup> ) de pastos de aveia preta cv. Comum manejados com e sem corte mecânico em sistemas de integração lavoura-pecuária. UTFPR, Pato Branco – PR, 2021.....	37
Figura 4 - Biomassa residual (BMR; kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) de pastos de aveia preta cv. Comum manejados com e sem corte mecânico em sistemas de integração lavoura-pecuária. UTFPR, Pato Branco – PR, 2021.....	38
Figura 5 - Densidade populacional de perfilhos (DPP; perfilhos m <sup>-2</sup> ) de pastos de aveia preta cv. Comum manejados com corte mecânico em sistemas de integração lavoura-pecuária. UTFPR, Pato Branco – PR, 2021.....	40
Figura 6 - Altura de dossel (AD; cm) de pastos de aveia preta cv. Comum manejados com e sem corte mecânico em sistemas de integração lavoura-pecuária. UTFPR, Pato Branco – PR, 2021.....	42
Figura 7 - Comprimento de perfilho estendido (CPE; cm) de pastos de aveia preta cv. Comum manejados com e sem corte mecânico em sistemas de integração lavoura-pecuária. UTFPR, Pato Branco – PR, 2021.....	43
Figura 8 - Índice de acamamento (IA) de pastos de aveia preta cv. Comum manejados com e sem corte mecânico em sistemas de integração lavoura-pecuária. UTFPR, Pato Branco – PR, 2021.....	44
Figura 9 - Interceptação de radiação (IR; %) do dossel forrageiro de aveia preta cv. Comum manejados com e sem corte mecânico em sistemas de integração lavoura-pecuária. UTFPR, Pato Branco – PR, 2021.....	45
Figura 10 - Clorofila A e total [CA e CT (ICF)] de pastos de aveia preta cv. Comum manejados com e sem corte mecânico em sistemas de integração lavoura-pecuária. UTFPR, Pato Branco – PR, 2021.....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Adubação nitrogenada para o cultivo de aveia preta destinada a produção de silagem ou pastejo no Estado do Paraná .....	20
Tabela 2 – Adubação nitrogenada para o cultivo de milho no Estado do Paraná .....	20
Tabela 3 – Adubação potássica para cultivo de aveia preta no Estado do Paraná. ....	24
Tabela 4 – Adubação potássica para cultivo de milho no Estado do Paraná.....	25
Tabela 5 – Caracterização química da área experimental antes do início do experimento. UTFPR, Pato Branco, 2021.....	30
Tabela 6 – Delineamento experimental com a deposição dos tratamentos de acordo doses de nitrogênio e potássio recomendadas aplicadas no inverno e verão, em subparcelas submetidas ou não ao corte. UTFPR, Pato Branco, 2021. ....	31
Tabela 7 – Valores de potássio em cada uma das fontes de variância para as diferentes variáveis avaliadas de da de aveia preta cv. Comum, sob diferentes estratégias de adubação nitrogenada e potássica e corte. UTFPR, Pato Branco, 2021. ....	36
Tabela 8 – Interceptação de radiação (IR; %) do dossel forrageiro de aveia preta cv. Comum manejados com diferentes doses de adubação nitrogenada em sistemas de integração lavoura-pecuária. UTFPR, Pato Branco, 2021.....	46
Tabela 9 – Valores de P em cada uma das fontes de variância para as diferentes variáveis avaliadas de componentes de rendimento do milho sob diferentes estratégias de adubação nitrogenada e potássica. UTFPR, Pato Branco, 2021. ....	49
Tabela 10 – Componentes de rendimento do milho cultivado após aveia preta com e sem corte. UTFPR, Pato Branco, 2021.....	51
Tabela 11 – Variáveis dos componentes de rendimento do milho em diferentes estratégias de adubação nitrogenada. UTFPR, Pato Branco, 2021.....	52
Tabela 12 – Variáveis dos componentes de rendimento do milho em diferentes estratégias de adubação potássica. UTFPR, Pato Branco, 2021. ....	54

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABC	Agricultura de baixo carbono
AD	Altura do dossel
AIE	Altura de inserção de espiga
Al <sup>+3</sup>	Alumínio
ATP	Adenosina trifosfato
BACEN	Banco Central do Brasil
BMR	Biomassa residual
BMT	Biomassa total
C	Carbono
C/N	Relação carbono e nitrogênio
Ca	Cálcio
CaCl <sub>2</sub>	Cloreto de cálcio
COP	Conferência de Copenhague
CPE	Comprimento de perfilho estendido
CTC	Capacidade de troca de cátions
cv.	Cultivar
DAS	Dias após a semeadura
DPP	Densidade populacional de perfilhos
GEE	Gases do efeito estufa
H+Al	Acidez potencial
IA	Índice de acamamento
IAF	Índice de área foliar
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ILF	Integração lavoura-floresta
ILP	Integração lavoura-pecuária
ILPF	Integração lavoura-pecuária-floresta
IPF	Integração pecuária-floresta
IR	Interceptação de radiação
K	Potássio
K <sub>2</sub> O	Óxido de potássio
KCl	Cloreto de potássio
M.O.	Matéria orgânica
Mg	Magnésio
MS	Massa seca
N	Nitrogênio
ONU	Organização das Nações Unidas
P	Fósforo
pH	Potencial hidrogeniônico
PMS	Peso de mil sementes
SAFs	Sistemas agroflorestais
SB	Soma de base
SIPA	Sistemas integrados de produção agropecuária
SPD	Sistema plantio direto

V	Saturação de base
°C	Graus Celsius
cm	Centímetro
cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Centimol de carga por decímetro cúbico
g	Grama
g dm <sup>-3</sup>	Gramas por decímetro cúbico
g dm <sup>-3</sup>	Miligramas por decímetro cúbico
kg ha <sup>-1</sup>	Quilos por hectare
kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	Quilograma por hectare por ano
kg MS ha <sup>-1</sup>	Quilograma de massa seca por hectare
L ha <sup>-1</sup>	Litros por hectare
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
mm	Milímetro
t ha <sup>-1</sup>	Tonelada por hectare

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 HIPÓTESES .....	16
1.2 OBJETIVOS .....	16
1.2.1 Geral.....	16
1.2.2 Específicos .....	16
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>17</b>
2.1 SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (SIPA).....	17
2.2 ADUBAÇÃO DE SISTEMA.....	17
2.2.2 Adubação Nitrogenada.....	19
2.2.1.1 Estratégias da antecipação da adubação de nitrogênio em milho no sistema plântio direto.....	21
2.2.2 Adubação Potássica.....	23
2.2.3 Ciclagem de Nutrientes .....	25
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>29</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DO ESTUDO .....	29
3.2 CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS .....	30
3.3 VARIÁVEIS RESPOSTA.....	33
3.3.1 Aveia Preta.....	33
3.3.2 Milho.....	34
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	35
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>36</b>
4.1 AVEIA PRETA.....	36
4.2 MILHO .....	49
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>57</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>58</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Devido ao aumento acelerado da população mundial e da demanda por alimentos, a gestão estratégica tem sido cada vez mais necessária no agronegócio, com foco na sustentabilidade e na segurança alimentar. Dessa forma as estratégias de gestão precisarão considerar abordagens que consolidem e intensifiquem ao máximo a agricultura (CELIDÔNIO; FERREIRA; REIS, 2014; ZAFALON, 2015).

Para tal, estratégias tecnológicas já vêm sendo estudadas desde a Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas realizada em 2009 (SALES et al., 2017), essas que incluem a diversificação e a integração (LEMAIRE et al., 2014). Em 2011, foi aprovado o Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), que contempla os compromissos da agricultura brasileira para redução de emissões de gases efeito estufa (GEE) (EMBRAPA, sd).

Nessa perspectiva, uma forma eficiente de suprir a demanda por alimentos, com melhor aproveitamento e lucratividade por área é a condução de sistemas integrados de produção agropecuária (SIPAs). Os sistemas de produção em integração podem ser classificados em quatro modalidades: integração lavoura-pecuária (ILP); integração pecuária-floresta (IPF); integração lavoura-floresta (ILF); e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF).

A abordagem dessas estratégias atende um dos grandes desafios da produção de alimentos que é aumentar a produção em áreas já existentes, proporcionando menor pressão ao meio ambiente, garantindo e melhorando a capacidade produtiva futura (GARNETT et al., 2013).

A produção baseada na diversificação, além de trazer benefícios ao meio ambiente pode melhorar também os rendimentos agrícolas e pecuários. Os sistemas de ILP e ILPF proporcionam o desenvolvimento de agroecossistemas com características de ecossistemas naturais, tornando-os mais estáveis e diversificados. Podem ainda conciliar ecoeficiência com desenvolvimento socioeconômico, trazendo diversos benefícios ao produtor rural e ao meio ambiente.

Dentre esses benefícios pode-se citar a redução da pressão para desmatamento de novas áreas; melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo; aumento da ciclagem de nutriente e da eficiência no uso dos mesmos; redução dos custos de produção; diversificação da renda na propriedade; recuperação

de áreas degradadas; diminuição no uso de agroquímicos; redução dos riscos de erosão; melhoria da qualidade da água; redução de GEE; aumento do sequestro de carbono; aumento da biodiversidade, entre outros (BALBINO et al., 2011; VILELA; MARTHA JÚNIOR; MARCHÃO, 2012).

Nos sistemas integrados de produção agropecuária, a adubação prevista para a cultura de grãos (verão) pode ser antecipada e efetuada na cultura antecessora, como a aveia preta usada como forrageira ou como planta de cobertura, reduzindo ou eliminando a utilização de adubação na cultura produtora de grãos. Associada a isso, ocorre a disponibilidade de nutrientes no sistema integração lavoura-pecuária, por meio da ciclagem de nutriente e conseqüentemente a decomposição de resíduos vegetais e animais sobre e solo (BORTOLLI, 2016).

A ciclagem de nutrientes permite a entrada de nutrientes no sistema solo-planta-animal-atmosfera (ANGHINONI et al., 2013), garantindo assim o sucesso do SIPA, pois potencializam a ciclagem e aumentam a produtividade da área, levando a ganhos econômicos e sustentabilidade, pois utiliza de forma eficiente os recursos naturais (CARVALHO et al., 2014). A ciclagem de resíduos vegetais e animais torna-se uma fonte importante para a manutenção do equilíbrio solo-planta-atmosfera.

Nesse contexto, a intensificação do uso da terra em áreas agrícolas e o aumento da eficiência dos sistemas de produção contribuem para equilibrar esses interesses. É nesse cenário que a estratégia de produção em integração tem sido apontada como alternativa para conciliar esses conflitos de interesse da sociedade. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar a possibilidade da inversão total ou parcial da adubação potássica e nitrogenada no milho, quando adotado um manejo com plantas de cobertura ou pastejo.



## 1.1 HIPÓTESES

É possível inverter totalmente a adubação de verão para a cultura de inverno sem comprometer a produtividade de grãos, otimizando a utilização do fertilizante adubando sistema.

A desfolha na planta forrageira de inverno aumenta a produção de biomassa melhorando a resposta do milho à fertilização outonal.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Geral

Avaliar níveis de inversão da adubação potássica e nitrogenada na cultura da aveia preta (*Avena strigosa*), quando realizado cortes ou cobertura, sobre a produtividade de milho (*Zea mays*) cultura de grãos subsequente.

### 1.2.2 Específicos

Avaliar a produção de biomassa aérea da aveia preta (*Avena strigosa*) sob diferentes adubações, com corte e sem corte.

Avaliar os componentes de rendimento do milho em função das estratégias de adubação nitrogenada e potássica e posteriormente determinar a produtividade.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (SIPA)

Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) combinam as atividades agrícola, pecuária e/ou florestal em uma mesma área, constituindo assim, um único sistema de produção. Um dos objetivos do sistema é o uso sustentável do solo, integrando espacialmente e temporalmente todos os componentes do sistema produtivo (grãos, fibras, carne, leite, entre outros), de maneira a garantir a qualidade ambiental e mitigar a pressão sobre ecossistemas naturais, a e ainda aumentar a lucratividade por área de terra (CORDEIRO et al., 2015).

O SIPA pode ser classificado em quatro modalidades: integração lavoura-pecuária (ILP) ou sistema agropastoril; integração pecuária-floresta (IPF) ou sistema silvipastoril; integração lavoura-floresta (ILF) ou sistema silviagrícola; e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) ou sistema agrossilvipastoril (BALBINO et al., 2011). Dentre as configurações a ILP é a mais adotada pelos produtores rurais no Brasil, devido à grande atratividade de ganhos econômicos, ambientais e sociais à atividade agropecuária (ILPF, 2017).

Em face dos compromissos internacionais assumidos, a adoção da produção em sistemas sustentáveis, baseada na baixa emissão de carbono, pode contribuir significativamente com a redução de emissões do setor agropecuário (GURGEL; LAURENZANA, 2016). Nesse sentido, segundo Ferreira Filho, Ribera e Horridge (2016) a expansão agrícola é possível quando se pensa em SIPA, tanto na intensificação do uso dos fatores quanto na incorporação tecnológica, diversificando assim as atividades dentro de um mesmo espaço físico.

### 2.2 ADUBAÇÃO DE SISTEMA

O Sistema Integrado de Produção Agropecuária possibilita que a produção agrícola seja diversificada por meio das atividades agrícolas e pecuárias, dessa forma ambas as atividades se beneficiam das vantagens oferecidas pelo sistema, o que retorna em ganhos de produtividade com a redução de custos, pois favorece a exploração do solo por mais tempo (CRUZ et al., 2008; CARVALHO et al.,

2014; SALTON et al., 2015).

Em um sistema integrado, ocorre constantemente a disponibilização de nutrientes no solo, por meio da decomposição de resíduos de plantas e dejetos animais. Outro fator importante para a manutenção dos nutrientes no solo é a rotação de culturas, pois essa prática permite a alternância de plantas o que demanda diferentes exigências nutricionais, bem como necessidade de absorção de diferentes nutrientes, aumentando a ciclagem e diminuindo as perdas de fósforo e potássio (ANGHINONI et al., 2013; ASSMANN et al., 2015; TIECHER et al., 2017).

Adubação de sistema, premissa de um SIPA, é quando a recomendação de adubação não é feita somente considerando a produtividade de um cultivo, e sim quando leva em consideração as condições ambientais que promovem menores perdas de nutrientes, momentos do ano em que os fertilizantes são mais baratos, e principalmente, que busque maximizar a ciclagem de nutrientes no sistema. Nestes sistemas o fato de não colocar fertilizantes sobre a cultura não significa que faltará nutrientes para uma alta produtividade pois uma cultura pode ter sua demanda de nutrientes suprida através da ciclagem de nutrientes de uma cultura antecessora, ou pela adição de nutrientes na forma de fertilizantes.

A adubação de sistema tem como característica a aplicação total ou parcial da dose recomendada de fertilizante para a cultura que será cultivada no verão, por meio da adubação da cultura de inverno (FRANCISCO et al., 2007).

Um dos manejos adotados pelos produtores que adotam sistemas integrados de produção está relacionado ao uso de plantas de cobertura, em que a semeadura da cultura de interesse é feita sobre a palhada da cultura antecessora (TEIXEIRA et al., 2011). Outro manejo é a produção de pastagem, onde o componente animal é inserido ao sistema, o que torna a disponibilidade de nutrientes para as plantas, depende da sua disponibilidade no solo e à velocidade de liberação dos seus resíduos vegetais e animais e o retorno ao sistema (FERREIRA et al., 2011).

A produção de palhada e os dejetos deixados pelos animais, geram bons resultados para o solo, pois há o aumento de matéria orgânica na superfície do solo, que acarreta a melhoria de atributos edáficos e redução de perdas de solo por lixiviação e erosão, redução de impactos ambientais, eficiência no processo de adubação por meio da liberação gradual de nutrientes (TEIXEIRA et al., 2011).

Quando utilizada a aveia preta como cultura de cobertura e/ou pastejo

no inverno, por exemplo, se verifica que a espécie possui decomposição lenta e traz melhorias as características químicas e físicas do solo (SILVA et al., 2006). Essa característica se deve ao fato de a palhada ficar por mais tempo na cobertura do solo, porém, devido à alta relação C/N, não há acúmulo de nitrogênio em quantidades suficientes para o cultivo de milho, na próxima safra, já o acúmulo de potássio e fosforo é considerável (HEINRICHS et al., 2001; GIACOMINI et al., 2003; DONEDA et al., 2012).

Na adubação do milho é necessário conhecer e identificar as melhores estratégias de aplicação em virtude da qualidade do solo e o manejo de adubação no inverno (ASSMANN et al., 2003), pois a aveia por exemplo, causa imobilização do nitrogênio e pode prejudicar o milho, principalmente nas primeiras fases de desenvolvimento (CERETTA et al., 2002a).

Dessa forma, para manter os níveis de produtividade adequados, é necessário que a distribuição de nutrientes seja feita de forma a não ocorrer a redução da produtividade, e que essa promova a disponibilização de nutrientes nos períodos críticos da cultura a ser implantada no inverno e no verão (YAMADA; ABDALLA, 2006).

### 2.2.2 Adubação Nitrogenada

O nitrogênio é essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas pelo incremento da fixação de carbono, sendo também o principal constituinte das proteínas e interfere diretamente no processo fotossintético (SILVA et al., 2005; NABINGER; CARVALHO, 2009; CASSOL et al., 2011).

O nitrogênio quando aplicado no solo está sujeito aos mais diversos tipos de perdas, seja por volatilização, imobilização, desnitrificação e lixiviação o que afeta a absorção pelas plantas. Outros fatores de absorção do N está relacionado as condições edafoclimáticas, cultura a qual será aplicada e as práticas de manejo adotada pelo produtor (CABEZAS; COUTO, 2007).

As recomendações de adubação nitrogenada para a aveia preta, a recomendação é baseada no destino dado a matéria seca, seja ela para a produção de silagem ou feno, bem como para o pastejo dos animais. Para o milho a aplicação de nitrogênio é baseada no cultivo anterior e a expectativa de rendimento de grãos a ser obtido.

As recomendações de adubação nitrogenada para produtividade de matéria seca ( $t\ ha^{-1}$ ) de aveia preta e a produtividade de grão ( $t\ ha^{-1}$ ) para o milho, estão descritas nas Tabelas 1 e 2 (PAULETTI; MOTTA, 2019).

Tabela 1 – Adubação nitrogenada para o cultivo de aveia preta destinada a produção de silagem ou pastejo no Estado do Paraná

Objetivo	Produtividade esperada de matéria seca ( $t\ ha^{-1}$ )			
	<3	3-6	7-10	>10
	N ( $kg\ ha^{-1}$ )			
Silagem/Feno	75-100	101-150	151-200	201-250
Pastagem	35-50	51-75	76-100	101-125

Fonte: Pauletti e Motta (2019).

Tabela 2 – Adubação nitrogenada para o cultivo de milho no Estado do Paraná

Cultura anterior	Produtividade de grãos esperada ( $t\ ha^{-1}$ )			
	<8	8-12	13-16	>16
	N ( $kg\ ha^{-1}$ )			
Gramínea	80-120	121-180	181-260	261-340
Leguminosa	20-60	61-120	121-200	201-280

Fonte: Pauletti e Motta (2019).

As respostas das plantas a adubação nitrogenada variam muito em relação aos componentes de rendimento e produtividade. Segundo Besen et al. (2018), há na literatura os mais diferentes resultados relacionados a essas variáveis, sendo necessário que os efeitos da adubação a partir das fontes sejam estudadas para entender os reais efeitos sobre as culturas de interesse econômico.

A ureia e sulfato de amônio, são as duas principais fontes de nitrogênio usadas na agricultura. A ureia possui uma alta concentração de nitrogênio, alta solubilidade e menor custo de aplicação, já a produtividade e massa fresca de grãos são favorecidos pela aplicação de sulfato de amônio (ALVA et al., 2006; COSTA; ROCHA; PEREIRA, 2011; CALONEGO; PALMA; FOLONI, 2012).

Dessa forma, para a produção de 8 a 12 toneladas de grãos por hectare de milho, cultivado após a aveia preta, é necessário aplicar de 121 a 180 kg de nitrogênio por hectare (PAULETTI; MOTTA, 2019).

O nitrogênio é absorvido em grandes quantidades e constitui as proteínas e interfere no processo fotossintético (SILVA et al., 2005). No milho, a adubação nitrogenada tem grande relevância, pois está extremamente relacionada com o aumento da produtividade pois limita o crescimento de folhas e o

desenvolvimento de grãos, por exemplo. (BASTOS et al. 2008; GUEDES et al., 2017).

A recomendação de adubação nitrogenada para a cultura do milho, varia de 60 a 100 kg ha<sup>-1</sup>, devendo ser considerado fatores, como condições de solo, clima, sistema de produção e cultivo, época de semeadura e forma de aplicação (CRUZ et al., 2008).

A adubação nitrogenada no milho é dividida em duas aplicações, uma na semeadura e a segunda quando a planta apresenta de quatro a oito folhas expandidas. No Sul do Brasil, a adubação deve ser feita de acordo com a quantidade de matéria orgânica do solo, pois cerca de 98% do nitrogênio está associado à matéria orgânica do solo e a expectativa de rendimento (BORTOLINI; SILVA; ARGENTA, 2000; COSTA, OLIVEIRA; FAQUIN, 2006; BORTOLLI, 2016).

Neumann et al. (2005) avaliaram o rendimento e os componentes da produção de milho em função de níveis de adubação nitrogenada em cobertura e, constataram que a dose de 135 kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionou a melhor produção de grãos, maior quantidade de fitomassa e menor proporção de folhas secas.

Argenta, Silva e Sangoi (2004) avaliaram o teor de clorofila das folhas de milho ao longo de seu ciclo em sistemas integrados de produção, com isso foi possível observar que existe uma forte relação entre o teor de clorofila das folhas e a quantidade de N na planta, conseqüentemente a maior quantidade de clorofila na planta proporciona maior taxa fotossintética.

#### 2.2.1.1 Estratégias da antecipação da adubação de nitrogênio em milho no sistema plantio direto

A adoção de sistemas integrados de produção associado ao sistema de plantio direto (SPD) permite que o solo se mantenha cobertos com resíduos gerados pela cultura antecessora (CARVALHO et al., 2010; HENTZ et al., 2014). Além da cobertura do solo, o SPD permite a melhora na qualidade química, física e biológica do solo, permitindo que o uso eficiente de nutrientes, a ciclagem nutriente, alteram a relação carbono/nitrogênio, incidindo diretamente na taxa de mineralização de nutrientes, em especial o N (ALLEN et al., 2007; MANZONI et al., 2008; MACHADO et al., 2014).

Estratégias de adubação nitrogenada devem ser consideradas para

respostas satisfatórias. A recomendação de N para a cultura do milho em SPD, em geral, está pautada na produtividade esperada (MARQUES, 2015). No solo, o N em sistema de plantio direto é imobilizado, devido a quantidade de matéria orgânica presente resultante da decomposição da palhada (CANTARELLA, 2007). Os processos de mineralização e imobilização do nitrogênio disponível é controlado por microrganismos e a depender da relação C/N, pode haver maior ou menor disponibilidade (BORGHI et al., 2014)

Algumas estratégias utilizadas pelos produtores é a aplicação de N na cultura antecessora ou pouco antes da semeadura da cultura do milho (MARQUES, 2015). A estratégia associada ao manejo da adubação pode influenciar o aproveitamento de N, ocorrendo assim o parcelamento das doses para que o máximo de nitrogênio seja aproveitado (CANTARELLA, 2007).

No sistema de plantio direto, a recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2016) é de que sejam aplicados na semeadura entre 20 e 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, após o cultivo de gramíneas. Em SPD o cultivo de milho após aveia preta, Mai et al. (2003) recomendam a aplicação de 20 a 30 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura, proporcionando bons níveis de crescimento e desenvolvimento das plantas de milho nos estádios iniciais.

A antecipação da adubação, deve levar em consideração a cultura antecessora, o regime pluviométrico regional e o processo de mineralização do N e tem como objetivo garantir maior eficiência de utilização do nutriente pela planta e menor intervenção na lavoura (FANCELLI, 2010). Ceretta et al. (2002b) avaliaram o adiantamento da aplicação do N no estágio de perfilhamento da aveia preta, verificaram que houve aumento na produção de matéria seca da aveia preta, porém a produtividade da cultura do milho foi reduzida.

Na pré-semeadura, a aplicação da dose total de N, permite a redução de custos com a otimização no uso de máquinas quando comparada a aplicação de nitrogênio em cobertura em duas etapas (KANEKO et al., 2010).

O parcelamento de N permite aumentar a produtividade e reduz perdas por lixiviação ou volatilização, já que o aproveitamento desse nutriente pelo milho é baixa em consequência da sua dinâmica no sistema solo-planta-atmosfera (CANTARELLA et al., 2008; DENG et al., 2015). Outro fator a ser considerado é que o parcelamento na semeadura e em cobertura, pode prejudicar a incorporação quando

a palhada se apresenta mais volumosa ou espessa (ROCHETTE et al., 2009),

A aplicação antecipada de nitrogênio em períodos e quantidades inadequados, acarretam maior ou menor perda desse nutriente. Dessa forma, a redução de perdas de nitrogênio é beneficiada pela aplicação de nitrogênio em épocas de maior exigência (FORNASIERI FILHO, 2007).

### 2.2.2 Adubação Potássica

Os solos brasileiros apresentam carência de potássio, sendo que este é um dos macronutriente mais requerido pelas plantas. No solo, o potássio está presente de três formas trocável, não trocável e estrutural, determinando assim a quantidade de K disponível para as plantas. As formas trocável e solúvel disponíveis, correspondem à reserva de curto prazo para as plantas. (KINPARA, 2003; ROSOLEM; CALONEGO; FOLONI, 2003; WERLE; GARCIA; ROSOLEM, 2008).

Na forma trocável, o potássio é mais susceptível às reações de equilíbrio químico, o que o torna menos disponível. A forma não trocável, é disponibilizada a partir do esgotamento ou diminuição dos teores de potássio das formas trocável e solúvel, que estão prontamente disponíveis. Quando solúvel, o potássio é facilmente lixiviado no perfil do solo, principalmente em regiões chuvosas e de solos arenosos o que limita a disponibilidade desse macronutriente. Na Região Sul os solos com alto teor de argila e matéria orgânica, a lixiviação é menor. Por fim, a forma estrutural do potássio está retida na rede cristalina dos minerais do solo, sendo liberado à medida que ocorre a intemperização dos minerais presentes no solo (KINPARA, 2003; GARCIA et al., 2008; MEDEIROS et al., 2014; REBELLATTO, 2013; VIEIRA et al., 2016; ZÖRB; SENBAYRAM; PEITER, 2014).

O potássio disponível no solo, depende de características como textura, tipo de solo, quantidade de argila, capacidade de troca de cátions (CTC), bem como das adubações realizadas (ROSOLEM; CALONEGO; FOLONI, 2003; WERLE; GARCIA; ROSOLEM, 2008). Doses aplicadas acima de 60 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, podem causar danos no processo germinativo e na plântula (CHUEIRI; CARDOSO JR; REIS JR, 2004; MALAVOLTA, 2006). Quando aplicado a lanço, o potássio pode ser aplicado em doses subdivididas o que permite a aplicação de doses superiores ao recomendado.



Quando presente na planta, o potássio apresenta alta mobilidade, sendo absorvido por meio do íon  $K^+$ , e contribui para a ativação de sistemas enzimáticos, síntese e translocação de carboidratos, proteínas e adenosina trifosfato (ATP), na regulação osmótica e estomática (KARIMI, 2017; KODUR et al., 2010).

O potássio presente nas plantas está cerca de 80% na forma livre, essa condição contribui para que ocorra o aumento da biomassa produzida (MALAVOLTA, 1980)

A adubação da aveia preta com óxido de potássio ( $K_2O$ ), segundo a recomendação de Pauletti e Motta (2019) para o Estado do Paraná, para a produtividade de matéria seca ( $t\ ha^{-1}$ ) está representada na Tabela 3:

Tabela 3 – Adubação potássica para cultivo de aveia preta no Estado do Paraná.

K no solo	Produtividade esperada de matéria seca ( $t\ ha^{-1}$ )			
	<3	3-6	7-10	>10
	K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )			
Muito baixo	51-60*	61-70	71-80	81-90
Baixo	41-50	51-60	61-70	71-80
Médio	31-40	41-50	51-60	61-70
Alto	0-30	31-40	41-50	51-60
Muito alto	0	0	0	40-50

Adaptado de Pauletti e Motta (2019).

Os teores de potássio na forma de  $K_2O$ , devem ser aplicadas de 31 a 70  $kg\ ha^{-1}$ , para a produtividade de 3 a 10 toneladas de matéria seca por hectare em q solos com teores médios de potássio, sendo a dose máxima recomenda para solos deficientes em potássio de 90  $kg\ ha^{-1}$ .

Ferrazza (2016) avaliou a antecipação da adubação potássica aplicada na pastagem em sistemas integrados de produção e constatou que, o pastejo rotativo influenciou de forma negativa o índice nutricional da pastagem, isso em função da exportação de nutrientes que o manejo rotativo proporciona. O mesmo autor constatou que as plantas de verão se apresentaram mais bem nutridas quando a aplicação foi feita no verão. A não eficiência na disponibilidade de nutrientes oferecida pela cultura anterior se explica pelo fato de o manejo adotado não ser contínuo.

Em pastejo contínuo, Assmann et al. (2003) constataram que a adubação realizada no inverno aumentou a produção de biomassa da aveia e melhorou o desempenho das culturas em sucessão, em função da ciclagem de nutrientes.

Segundo Zanella (2019) a palhada de aveia preta é um reservatório de grande relevância para a cultura a ser plantada na próxima safra, disponibilizando no curto prazo elevadas quantidades do nutriente. O potássio fica na palhada após a colheita da aveia preta, o que o torna disponível para a cultura seguinte (FAGERIA, 2009).

A quantidade de potássio recomendada para a adubação de milho no Estado do Paraná está descrita na Tabela 4:

Tabela 4 – Adubação potássica para cultivo de milho no Estado do Paraná.

K no solo	Produtividade de grãos esperada (t ha <sup>-1</sup> )			
	<8	3-6	7-10	<10
	N (kg ha <sup>-1</sup> )			
Muito baixo	101-130	Inviável	Inviável	Inviável
Baixo	71-100	101-130	131-160	161-190
Médio	41-70	71-100	101-130	131-160
Alto	21-40	41-70	71-100	101-130
Muito alto	20	21-40	41-70	71-100

Adaptado de Pauletti e Motta (2019); \*Para produção de silagem/feno, multiplicar em 3,0 vezes a dose.

O milho é uma cultura que absorve grande quantidade de potássio (PAVINATO et al., 2008). Segundo Cruz et al. (2014), a adubação potássica na cultura do milho, tem demonstrado resultados satisfatórios, mesmo em locais com teores de potássio no solo entre médio e alto. Outro fator importante que deve ser observado é o tipo de planta de cobertura presente, pois essa, pode influenciar na resposta desse nutriente.

### 2.2.3 Ciclagem de Nutrientes

A ciclagem de nutrientes ocorre pelo movimento dos nutrientes em um determinado ecossistema. A ciclagem é um fenômeno que envolve três ciclos: ciclo geoquímico, ciclo biogeoquímico e ciclo bioquímico (KIMMINS, 2004; CUNHA et al., 2015). O processo de ciclagem de nutrientes é fundamental para os ambientes agrícolas (FERREIRA et al., 2010).

Os nutrientes no ciclo geoquímico, entram no sistema através do processo de formação do solo, da fixação de nitrogênio, pela adição atmosférica por meio da precipitação atmosférica de elementos químicos presentes e adição de

fertilizantes. Já as saídas ocorrem pela erosão, lixiviação, volatilização e pela produção animal (CUNHA et al., 2015).

No ciclo biogeoquímico, a ciclagem de nutrientes envolve a biota e o meio físico dentro de um ecossistema, onde organismos autotróficos absorvem nutrientes do solo e o retorno desses nutrientes ocorre por meio de resíduos gerados por animais e vegetais (CUNHA et al., 2015).

A ciclagem bioquímica incide na ocorrência de processos de transferência no interior das plantas e são importantes pois aumentam a eficiência de uso de nutrientes (CUNHA et al., 2015).

Nos sistemas produtivos, o uso de cobertura do solo e a formação de palhada é importante como fonte de nutrientes, pois as plantas absorvem os nutrientes das camadas mais profundas do solo, levando por meio da decomposição, nutrientes para a superfície (FERREIRA et al., 2010).

Nos sistemas de produção, os primeiros estudos sobre a ciclagem de nutrientes foram realizados para agroflorestas, dessa forma, quando o componente animal é considerado com a produção de pastagem, ocorre a alteração na ciclagem de nutrientes, pois o ciclo vegetativo dessas espécies, bem como ocorre o consumo da forragem pelos animais, o que geram em segundo plano a entrada de nutrientes no sistema por meio das fezes dos animais (CUNHA et al., 2015). A introdução do animal no sistema, modificam os fluxos dos nutrientes entre o solo, a planta e a atmosfera (ANGHINONI, CARVALHO; COSTA, 2013).

Ao adotar sistemas de produção integrados como os SIPA, a ciclagem dos nutrientes se torna fundamental, sobretudo se for levado a cabo o conceito de adubação de sistema. Além de que, a produção integrada demanda de quantidades muito alta de nutrientes, em virtude das altas produtividades alcançadas, mantendo assim, o equilíbrio do sistema. Da mesma forma, o pastejo altera o funcionamento do sistema, por atuar no fluxo dos nutrientes em relação a direção, a magnitude e a composição (VITOUSEK et al., 2009; ANGHINONI et al., 2013).

De forma geral, a ciclagem de nutrientes permite que o produtor explore melhor das culturas que serão implantadas nos sistemas de produção integrada como o ILP, pois com isso, será possível obter o máximo do potencial genético da cultura, bem como manter a qualidade do ambiente, por meio da manutenção da fertilidade e conservação do solo (CUNHA; CASARIN; PROCHNOW, 2010).

Durante o processo de ciclagem, ocorre o movimento dos nutrientes interagindo no sistema atmosfera-planta-animal-solo (ANGHINONI et al., 2013). Dessa forma, o manejo da pastagem quando realizado, afeta a quantidade e a qualidade dos resíduos e, bem como a decomposição dos resíduos e as taxas de liberação de nutrientes (DUBEUX JR. et al., 2006), especialmente se for usado, na prática o conceito de pousio zero (SOARES et al., 2015). Assim, os SIPA potencializam a ciclagem e aumentam a produtividade da área, levando a ganhos econômicos e sustentabilidade, pois utiliza de forma eficiente os recursos naturais (CARVALHO et al., 2014). O equilíbrio do sistema atmosfera-solo-planta-animal é o sucesso do SIPA (IWASAKI, 2017).

A ciclagem de resíduos vegetais e animais torna-se uma fonte importante para a manutenção do equilíbrio solo-planta-atmosfera. Uma das vantagens da ciclagem dos nutrientes é que ela contribui, por exemplo, para a movimentação e dinâmica do potássio no solo (DUBEUX JR. et al., 2006; REBELLATTO, 2013). Segundo Bortolli (2016) a ciclagem de nutrientes em especial o potássio é bastante significativo, e deve ser levado em consideração no momento de se recomendar uma aplicação potássica.

A relação carbono/nitrogênio (C/N) varia de acordo com a taxa de decomposição que as espécies apresentam. Decomposições lentas ocorrem em poáceas, com relação C/N alta, na ordem de 30/1, já espécies de decomposição rápida, apresentam relação C/N menor, cerca de 20/1. O processo da relação C/N está pautado na promoção da mineralização de N (lenta) ou imobilização de N (rápida) (ALVARENGA et al., 2010).

A manutenção da palhada adiciona ao solo resíduos de alta relação C/N. Com o cultivo da aveia antecedendo o milho, prejudica a absorção de nitrogênio o que pode levar a redução da produtividade no milho (ZIECH et al., 2016).

No sistema de produção integrada, a aveia tem papel importante, pois além de ser fonte de alimento para a produção animal a manutenção da palhada para a cultura seguinte, principalmente no sistema de plantio direto, pois possui elevada relação C/N e decomposição lenta, o que garante que os nutrientes fiquem no solo, pois a cultura possui alta eficiência em extrair e reciclar nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, evitando a lixiviação ou imobilização, deixando esse nutrientes disponíveis para a safra seguinte (BORTOLINI et al., 2000; CRUSCIOL et al., 2008;

FEDERIZZI et al., 2014).

Por ter um processo de decomposição lenta, a aveia preta inicia o processo de decomposição inicia pelas proteínas e açúcares presentes, o que caracteriza uma decomposição mais acelerada, seguindo para a decomposição da celulose e lignina, que são mais resistentes ao processo de decomposição (WIEDER; LANG, 1982; HEINRICHS et al., 2001).

Zanella (2019) avaliou a decomposição de aveia preta em quatro locais que pertencem Região Sudoeste do Paraná e verificou que 20 dias após a alocação dos litter bags no campo a taxa de decomposição chegou a uma redução de palha de 1,35% por dia, sendo semelhante entre os ambientes estudados.

Ferreira (2011) avaliou a ciclagem da adubação potássica em sistemas de integração lavoura-pecuária, constatou que a maior ciclagem acontece em tratamentos com menor atura da pastagem. Alguns fatores devem ser considerados quando se pretende utilizar fertilizantes da cultura antecessora, por exemplo, o tempo transcorrido entre a dessecação e a semeadura da próxima cultura, a mescla forrageira, principalmente se tem ou não leguminosa na mistura, a presença de pastejo, a relação C/N do material residual. Em se tratando de uma aveia preta a relação é baixa, conseqüentemente sua decomposição é mais rápida, atendendo as necessidades de uma cultura como o milho por exemplo, que tem sua maior demanda nutricional nos primeiros estádios.

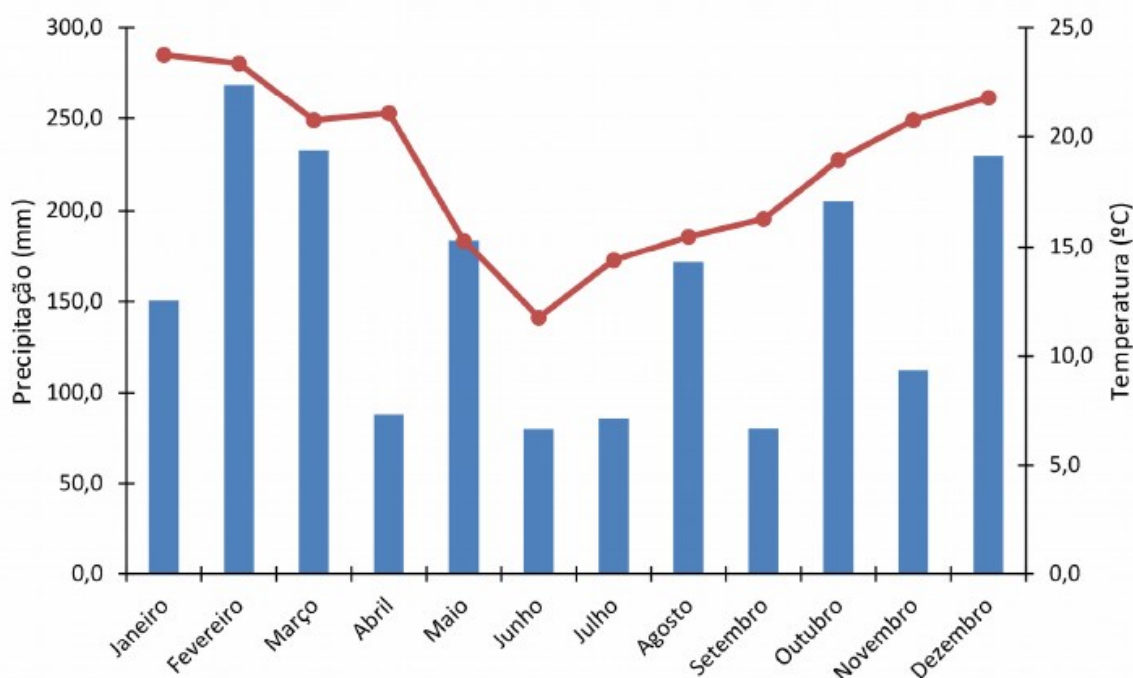
Heinrichs et al. (2001) avaliando a relação C/N da fitomassa em cultivo consorciado de aveia e ervilha, verificaram que houve redução na relação C/N, causando um acréscimo no fornecimento de N para a cultura do milho em sucessão, no entanto este consórcio diminuiu o período do material residual, deixando o solo mais exposto.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DO ESTUDO

O experimento foi desenvolvido no inverno de 2016, pelo cultivo da aveia preta e na estação quente 2016/2017, com o cultivo do milho. A condução ocorreu na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco, localizada a 26°10'36"S 52°41'28"O, com elevação média de 762 m. O clima da região é caracterizado como Cfa, pela classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013). Os dados climáticos referentes ao período experimental, estão apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Precipitação pluviométrica e temperatura média, no período de janeiro/2016 a dezembro/2016. UTFPR, Pato Branco – PR, 2021.



Fonte: O autor (2021).

O solo da área é descrito como Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico, com textura muito argilosa, com 750 g kg<sup>-1</sup> de argila, 1,4 g kg<sup>-1</sup> de areia e 248,6 g kg<sup>-1</sup> de silte. Antes do início do período experimental foi realizada uma coleta de solo da camada de 0-20 cm para fins de determinação da composição química do solo (Tabela 5).

Tabela 5 – Caracterização química da área experimental antes do início do experimento. UTFPR, Pato Branco, 2021.

pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	Al <sup>+3</sup>	CTC	V
CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%			
4,80	49,59	9,55	0,25	4,00	2,30	8,36	6,55	0,19	14,91	43,93

\*Abreviações: pH: potencial hidrogeniônico; CaCl<sub>2</sub>: cloreto de cálcio; M.O.: matéria orgânica; P: fósforo (Mahlich-1); K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; Al<sup>+3</sup>: alumínio; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases. Fonte: O autor (2021).

A condução da área experimental em sistema integrado de produção iniciou no ano de 2015 com a implantação do experimento em 2016, primeiramente com a semeadura da aveia em abril, seguida da semeadura de milho em novembro de 2016, após a dessecação da aveia. As avaliações foram realizadas durante a segunda safra de aveia implantada na área e após a colheita do milho em maio de 2017 (segundo ano de condução da safra de milho). As adubações foram realizadas nos dois anos que antecederam a colheita e avaliação dos componentes de rendimento do milho.

### 3.2 CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS

O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso, em esquema trifatorial (4 x 4 x 2) com parcelas subdivididas e três repetições. Sendo quatro doses de nitrogênio, quatro doses de potássio e a realização ou não de corte da biomassa vegetal (Tabela 6; Figura 2).

No fator nitrogênio, foram adotados os seguintes valores: 200-0; 150-50; 50-150; 0-200 kg de nitrogênio ha<sup>-1</sup>, na forma de ureia (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>) em que a primeira dose corresponde a que foi aplicada na cultura da aveia após o perfilhamento em 12 de maio de 2016 (inverno) e a segunda dose na cultura do milho nos estádios V4 à V6 de desenvolvimento, dia 03 de dezembro de 2016 (verão). Em relação ao potássio foi aplicado em quatro doses: 80-0; 60-20; 20-60; 0-80 kg ha<sup>-1</sup> de K na forma de cloreto de potássio (KCl) sendo o primeiro valor no período do inverno após a semeadura da aveia, no dia 09 de abril de 2016, e o segundo no período do verão, após o plantio do milho, no dia 14 de novembro de 2016. Tanto a adubação nitrogenada quanto a potássica foi aplicada dentro das subparcelas do experimento para que pudesse ser avaliada a interação entre esses dois fatores (Tabela 6; Figura 2).

Tabela 6 – Delineamento experimental com a deposição dos tratamentos de acordo doses de nitrogênio e potássio recomendadas aplicadas no inverno e verão, em subparcelas submetidas ou não ao corte. UTFPR, Pato Branco, 2021.

Parcelas				Subparcelas
Fase inverno – Aveia preta		Fase verão - milho		
Nitrogênio	Potássio	Nitrogênio	Potássio	Corte
200 kg ha <sup>-1</sup>	80 kg ha <sup>-1</sup>	0 kg ha <sup>-1</sup>	0 kg ha <sup>-1</sup>	Sim
				Não
200 kg ha <sup>-1</sup>	60 kg ha <sup>-1</sup>	0 kg ha <sup>-1</sup>	20 kg ha <sup>-1</sup>	Sim
				Não
200 kg ha <sup>-1</sup>	20 kg ha <sup>-1</sup>	0 kg/ha	60 kg ha <sup>-1</sup>	Sim
				Não
200 kg ha <sup>-1</sup>	0 kg ha <sup>-1</sup>	0 kg ha <sup>-1</sup>	80 kg ha <sup>-1</sup>	Sim
				Não
150 kg ha <sup>-1</sup>	80 kg ha <sup>-1</sup>	50 kg ha <sup>-1</sup>	0 kg ha <sup>-1</sup>	Sim
				Não
150 kg ha <sup>-1</sup>	60 kg ha <sup>-1</sup>	50 kg ha <sup>-1</sup>	20 kg ha <sup>-1</sup>	Sim
				Não
150 kg ha <sup>-1</sup>	20 kg/ha	50 kg ha <sup>-1</sup>	60 kg ha <sup>-1</sup>	Sim
				Não
150 kg ha <sup>-1</sup>	0 kg ha <sup>-1</sup>	50 kg ha <sup>-1</sup>	80 kg ha <sup>-1</sup>	Sim
				Não
50 kg ha <sup>-1</sup>	80 kg ha <sup>-1</sup>	150 kg ha <sup>-1</sup>	0 kg ha <sup>-1</sup>	Sim
				Não
50 kg ha <sup>-1</sup>	60 kg ha <sup>-1</sup>	150 kg ha <sup>-1</sup>	20 kg ha <sup>-1</sup>	Sim
				Não
50 kg ha <sup>-1</sup>	20 kg/ha	150 kg ha <sup>-1</sup>	60 kg ha <sup>-1</sup>	Sim
				Não
50 kg ha <sup>-1</sup>	0 kg ha <sup>-1</sup>	150 kg ha <sup>-1</sup>	80 kg ha <sup>-1</sup>	Sim
				Não
0 kg ha <sup>-1</sup>	80 kg ha <sup>-1</sup>	200 kg ha <sup>-1</sup>	0 kg ha <sup>-1</sup>	Sim
				Não
0 kg ha <sup>-1</sup>	60 kg ha <sup>-1</sup>	200 kg ha <sup>-1</sup>	20 kg ha <sup>-1</sup>	Sim
				Não
0 kg ha <sup>-1</sup>	20 kg/ha	200 kg ha <sup>-1</sup>	60 kg ha <sup>-1</sup>	Sim
				Não
0 kg ha <sup>-1</sup>	0 kg ha <sup>-1</sup>	200 kg ha <sup>-1</sup>	80 kg ha <sup>-1</sup>	Sim
				Não

Fonte: O autor (2021).



Figura 2 – Croqui do delineamento experimental blocos ao acaso, em esquema trifatorial com a deposição dos tratamentos conforme as porcentagens de doses de nitrogênio e potássio recomendadas. UTFPR, Pato Branco – PR, 2021.

		%N	%K						
B1		100-0+25-75	0-100+0-100	75-25+100-0	25-75+25-75	75-25+25-75	0-100+25-75		
		25-75+0-100	75-25+0-100	100-0+100-0	25-75+75-25	100-0+75-25	75-25+75-25		
		0-100+75-25	0-100+100-0	25-75+100-0	100-0+0-100				
B2		100-0+0-100	25-75+100-0	25-75+75-25	0-100+0-100	25-75+25-75	0-100+75-25		
		100-0+100-0	75-25+75-25	75-25+100-0	100-0+25-75	75-25+25-75	0-100+25-75		
		100-0+75-25	25-75+0-100	0-100+100-0	75-25+0-100				
B3		25-75+0-100	25-75+100-0	75-25+0-100	0-100+75-25	0-100+25-75	75-25+25-75		
		75-25+100-0	100-0+75-25	0-100+0-100	100-0+0-100	0-100+100-0	75-25+75-25		
		25-75+75-25	100-0+25-75	25-75+25-75	100-0+100-0				

\*%N: porcentagem de nitrogênio no período de inverno e verão (I+V); \*%K: porcentagem de potássio no período de inverno e verão (I+V).Fonte: O autor (2021).

Nas subparcelas submetidas a cortes, estes foram realizados quando atingiam 0,35 m de altura: 21 de maio de 2016 (37 dias após semeadura - DAS); 10 de junho de 2016 (57 DAS); 09 de julho de 2016 (86 DAS); e 13 de agosto de 2016 (121 DAS). Os cortes foram realizados com auxílio de uma máquina aparadora de grama.

Cada bloco foi composto de 16 tratamentos que possuíam tamanho de 21,60 m<sup>2</sup> de área útil, posteriormente a área foi dividida ao meio, 4,00 x 2,70 m, totalizando 10,8 m<sup>2</sup> onde foi realizado o corte da aveia como planta forrageira e a outra cultivada como planta de cobertura.

A semeadura da aveia foi realizada no dia 14 de abril de 2016 com semeadora de fluxo contínuo, Semeato 1517 com espaçamento de 17 cm entre linhas, com profundidade de 2 a 3 cm, com densidade de semeadura de 100 kg ha<sup>-1</sup>.

A adubação da aveia preta foi realizada à lanço, em dose única, no dia 05 de maio de 2016 (21 DAS), anteriormente ao perfilhamento, para o potássio e durante o perfilhamento para o nitrogênio no dia 10 de maio de 2016 (26 DAS).

Para a semeadura do milho foi realizada a dessecação da aveia com herbicida não seletivo de ação sistêmica (Roundup® Transorb R) no dia 10 de outubro de 2016 (Dose: 3,5 L ha<sup>-1</sup> em 200 litros de calda ha<sup>-1</sup>).

O milho híbrido Dekalb, DKB 290, apresenta altas produtividades, ciclo precoce, com tecnologia VT PRO 3™, com população de 70 mil plantas ha<sup>-1</sup>. A

semeadura foi realizada no dia 12 de novembro de 2016 com plantadeira modelo “Vence Tudo”, com espaçamento entre linhas de 0,45 m.

A adubação do milho, foi realizada no estágio V5 da cultura do milho, em 03 de dezembro de 2015, com a aplicação de 200-0, 150-50, 50-150 e 0-200 kg de nitrogênio por hectare, sendo que o primeiro valor corresponde ao período de inverno e o segundo no verão respectivamente. Para a adubação potássica foi realizada à lanço, em dose única com 80-0; 60-20; 20-60; 0-80 kg de potássio por hectare, sendo que o primeiro valor corresponde ao período de inverno e o segundo no verão respectivamente, após o plantio do milho, no dia 14 de novembro de 2016. A aplicação do fósforo foi efetuada no dia do plantio do milho, incorporando-o ao solo  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  de P na forma de superfosfato simples ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

A colheita do milho foi realizada de forma manual no dia 24 de março de 2017, as espigas debulhadas em batedor de cereais acoplado ao trator.

### 3.3 VARIÁVEIS RESPOSTA

#### 3.3.1 Aveia Preta

A biomassa da aveia preta foi determinada por meio de corte com tesoura a 0,10 m de altura em área útil de  $0,25 \text{ m}^2$ , sendo posteriormente pesada em balança de precisão e extrapolada para produção de biomassa em quilos por hectare ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

A altura de dossel e altura de perfilho (m) estendido foram obtidas com auxílio de uma régua milimetrada. A altura de dossel foi representada medindo verticalmente as plantas sem manipulá-las. A altura do perfilho estendido foi mensurada se estendendo os perfilhos da gramínea no sentido vertical anotando a maior distância do nível do solo até o ápice dos perfilhos.

A densidade populacional de perfilhos (DPP) foi obtida nos dias em que foram realizados os cortes da aveia, contando os perfilhos presentes em  $0,25 \text{ m}^2$ , delimitados por um quadrado de ferro.

O índice de acamamento foi obtido pela razão entre altura estendida de perfilho e altura de dossel como descrita por Santos et al. (2009).

A interceptação luminosa pelo dossel forrageiro foi quantificada momentos antes da desfolha. As leituras eram feitas com auxílio de um ceptômetro, modelo “Sunfleck PAR Ceptometer” (Decagon Devices, USA). O aparelho era inserido sobre o dossel e, posteriormente, abaixo do dossel perpendicularmente as linhas de semeadura. A diferença entre a leitura feita acima e a feita abaixo do dossel expressou a interceptação luminosa.

Para a clorofila A, B e total, foram realizadas 10 medições em cada uma das parcelas com o auxílio de um clorofilômetro portátil “ClorofiLOG Falker CFL 1030”, momentos antes da desfolha, com pleno sol e próximo ao meio-dia. O aparelho determina três faixas de frequência de luz, por meio do índice de clorofila ICF (índice de clorofila Falker), levando em consideração a presença de clorofila dos tipos a e b e a soma desses dois resulta na clorofila total (FALKER, 2021).

### 3.3.2 Milho

Estande inicial de plantas de milho foi realizado após a estabilização da emergência da cultura do milho, através da contagem de quatro metros de cada linha de semeadura em cada parcela, posteriormente extrapolada para hectare.

Número de fileiras por espiga foi obtido pela contagem das fileiras de grãos em cinco espigas, obtendo-se o resultado a partir da média aritmética das parcelas e extrapolado para hectare.

Número de grãos por fileira foi determinado pela contagem manual dos grãos de uma fileira, em cinco espigas. O resultado foi obtido por meio da média aritmética das subamostras.

Comprimento de espiga (cm) foi determinado por meio da média aritmética de cinco espigas sem palha medidas com auxílio de régua graduada, desde sua base até a parte superior.

Diâmetro de espiga (mm) foi obtido pela média aritmética de cinco espigas sem palha, medidas com paquímetro digital, no meio da espiga.

Peso de espiga (g) foi determinado pela média aritmética de cinco espigas sem palha, com o auxílio de balança de precisão.

Número de espigas, foi obtido pela contagem do número total de espigas produzidas na área útil da parcela no momento da colheita, extrapolada para hectare.

Altura de inserção de espiga (cm), foi determinada por meio de régua graduada medindo-se cinco plantas na parcela, pela média aritmética obteve-se o valor final, uma semana antes da colheita.

Altura de plantas (m), determinado por meio de régua graduada, em que foram medidas três plantas na parcela, pela média aritmética obteve-se o valor final, uma semana antes da colheita.

Diâmetro de colmo (cm) foi determinado por meio da média aritmética do diâmetro do colmo de cinco plantas, na região do terceiro entrenó acima do solo, realizado com auxílio de um paquímetro digital.

Peso de mil sementes (g), foi obtido pela pesagem de 200 grãos separados em tabuleiro e multiplicados pelo valor de correção cinco.

Produtividade final ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), determinada por meio da pesagem da massa de grãos colhida na área útil da parcela e posteriormente trilhada, corrigida para umidade relativa de 13% e extrapolados os valores para hectare.

### 3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos para a aveia preta e milho foram tabulados e submetidos a análise de variância pelo proc MIXED do SAS, testando os efeitos de N, K e corte com as suas interações. Quando significativos, foram avaliados por meio de comparação de médias pelo teste de Tukey. A significância adotada para todas as avaliações foi de 5% ( $P \leq 0,05$ ).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 AVEIA PRETA

A análise de variância indica que o fator corte apresentou efeitos significativos para as variáveis biomassa total e residual, altura do dossel, comprimento de perfilho estendido, densidade populacional de perfilho, índice de acamamento, interceptação de radiação, clorofila A e total (Tabela 7).

Tabela 7 – Valores de potássio em cada uma das fontes de variância para as diferentes variáveis avaliadas de da de aveia preta cv. Comum, sob diferentes estratégias de adubação nitrogenada e potássica e corte. UTFPR, Pato Branco, 2021.

Variável	P > F						
	Corte*	N	K	Corte*N	Corte*K	N*K	N*K*Corte
Biomassa total	0,001**	0,441 <sup>ns</sup>	0,389 <sup>ns</sup>	0,727 <sup>ns</sup>	0,434 <sup>ns</sup>	0,947 <sup>ns</sup>	0,264 <sup>ns</sup>
Biomassa residual	0,001**	0,380 <sup>ns</sup>	0,422 <sup>ns</sup>	0,843 <sup>ns</sup>	0,345 <sup>ns</sup>	0,976 <sup>ns</sup>	0,353 <sup>ns</sup>
Altura do dossel	0,001**	0,744 <sup>ns</sup>	0,907 <sup>ns</sup>	0,796 <sup>ns</sup>	0,989 <sup>ns</sup>	0,997 <sup>ns</sup>	1,000 <sup>ns</sup>
Comprimento de perfilho estendido	0,001**	0,798 <sup>ns</sup>	0,981 <sup>ns</sup>	0,999 <sup>ns</sup>	0,954 <sup>ns</sup>	1,000 <sup>ns</sup>	1,000 <sup>ns</sup>
Densidade populacional de perfilho	0,001**	0,177 <sup>ns</sup>	0,270 <sup>ns</sup>	0,518 <sup>ns</sup>	0,308 <sup>ns</sup>	0,714 <sup>ns</sup>	0,645 <sup>ns</sup>
Índice de acamamento	0,001**	0,335 <sup>ns</sup>	0,325 <sup>ns</sup>	0,668 <sup>ns</sup>	0,519 <sup>ns</sup>	0,579 <sup>ns</sup>	0,964 <sup>ns</sup>
Interceptação de radiação	0,001**	0,002**	0,289 <sup>ns</sup>	0,431 <sup>ns</sup>	0,202 <sup>ns</sup>	0,900 <sup>ns</sup>	0,792 <sup>ns</sup>
Clorofila A	0,035**	0,272 <sup>ns</sup>	0,138 <sup>ns</sup>	0,968 <sup>ns</sup>	0,665 <sup>ns</sup>	0,054 <sup>ns</sup>	0,341 <sup>ns</sup>
Clorofila B	0,117 <sup>ns</sup>	0,144 <sup>ns</sup>	0,897 <sup>ns</sup>	0,956 <sup>ns</sup>	0,403 <sup>ns</sup>	0,645 <sup>ns</sup>	0,630 <sup>ns</sup>
Clorofila total	0,042**	0,236 <sup>ns</sup>	0,331 <sup>ns</sup>	0,947 <sup>ns</sup>	0,519 <sup>ns</sup>	0,519 <sup>ns</sup>	0,444 <sup>ns</sup>

\*\*Efeito significativo; <sup>ns</sup>Não significativo; Fonte: O autor (2021).

O efeito da adubação nitrogenada ocorreu para a variável interceptação luminosa; já a interação entre os fatores N e K ocorreu apenas na variável clorofila A.

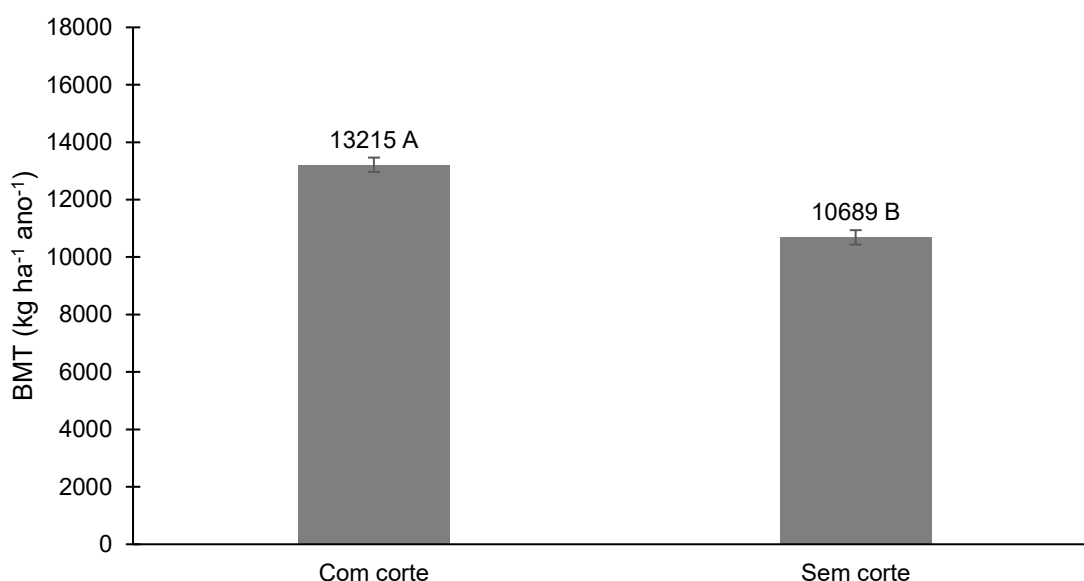
Para a variável biomassa total ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) de pastos de aveia preta, não houve interação entre os fatores efeito de N e K e o corte da forragem. Da mesma forma, não houve diferença significativa em relação ao efeito da aplicação de nitrogênio e potássio na adubação da aveia para a produção de forragem.

Apesar de não haver efeito significativo na produção de biomassa total a adubação realizada, Cassol et al. (2011) determinaram a matéria seca de aveia em relação ao efeito da época de corte e a adubação nitrogenada de cobertura (0 e 100  $\text{Kg de N ha}^{-1}$ ), na forma de ureia na região Sudoeste do Paraná com a adubação nitrogenada, os autores obtiveram produção de matéria seca de  $2.285 \text{ kg ha}^{-1}$  aos 60 dias após a emergência. A produção de biomassa também depende, além do nitrogênio das condições climáticas, disponibilidade de água e suprimento de outros

nutrientes (ORRICO JUNIOR et al., 2013).

Para o fator corte, a produção de biomassa total produzida foi superior para as parcelas em que houve o corte da aveia (Figura 3). A produção de biomassa de aveia preta, após realizados os quatro cortes, produziu 2.526 kg ha<sup>-1</sup> a mais do que as parcelas em que não houve corte.

Figura 3 - Biomassa total (BMT; kg ha<sup>-1</sup>) de pastos de aveia preta cv. Comum manejados com e sem corte mecânico em sistemas de integração lavoura-pecuária. UTFPR, Pato Branco – PR, 2021.



\*Barras verticais correspondem ao erro padrão; \*\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si. Fonte: O autor (2021).

Os resultados obtidos para variável biomassa residual (kg ha<sup>-1</sup>) tiveram o mesmo comportamento estatístico que a biomassa total, em que a interação entre os fatores N, K e corte avaliados não foi significativa. A adubação nitrogenada e potássica não apresentou efeito significativo para a produção de biomassa residual.

A produção de massa seca da cultivar Comum, estudada por Demétrio, Costa e Oliveira (2012), foi de 6.348 kg ha<sup>-1</sup>, já o rendimento de massa de palhada produzida foi em média de 5.786 kg ha<sup>-1</sup>, após a realização de quatro manejos de corte diferentes nas condições de cultivo do município de Santa Helena-PR.

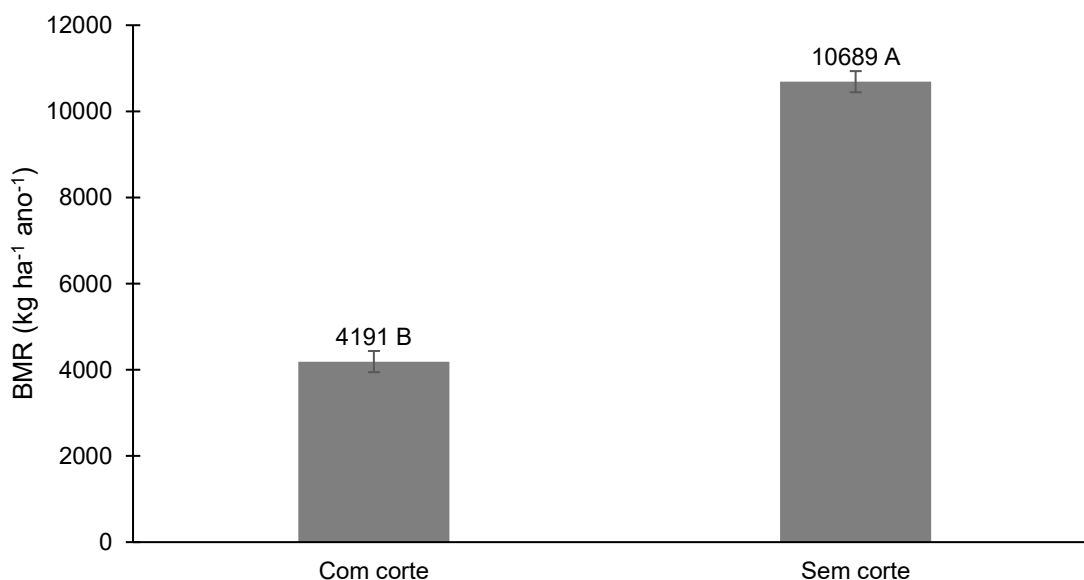
No presente estudo, o manejo adotado com o corte da forragem, produziu 13.215 kg ha<sup>-1</sup> de biomassa total, resultado esse superior ao estudo de Demétrio, Costa e Oliveira (2012). Quando a produção de biomassa total não foi submetida ao corte, a produção foi de 10.689 kg ha<sup>-1</sup>.

Ferolla et al. (2007) avaliaram a massa seca de aveia preta cv.

EMBRAPA 29 no sistema de corte produzida no norte do Estado do Rio de Janeiro, em que a aveia-preta produziu em média 2.317,48 kg MS ha<sup>-1</sup> no primeiro corte. A massa seca de forragem produzida no presente estudo variou de 2.043 kg ha<sup>-1</sup> no primeiro corte a 2.419 kg ha<sup>-1</sup> no segundo corte.

Quando não é realizado o corte da aveia preta, os resultados foram superiores estatisticamente àquela em que o corte foi realizado. Quando o corte ocorreu, a biomassa residual foi de 4.191 kg ha<sup>-1</sup>, quando o corte não é realizado, a massa de forragem é de 6.498 kg ha<sup>-1</sup> superior àquela em que houve corte mecânico (Figura 4).

Figura 4 - Biomassa residual (BMR; kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) de pastos de aveia preta cv. Comum manejados com e sem corte mecânico em sistemas de integração lavoura-pecuária. UTFPR, Pato Branco – PR, 2021.



\*Barras verticais correspondem ao erro padrão; \*\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si. Fonte: O autor (2021).

A interação entre a adubação e o corte da aveia preta não teve influência significativa para a altura do dossel do pasto. A aplicação da adubação nitrogenada e potássica, não demonstrou efeito significativo para a altura do dossel.

Demétrio, Costa e Oliveira (2012) avaliaram a produção de biomassa e das cultivares de aveia preta, sendo estas Comum, IAPAR 61, IPR 126, FAPA 2 e FUNDACEP FAPA 43, sob diferentes manejos de corte (florescimento; um corte na fase vegetativa e um corte no florescimento pleno; dois cortes na fase vegetativa e um corte no florescimento pleno; e três cortes na fase vegetativa e um corte no florescimento pleno. Os autores verificaram que o manejo com três cortes no estágio

vegetativo, favoreceu a produção de forragem.

Quando avaliado o perfilhamento de plantas forrageiras é necessário entender que essas dependem de condições relacionadas à planta, bem como a fatores como temperatura, luminosidade, umidade entre outros (MALAVOLTA, 2006). Dessa forma, foram avaliadas as variáveis altura do dossel, comprimento do perfilho estendido e a densidade populacional de perfilhos.

Matto Leão et al. (2019) avaliaram a produção de massa de forragem de trigo (*Triticum aestivum* cv. BRS Gralha Azul), cevada (*Hordeum vulgare* cv. BRS Brau), aveia branca (*Avena sativa* cv. URS Guará), aveia preta (*Avena strigosa* cv. Embrapa 139) e triticale (*X Triticosecale* cv. IPR 11) após a adoção de um, dois ou nenhum corte no estágio vegetativo. Como resultado, os autores observaram que os cortes, geraram redução na produção de massa seca de forragem. Sendo que para a aveia preta, quanto mais cortes foram realizados, menor a produção de massa seca total ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), passando de  $9.752 \text{ kg ha}^{-1}$ , na condição em que não houve corte, para  $6.749 \text{ kg ha}^{-1}$  com a realização de apenas um corte e de  $3.647 \text{ kg ha}^{-1}$  para dois cortes.

Sodré Filho et al. (2004) avaliaram a produção de biomassa de aveia preta, antecedendo a cultura do milho em sistema de plantio direto e convencional na Região do Cerrado. Os autores observaram que a aveia preta não apresentou boa adaptação às condições de entressafra, produzindo menos biomassa do que o esperado, além disso, foi possível verificar que a produção de biomassa foi superior no sistema de preparo convencional do solo em relação ao sistema plantio direto com produção de biomassa verde de  $3.645 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $2.693 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente, ao contrário do que ocorreu com as demais plantas de cobertura estudadas.

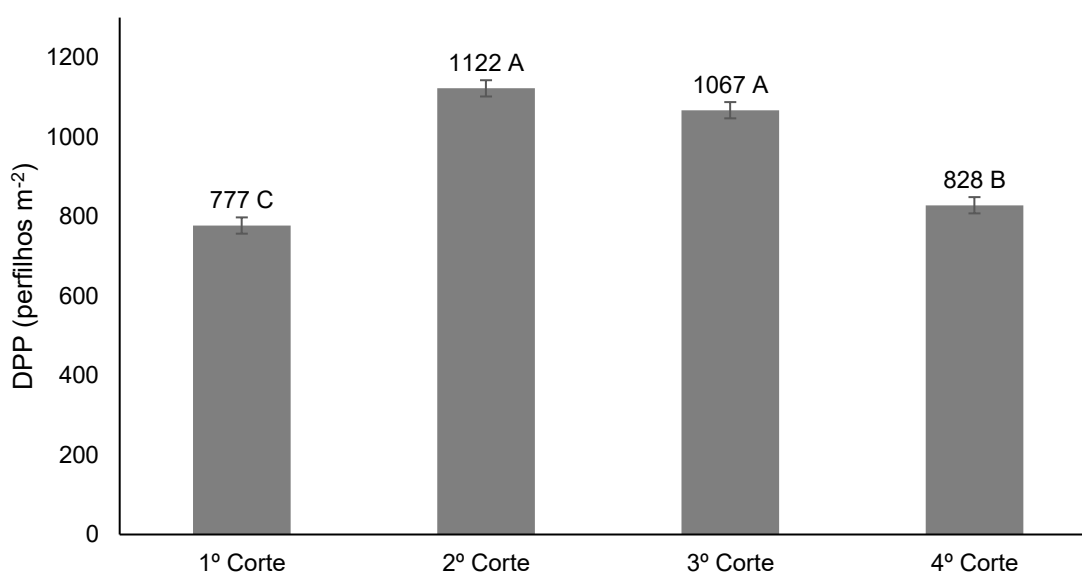
Sistemas de plantio direto tem como premissa o acúmulo de biomassa pelas culturas de cobertura em relação ao sistema convencional no sistema produtivo, o que contribui para o aumento de produtividade e redução de custos. Além disso, o estabelecimento do sistema, permite que o solo não fique descoberto o que propicia o estabelecimento da cultura comercial, bem como a manutenção e o acúmulo de palhada, protege o solo contra variações de temperatura e erosão, por exemplo (ALVARENGA et al., 2001; SODRÉ FILHO et al., 2004).

A densidade populacional dos perfilhos por metro quadrado não apresentou nenhuma interação entre fatores de tratamentos. Quando avaliado apenas a adubação, a análise de variância também mostrou que não houve efeito significativo



em relação as doses de nitrogênio ( $P=0,1765$ ) e potássio ( $P=0,2703$ ) utilizado para essa variável. Entretanto se observou efeito isolado entre cortes realizados, em que o segundo e o terceiro corte foram superiores não diferenciando estatisticamente entre si, esses cortes apresentaram a produção de 1.122 e 1.067 perfilhos  $m^{-2}$ . Dessa forma, o primeiro corte realizado foi o menor, com a produção média de 777 perfilhos  $m^{-2}$  (Figura 5).

Figura 5 - Densidade populacional de perfilhos (DPP; perfilhos  $m^{-2}$ ) de pastos de aveia preta cv. Comum manejados com corte mecânico em sistemas de integração lavoura-pecuária. UTFPR, Pato Branco – PR, 2021.



\*Barras verticais correspondem ao erro padrão; \*\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si. Fonte: O autor (2021).

A dinâmica do perfilhamento está pautada nos estádios ao qual a planta se encontra, em que no estágio vegetativo, há maior produção de perfilhos, visto que quando a planta se encontra na fase de reprodução ocorre a redução no surgimento de perfilhos e aumento em massa da planta, assim a massa seca está diretamente relacionada ao tamanho e número dos perfilhos que a planta forrageira produz (MALAVOLTA, 2006).

A avaliação da densidade populacional de perfilhos indica o vigor e a persistência das pastagens. Dessa forma, é possível evidenciar se a aplicação da adubação está promovendo resultados satisfatórios, como por exemplo a adubação nitrogenada. A quantidade de perfilhos também pode ser atribuída a desfolha, pois, dependendo da intensidade de pastejo, a planta inicia o processo de compensação em relação ao tamanho e a densidade, assim a intensidade de pastejo irá afetar

diretamente a produção de perfilhos (MATTHEW et al., 1995; SBRISSIA; SILVA, 2008).

Lima, Vendruscolo e Dalbianco (2021) avaliaram diferentes doses de nitrogênio e cortes na densidade populacional de perfilhamento de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã. Os autores observaram que a partir do segundo corte, sob níveis crescentes de nitrogênio houve aumento linear no número de perfilhos por metro quadrado. Os autores também verificaram a interação entre a produção de perfilhos em relação aos cortes e a adubação nitrogenada, em que o aumento da adubação, refletiu no aumento da densidade populacional de perfilhos.

A aveia apresentou comportamento semelhante ao ocorrer maior densidade populacional de perfilhos a partir do segundo corte, seguido de redução na densidade após o terceiro e quarto corte.

Rocha et al. (2019) avaliaram o perfilhamento da *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã, por meio da altura de corte e época do ano, para verificar alturas pós-corte mais adequadas para essa gramínea forrageira. Dessa forma, os autores verificaram que a densidade populacional de perfilhamento não foi afetada pelo manejo de corte adotado pelos autores, havendo interferência significativa da época do ano ( $P < 0,0001$ ), em que o verão apresentou as menores médias em relação ao outono e a inverno/primavera.

Casagrande et al. (2010) avaliaram a intensidade e sucessão dos pastejos (desfolhas), realizado por vacas e novilhas Holandesas de aproximadamente 450 kg. Houve como resultado a acentuada redução da densidade de perfilhos na maior oferta de forragem de *Brachiaria brizantha*, cv. Marandu e atribuíram esse resultado à maior altura do dossel e ao conseqüente comprometimento do processo de perfilhamento pela baixa intensidade e qualidade de luz incidente na base do dossel.

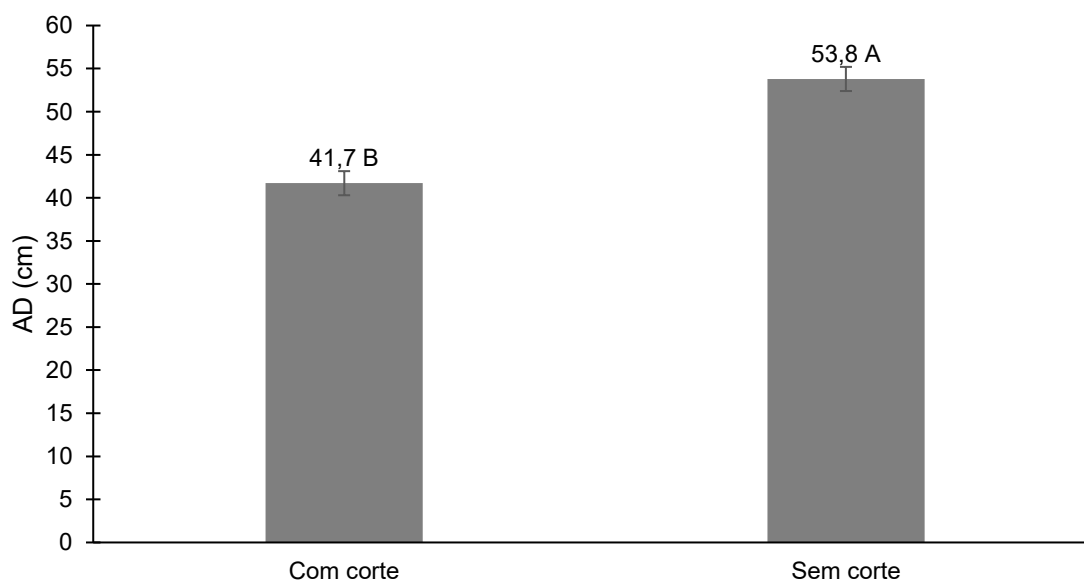
As diferentes gerações de perfilho apresentam folhas em três fases de desenvolvimento, sendo essas em expansão, expandidas e em senescência, as quais seguem um padrão dinâmico de reposição caracterizado pela sincronia entre o aparecimento, alongamento e senescência. O objetivo do pastejo é que os animais alocados consumam as folhas para que ocorra o estímulo do perfilhamento o que culmina no aumento da produção de forragem total em plantas que sofrem desfolha (HODGSON; CAPRILES; FENLON, 1977).

A principal adaptação fisiológica das plantas após a desfolhação é a

alocação preferencial de carbono para os meristemas apicais de perfilhos e zonas de expansão foliar com o objetivo de maximizar o aparecimento e alongamento de novas folhas (SILVA; NASCIMENTO JÚNIOR; EUCLIDES, 2008). Deste modo, em manejos com desfolha, as plantas produzem folhas mais curtas e a DPP é elevada, por outro lado, sem que ocorra a desfolha, as plantas tendem a desenvolver folhas mais longas e reduzir a taxa de perfilhamento.

A realização do corte, apresentou menor altura do dossel, com a aveia se mantendo em média com altura de 41,7 cm. Para a parcela que não foi adotado o corte, a altura do dossel atingiu 53,8 cm (Figura 6).

Figura 6 - Altura de dossel (AD; cm) de pastos de aveia preta cv. Comum manejados com e sem corte mecânico em sistemas de integração lavoura-pecuária. UTFPR, Pato Branco – PR, 2021.



\*Barras verticais correspondem ao erro padrão; \*\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si. Fonte: O autor (2021).

O crescimento em altura da aveia preta está relacionado entre outros fatores às condições edafoclimáticas. Dessa forma, a maior quantidade de chuvas durante a fase inicial de desenvolvimento, permite que ocorra maior crescimento das plantas, da mesma forma que esse crescimento é mais intenso no momento que antecede a emergência da panícula (ROSSETO; NAKAGAWA, 2001).

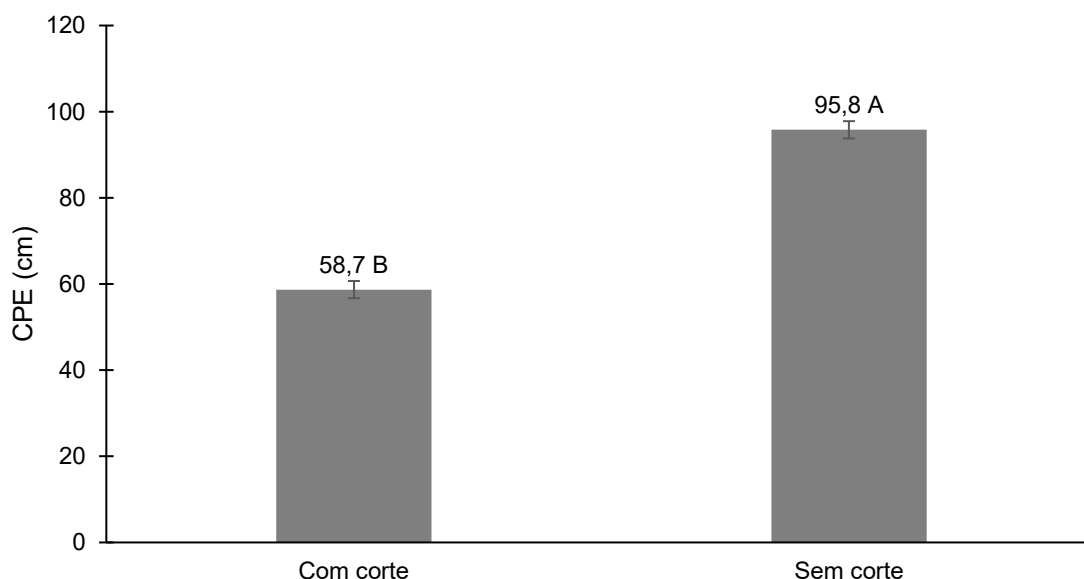
Quando aplicado os cortes a 0,10 m do solo na aveia preta, a planta passa a se recompor, crescendo e produzindo mais biomassa. Ao final da avaliação, após sofrer os cortes, a aveia preta cresceu 12,1 cm a menos que a parcela em que não ocorreu o corte, mostrando a capacidade de rebrote.

Luz et al. (2008) avaliaram a altura de aveia preta submetida a irrigação por aspersão e adubação nitrogenada após a realização de dois cortes (1º 60 DAS e 2º 99 DAS). Os autores observaram que a aplicação de dois cortes associada a irrigação permitiu o crescimento em altura da aveia superior a condição de sequeiro. A irrigação refletiu em efeitos positivos no crescimento em altura e produção de biomassa, em relação a adubação, resultado esse que corrobora com Rosseto e Nakagawa (2001).

Ao avaliar o comprimento de perfilho estendido da aveia preta utilizada como planta de cultivo no sistema, não se verificou nenhuma interação entre os fatores, apenas efeito isolado de corte.

Entre a adoção ou não do corte da forragem, a Figura 7 demonstra que houve efeito significativo entre as estratégias adotadas onde as plantas que foram submetidas ao corte, o comprimento médio do perfilho estendido foi de 58,7 cm, porém quando não submetidas ao corte, o comprimento foi de 95,8 cm, ou seja, em média houve um crescimento de 37,1 cm.

Figura 7 - Comprimento de perfilho estendido (CPE; cm) de pastos de aveia preta cv. Comum manejados com e sem corte mecânico em sistemas de integração lavoura-pecuária. UTFPR, Pato Branco – PR, 2021.



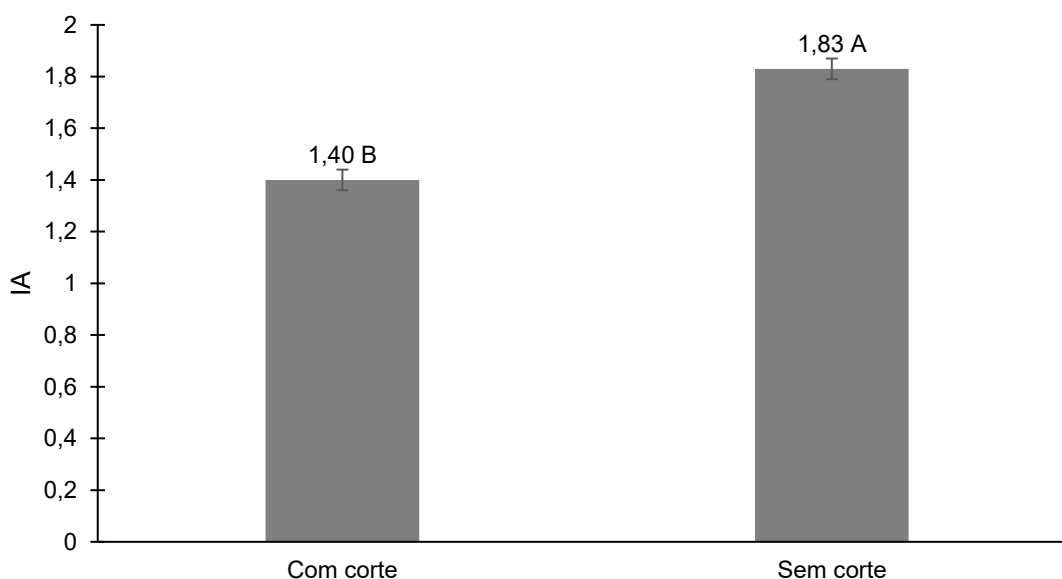
\*Barras verticais correspondem ao erro padrão; \*\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si. Fonte: O autor (2021).

O comprimento das folhas estendidas foi menor quando ocorre o corte das plantas. Segundo Silva, Nascimento Júnior e Euclides (2008), quando as plantas são cortadas, ocorre a redução no comprimento das folhas. Por esse motivo, que há

diferença significativa nessa variável em relação a realização ou não do corte.

O índice de acamamento foi obtido pela razão entre altura estendida de perfilho e altura de dossel da mesma forma que essa variáveis não apresentaram interações significativas. Apenas o corte surtiu efeito significativo, em que o índice de acamamento foi de 1,4 e 1,8 para as parcelas cortadas e não cortadas, respectivamente (Figura 8).

Figura 8 - Índice de acamamento (IA) de pastos de aveia preta cv. Comum manejados com e sem corte mecânico em sistemas de integração lavoura-pecuária. UTFPR, Pato Branco – PR, 2021.



\*Barras verticais correspondem ao erro padrão; \*\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si. Fonte: O autor (2021).

Este menor comprimento de folha, é responsável ainda, por reduzir os índices de acamamento (Figura 8), uma vez que, folhas de menor comprimento são mais facilmente sustentadas pela planta, por outro lado, quando não ocorreu a desfolha, as folhas se alongaram, ficando mais sensíveis ao acamamento.

Segundo Bortolini et al. (2004) a desfolha favorece a redução ou eliminação do acamamento pela redução no comprimento de colmos e com espigas menores em experimento em que foi avaliada a realização de um, dois ou nenhum corte da aveia preta. Desta forma, em locais em que há ocorrência de ventos fortes associados à umidade, por exemplo no inverno, o acamamento é minimizado, contribuindo assim para o manejo e colheita da cultura implantada (BORTOLINI et al., 2004, MATTOS LEÃO et al., 2019).

Além disso, corte da forragem reduz o índice foliar da planta, e

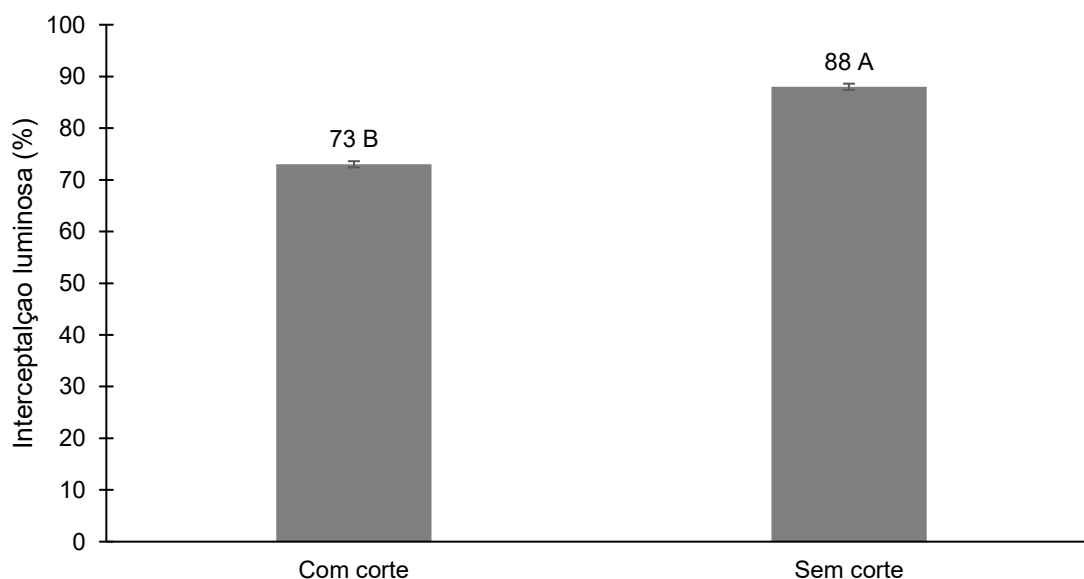
consequentemente o processo de fotossíntese. Com a redução da fotossíntese, há redução na quantidade de fotoassimilados levando a mobilização de reservas, afetando assim a altura das plantas, a produção perfilhos e consequentemente na produção de biomassa (TAIZ et al., 2017).

A realização de cortes na aveia preta cv. Garoa, permitiu segundo Bortolini et al. (2004) maior produção de grãos, redução do acamamento, maior produção de perfilhos e uniformidade de florescimento.

Não houve interação entre os fatores N, K e corte para a variável interceptação luminosa. Entretanto observou-se efeito isolado da estratégia de corte e adubação nitrogenada, já a adubação com quatro doses de potássio não apresentou efeito significativo.

A interceptação luminosa avaliada com auxílio de um ceptômetro, apresentou efeito significativo para a realização ou não realização do corte da forragem de aveia preta (Figura 9). A interceptação luminosa foi menor em plantas que foram cortadas, em que apresentaram 73% de interceptação em relação a forragem não cortada em que a interceptação foi de 88% da luz que chegou até o aparelho.

Figura 9 - Interceptação de radiação (IR; %) do dossel forrageiro de aveia preta cv. Comum manejados com e sem corte mecânico em sistemas de integração lavoura-pecuária. UTFPR, Pato Branco – PR, 2021.



\*Barras verticais correspondem ao erro padrão; \*\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si. Fonte: O autor (2021).

A interceptação luminosa tem relação com a altura do dossel. Quando o dossel intercepta 95 % de luz que incide sobre ele, ocorre a interrupção da rebrota

KORTE; WATKIN; HARRIS, 1984). Dessa forma, observou-se que os valores obtidos nesse estudo não chegaram a essa porcentagem mantendo assim o seu crescimento.

Se o dossel forrageiro interceptar acima de 95%, ocorre, segundo Carnevalli et al. (2006), a redução do acúmulo de folhas, aumento na produção de colmos e senescência foliar, em que há aumento na taxa de processos que prejudicam o acúmulo de forragem.

Deste modo, a remoção de área foliar, proporcionou entrada de luz na base do dossel forrageiro e assim estimulou o aumento do número de meristemas ativos, conseqüentemente elevando a DPP e a produção de folhas com menor comprimento. A produção de perfilhos é contínua, e interfere diretamente na entrada de luz na base do dossel, sendo que quanto maior o perfilhamento, menor a quantidade de luz que é interceptada (GARCEZ NETO et al., 2002).

As parcelas de aveia preta que receberam adubações nitrogenada de 200, 150 e 50 kg ha<sup>-1</sup>, não se diferenciaram entre si, porém, foram estatisticamente superiores em comparação com aquela que não recebeu adubação (Tabela 8).

Tabela 8 – Interceptação de radiação (IR; %) do dossel forrageiro de aveia preta cv. Comum manejados com diferentes doses de adubação nitrogenada em sistemas de integração lavoura-pecuária. UTFPR, Pato Branco, 2021.

Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )	IR (%)
200	81 ± 0,6 A
150	81 ± 0,6 A
50	81 ± 0,6 A
0	78 ± 0,6 B

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si. Fonte: O autor (2021).

A interceptação luminosa retoma a discussão a respeito da adubação nitrogenada, pois, o tratamento sem N demonstrou interceptação luminosa de 78% enquanto os tratamentos em que houve adubação apresentaram 81% de interceptação da luz (Tabela 8).

A interceptação da radiação solar incidente está diretamente relacionada com o índice de área foliar (IAF) do dossel. Com o avanço no ciclo de crescimento de uma planta, há o aumento do IAF e, por conseqüência, o aumento da interceptação da radiação (HUMPHREYS, 1966; BROWN; BLASER, 1968). Tal fato leva a crer que o IAF da aveia manejada sem N era ligeiramente menor que os demais resultados, interceptando assim, menos radiação.

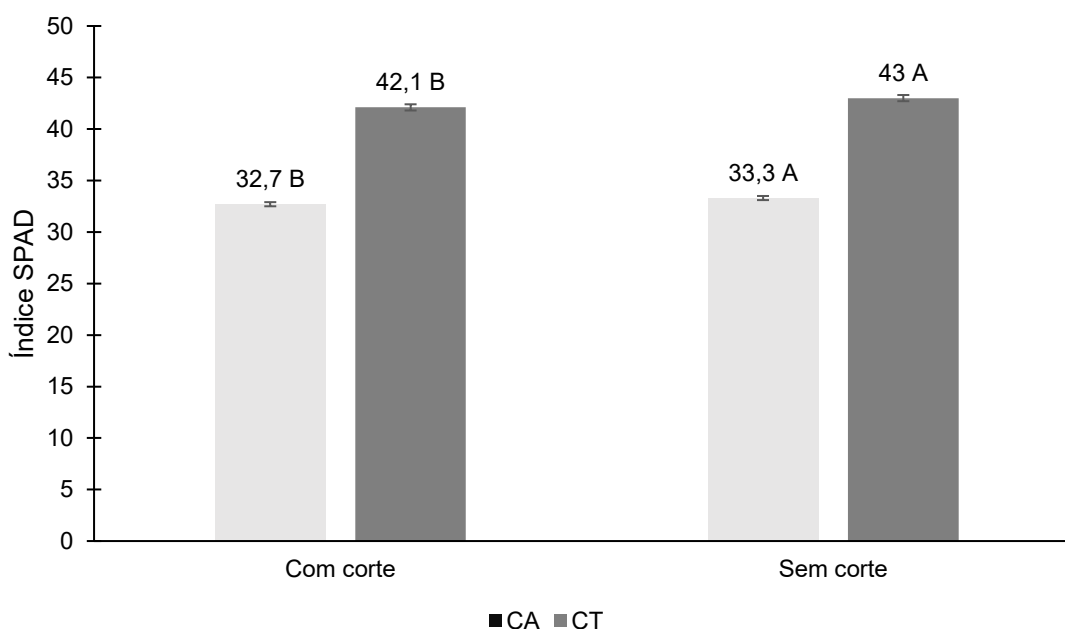
Fagundes et al. (1999) avaliaram índice de área foliar, interceptação luminosa e acúmulo de matéria seca em três cultivares de *Cynodon spp.* (Tifton-85,

Florakirk e Coastcross) e concluíram que mesmo com diferentes valores de IAF, as plantas apresentaram acúmulo de matéria seca sem diferenças significativas, assim como encontrado no presente experimento, onde mesmo com a interceptação de radiação menor, as plantas de aveia não diferiram em sua massa seca.

Não houve interações nem efeitos dos fatores de tratamentos para os teores de clorofila A, B e total.

O teor de clorofila apresentou médias superiores para a determinação da clorofila B, em que as plantas cortadas apresentaram menor valor (Figura 10).

Figura 10 - Clorofila A e total [CA e CT (ICF)] de pastos de aveia preta cv. Comum manejados com e sem corte mecânico em sistemas de integração lavoura-pecuária. UTFPR, Pato Branco – PR, 2021.



\*Barras verticais correspondem ao erro padrão; \*\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si na comparação com \* sem corte. Fonte: O autor (2021).

Para a clorofila A, as plantas sem corte apresentaram valor de 33,3 ICF, sendo superior estatisticamente às plantas que foram submetidas ao corte 32,7 ICF. Para a clorofila B, os valores variaram entre 43 ICF e 42,1 ICF, sendo superior para as que não sofreram corte (Figura 10).

A diferença significativa entre os teores de clorofila nos tratamentos com e sem desfolha, é explicada pela diferente área foliar. Silva, Júnior e Euclides (2008) relatam que, plantas que sofreram desfolha apresentaram folhas de menor comprimento, alterando os valores de clorofila quando comparado os manejos com e sem desfolha (Figura 10).



O presente trabalho não demonstrou diferença significativa entre os teores de clorofila entre doses de nitrogênio e potássio em separado. Tal resultado auxilia no entendimento da não variação estatística entre as variáveis biomassa total e massa residual, pois as plantas de diferentes tratamentos apresentaram mesmo teor de clorofila e assim teores de nitrogênio muito próximos.

Como a clorofila é responsável pela fotossíntese, por meio da captação da energia luminosa, que é transformada em energia química, ocorrendo assim, a produção de fotoassimilados nas plantas (TAIZ et al., 2017). Outro ponto relevante em relação a clorofila está pautado na relação entre o teor de clorofila e o nível nutricional. Dessa forma, o teor de clorofila nas folhas pode ser utilizado para prever o nível nutricional das plantas em relação ao nitrogênio, uma vez que a quantidade desse pigmento se correlaciona positivamente com o teor de nitrogênio na planta (ARGENTA; SILVA; BORTOLINI, 2001).

A quantidade de nitrogênio disponibilizado para a planta pode interferir no teor de clorofila, já que essa variável pode ser utilizada como indicador de níveis de nitrogênio na planta (RAMBO et al., 2007). O potássio atua nas plantas em processos bioquímicos e fisiológicos dos vegetais, mesmo sem fazer parte dos compostos estruturais de um vegetal (VIANA; KIEHL, 2010). Na fotossíntese, por exemplo, o potássio atua na transformação da energia luminosa em energia química, contribuindo para a assimilação de dióxido de carbono, translocação de carboidratos das folhas para o restante da planta, bem como na síntese de sacarose, amido, lipídios, aminoácidos e proteínas (FORNASIERI FILHO, 1992).

Viana e Kiehl (2010) avaliaram o efeito da combinação de doses de nitrogênio e potássio no teor de clorofila de trigo (*Triticum aestivum* L.) em que o teor de clorofila interferiu diretamente na produção de fitomassa da parte aérea e de espigas, pois a combinação das doses de nitrogênio e potássio incrementou o conteúdo de clorofila no trigo. Corroborando assim com o que foi descrito por Rambo et al. (2007), em que ele indica que o teor de clorofila pode interferir nos componentes de rendimentos de algumas culturas.

O solo onde o experimento foi implantado apresentava ótimas condições, dessa forma apesar da adubação realizada, não houve efeito significativo em relação as características morfológicas e produtivas, biomassa residual, densidade populacional de perfilhos, altura de dossel, altura de dossel estendido, pois os

principais nutrientes necessários para seu desenvolvimento estavam presentes no solo, seja em virtude da adubação feita na pastagem ou da adubação realizada ao longo dos anos, por se tratar de uma área em que o sistema de produção de integração lavoura pecuária está inserido.

## 4.2 MILHO

Optou-se pela análise de variância, para a fase milho, considerando os mesmos tratamentos, em esquema fatorial, usados da fase aveia. No entanto, é importante frisar que para cada uma das 16 combinações entre N e K no milho, não estavam associadas às 16 combinações na aveia (vide Tabela 6). Significaria dizer que o resultado para cada combinação de N e K no milho, independentemente de ter ou não corte, está acumulando um efeito da fase anterior, da aveia.

A análise de variância realizada para os fatores adubação nitrogenada, potássica e a realização do corte da forragem de aveia preta, só apresentou interação significativa entre K e corte, e apenas para estande de plantas (Tabela 9).

Tabela 9 – Valores de P em cada uma das fontes de variância para as diferentes variáveis avaliadas de componentes de rendimento do milho sob diferentes estratégias de adubação nitrogenada e potássica. UTFPR, Pato Branco, 2021.

Variável	P > F						
	Corte	N	K	Corte*N	Corte*K	N*K	N*K*Corte
Estande plantas ha <sup>-1</sup>	0,009**	0,349	0,333	0,831	0,037**	0,125	0,209
Fileiras/espiga	0,817	0,892	0,057	0,732	0,892	0,680	0,526
Grãos/fileira	0,547	0,956	0,306	0,756	0,574	0,840	0,919
Comp, de espiga (cm)	0,352	0,786	0,361	0,361	0,638	0,430	0,791
Diâmetro espiga	0,210	0,662	0,920	0,665	0,259	0,755	0,995
Peso de espiga (g)	0,768	0,842	0,170	0,240	0,956	0,796	0,332
N° de espiga (m <sup>2</sup> )	0,001**	0,233	0,822	0,444	0,361	0,515	0,394
AIE (m)	0,001**	0,168	0,236	0,623	0,619	0,367	0,915
Altura de planta (m)	0,001**	0,068	0,068	0,830	0,831	0,969	0,442
Diâmetro colmo (cm)	0,900	0,010**	0,529	0,976	0,657	0,916	0,843
PMS (g)	0,202	0,827	0,574	0,235	0,911	0,769	0,573
Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	0,001**	0,479	0,921	0,757	0,198	0,487	0,517

\*\*Efeito significativo; PMS = peso de mil sementes; AIE = altura de inserção de espiga. Fonte: O autor (2021).

Para os fatores em separado, a análise de variância indicou que houve efeito significativo para o fator corte da pastagem de aveia para os componentes de

rendimento, estande de plantas por hectare, número de grãos por espiga, altura de inserção da espiga, altura da planta e produtividade (Tabela 9).

Em experimento do tipo Mob-Grazing em que os animais entram de rúmen vazio e permanecem pouco tempo sobre a parcela e já são retirados ou em situações de corte mecânico em que a biomassa é retirado da parcela seria esperado que houvesse interações significativas, pois nos primeiros cortes após as adubações exportariam boa parte dos nutrientes adicionados via adubação, limitando a magnitude da ciclagem, contrariamente no caso do presente experimento o material permaneceu sobre a parcela, favorecendo a ciclagem de nutrientes, que por sua vez, é um dos principais fatores que sustentam a adubação sistêmica. Qualquer motivo que impede ou diminui a ciclagem causaria a falta de resposta do cultivo subsequente, ou seja, induziria a conclusão de não fazer adubação sistêmica. Por outro lado, em método de pastejo contínuo em que os animais defecam sobre a área pastoril ou quando a biomassa cortada mecanicamente é totalmente mantida sob a parcela existe a ciclagem mais completa propiciando ao sucesso da inversão de adubação.

O manejo de corte da forragem, caracterizado pela desfolha das plantas, e as estratégias de adubação tanto N como K depende entre outros fatores da metodologia usada na desfolha. Na avaliação dos efeitos da adubação, o fator nitrogênio não apresentou efeito significativo, já a adubação com potássio, teve efeito apenas para o estande de plantas, assim como a sua interação com a realização ou não do corte da forragem (Tabela 9).

Como não houve efeito isolado da estratégia de adubação potássica para nenhuma das variáveis estudadas, é possível indicar a supressão da adubação potássica do milho. O efeito da adubação potássica não foi significativo, pela presença de níveis elevados de potássio no solo em que o experimento foi implantado ( $97,5 \text{ mg dm}^{-3}$ ) (Tabela 5). Da mesma forma o nitrogênio também não teve efeito significativo, exceto para diâmetro de colmo, provavelmente devido ao alto teor de matéria orgânica da área do experimento ( $49,59 \text{ g dm}^{-3}$ ) (Tabela 5).

Os resultados obtidos demonstram que, em solos de boa fertilidade pode ocorrer a inversão de adubação para usufruir de todas suas vantagens, tais como, menor preço dos fertilizantes no outono em relação à primavera, menores perdas de nutriente, maior rendimento operacional na semeadura da cultura do milho e maior janela de aplicações no período de inverno, em situação contrária com um solo de

baixa fertilidade tal êxito não teria sido alcançado.

A aplicação da desfolha da forragem por meio do corte em quatro datas, influenciou os componentes de rendimento do milho (Tabela 10). As variáveis estande de plantas, altura de plantas, altura de inserção de espiga, número de espiga e produtividade do milho, foram influenciadas pelo manejo de corte, caracterizado por ter ou não desfolha das plantas de aveia antecedente a cultura do milho.

Tabela 10 – Componentes de rendimento do milho cultivado após aveia preta com e sem corte. UTFPR, Pato Branco, 2021.

Variável	Manejo do Pasto	
	Com Corte	Sem Corte
Estande plantas ha <sup>-1</sup>	55,55B*	61,28A
Fileiras/espiga	14,44 <sup>ns</sup>	14,38
Grãos/fileira	33,77 <sup>ns</sup>	34,01
Comp. de espiga (cm)	17,65 <sup>ns</sup>	17,90
Diâmetro espiga	48,54 <sup>ns</sup>	48,18
Peso de espiga (g)	0,214 <sup>ns</sup>	0,217
Nº de espiga (m <sup>2</sup> )	1,61 B	1,81 A
AIE (m)	0,92 B	0,98 A
Altura de planta (m)	2,40 B	2,47 A
Diâmetro colmo (cm)	20,57 <sup>ns</sup>	20,53
PMS (g)	345,91 <sup>ns</sup>	349,61
Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	10,2 B	11,94 A

\*Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si a 5%; <sup>ns</sup>Não significativo; PMS = peso de mil grãos; AIE = altura de inserção de espiga. Fonte: O autor (2021).

O rendimento da cultura do milho, apresentou médias superiores nas parcelas que não foram cortadas, sendo que ocorreu um incremento médio em produção de 1.740 kg. O efeito do manejo da forragem sem a realização do corte foi observado para o estande de plantas com valor de 61,28 mil plantas por hectare, a parcela em que o corte foi realizado o estande teve 5,73 mil plantas a menos (Tabela 10).

Segundo Noce et al. (2008) a palhada permite a melhoria das características físicas, químicas e biológicas, além da manutenção da umidade do solo, porém a palhada sobre a superfície pode influenciar na germinação e no desenvolvimento da cultura implantada em sucessão.

Neste estudo, devido ao déficit hídrico que ocorreu no período de implantação da cultura do milho (Figura 1), a palhada foi essencial para a manutenção da germinação, o que promoveu melhor estabelecimento de plantas nos tratamentos

onde não foram realizados os cortes da aveia preta.

Para as variáveis número de espigas por metro quadrado, altura de inserção da espiga e altura de plantas a realização da desfolha teve resultados menores em relação a manutenção das folhas nas plantas. O número de espigas foi de 1,61 e 1,81 por metro quadrado para a condição com e sem a desfolha, respectivamente. A altura de inserção da espiga variou 6 cm entre as duas estratégias de manejo. A altura da planta foi superior para as parcelas sem a realização do corte, apresentando em média 2,47 metros de altura (Tabela 10).

Um fator que contribuiu para esse resultado, está relacionado ao ambiente, em que logo após a semeadura, houve um período de déficit hídrico em que as parcelas submetidas a cortes apresentavam menor quantidade de palhada e conseqüentemente menor teor de umidade no solo, prejudicando o correto estabelecimento do estande de plantas. Com o menor número de plantas por hectare no manejo com corte, aproximadamente 9,35%, houve menor número de espigas por metro quadrado, a inferioridade destes componentes de rendimento e a não diferença nos demais componentes fez com que o milho sobre parcelas que foram desfolhadas produzisse menos.

Em relação aos componentes de rendimento e produtividade de grãos, a adubação nitrogenada teve efeito significativo apenas para diâmetro do colmo (Tabela 11).

Tabela 11 – Variáveis dos componentes de rendimento do milho em diferentes estratégias de adubação nitrogenada. UTFPR, Pato Branco, 2021.

Variável	Doses de N kg ha <sup>-1</sup>				Média
	200	150	50	0	
Estande plantas ha <sup>-1</sup>	53,51 <sup>ns</sup>	59,80	55,35	55,55	56,05
Fileiras/espiga	14,52 <sup>ns</sup>	14,50	14,35	14,28	14,41
Grãos/fileira	33,76 <sup>ns</sup>	33,91	34,05	33,85	33,89
Comp, de espiga (cm)	11,57 <sup>ns</sup>	17,74	17,94	17,85	16,27
Diâmetro espiga	48,33 <sup>ns</sup>	48,19	48,27	48,66	48,36
Peso de espiga (g)	0,21 <sup>ns</sup>	0,21	0,22	0,22	0,22
Nº de espiga (m <sup>2</sup> )	1,70 <sup>ns</sup>	1,77	1,74	1,64	1,71
AIE (m)	0,95 <sup>ns</sup>	0,96	0,97	0,93	0,95
Altura de planta (m)	2,42 <sup>ns</sup>	2,46	2,41	2,44	2,43
Diâmetro colmo (cm)	20,73 AB*	21,43 A	19,97 B	20,08 B	20,55
PMS (g)	347,19 <sup>ns</sup>	348,70	345,83	349,32	347,76
Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	10,86 <sup>ns</sup>	11,53	10,95	10,57	10,98

\*Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si na linha, a 5%; <sup>ns</sup>Não significativo; PMS = peso de mil sementes, AIE = Altura de inserção de espiga. Fonte: O autor (2021).

O diâmetro de colmo foi superior na dose de 25% de N quando aplicado na pastagem, com 21,43 cm, em relação que receberam 0, 75 e 100% da dose, não diferindo do diâmetro de colmo das plantas que receberam 100% da dose na cultura, em que os diâmetros foram de 20,73; 20,08 e 19,97 cm, para as doses de 0, 200 e 150 kg de N por hectare. Não houve diferença para o diâmetro de colmo entre as plantas que receberam 100% de N na cultura e 75 e 100% de N na pastagem (Tabela 10).

Besen et al. (2020), verificaram que o aumento das doses de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) influenciaram os componentes do rendimento do milho de maneira positiva, assim como o rendimento de plantas cultivadas no município de Curitiba-SC, após cultivado em sistema integrado de produção com adoção de consórcio de aveia preta e azevém comum. Como resultado, os autores observaram que o aumento da dose de nitrogênio contribuiu para o aumento do diâmetro do colmo, altura de inserção da espiga, comprimento da espiga, número de grãos por fileira e de grãos por espiga de maneira linear, já a altura de planta e número de fileiras por espiga apresentou crescimento quadrático nas respostas à adubação.

Besen et al. (2018) avaliaram a aplicação de N nos componentes de rendimento do milho, após cultivo realizado sobre palhada de aveia em que as variáveis grãos por fileira, grãos por espiga e comprimento da espiga foram incrementados pela adubação, o que não ocorreu para a variável número de fileiras por espiga.

Lopes et al. (2017) avaliaram a produtividade do milho após a adubação nitrogenada em três épocas, cobertura na pastagem de inverno, pré-semeadura e cobertura no milho, em sistema de produção agropecuária na cidade de Guarapuava-PR, em que houve o pastejo por ovinos. Os autores identificaram incrementos de produtividade no milho, em que indicam a adubação nitrogenada promove incrementos na produtividade de milho indicando a aplicação de 150 ou 225 kg ha<sup>-1</sup> de N na pastagem de inverno associada a 75 kg ha<sup>-1</sup> de N em pré-semeadura do milho.

O aumento no número de grãos por fileira foi observado por Muller (2013) em seu trabalho com inoculação de *Azospirillum brasilense* associada a níveis de adubação nitrogenada e o uso de bioestimulantes vegetal com o incremento da dose de nitrogênio. Resultado semelhante foi encontrado por Dourado Neto et al. (2004) nos tratamentos utilizando 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, ocorreu uma maximização de

aproximadamente 25% quando comparados aos tratamentos em que o nitrogênio não foi aplicado.

A adubação do milho realizada anteriormente à sua semeadura, pode levar à imobilização do N pela biomassa microbiana de maneira transitória, voltando a ser disponibilizado nos estádios de desenvolvimento de maior demanda de nitrogênio pelo milho. Da mesma forma, a aplicação do nitrogênio em cobertura, pode acarretar o acúmulo de nitrogênio na camada superficial do solo, alterando processos de imobilização, mineralização, desnitrificação, entre outros o que pode inviabilizar a disponibilidade de nitrogênio para as plantas, principalmente em que o sistema integrado já esteja consolidado (GOMES et al., 2007; LOPES et al., 2017).

A adubação com potássio, por sua vez, não alterou nenhuma das variáveis avaliadas relacionadas aos componentes de rendimento do milho (Tabela 12).

Tabela 12 – Variáveis dos componentes de rendimento do milho em diferentes estratégias de adubação potássica. UTFPR, Pato Branco, 2021.

Variável	Doses de K (kg ha <sup>-1</sup> )				Média
	80	60	20	0	
Estande plantas ha <sup>-1</sup>	53,51 <sup>ns</sup>	59,80	55,35	55,55	56,05
Fileiras/espiga	14,75 <sup>ns</sup>	14,33	13,86	14,70	14,41
Grãos/fileira	34,10 <sup>ns</sup>	33,36	34,34	33,77	33,89
Comp, de espiga (cm)	18,11 <sup>ns</sup>	17,88	17,49	17,60	17,77
Diâmetro espiga	48,33 <sup>ns</sup>	48,22	48,38	48,50	48,36
Peso de espiga (g)	0,21 <sup>ns</sup>	0,20	0,21	0,24	0,22
Nº de espiga (m <sup>2</sup> )	36,29 <sup>ns</sup>	37,54	36,96	37,25	37,01
AIE (m)	0,93 <sup>ns</sup>	0,96	0,95	0,97	0,95
Altura de planta (m)	2,43 <sup>ns</sup>	2,41	2,44	2,47	2,44
Diâmetro colmo (cm)	20,68 <sup>ns</sup>	20,89	20,24	20,40	20,55
PMS (g)	348,23 <sup>ns</sup>	345,26	346,77	350,78	347,76
Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	10,97 <sup>ns</sup>	11,13	11,06	10,74	10,98

\*O primeiro valor corresponde a percentual de adubação potássica no inverno e o segundo do verão; %; <sup>ns</sup>Não significativo; PMS = peso de mil sementes, AIE = Altura de inserção de espiga. Fonte: O autor (2021).

O número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira não se constatou interações significativas para as variáveis analisadas. Para o número de grãos por fileira, os tratamentos que receberam adubação total ou parcial no inverno, o que não comprometeu a quantidade de grãos por fileira da cultura do milho. Conseqüentemente, o mesmo resultado foi encontrado para grãos por fileira, em que os valores variaram de 33,36 para 25% da dose recomendada. Observando as médias

dos tratamentos é possível verificar que as maiores médias de grãos por fileira foram encontradas quando a adubação foi realizada parcialmente no inverno 75% da dose de N (Tabela 10) e K (Tabela 11).

Sokal et al. (2020), avaliaram a utilização de cloreto de potássio convencional, cloreto de potássio revestido com polímeros e a combinação de ambos nos componentes de rendimento e produtividade do milho. Os autores identificaram que diâmetro de colmo, altura de inserção de espiga, componentes de rendimento, produtividade não sofreram interferência da adubação potássica e suas combinações.

Apesar de não haver diferença significativa à aplicação de potássio em relação aos componentes de rendimento do milho, segundo Rosolem et al. (2003), a aveia pode ser eficiente na liberação de potássio para a cultura do milho, após ter sido cultivada como planta de cobertura no inverno, já que atua na maior disponibilidade de potássio após o seu manejo, por meio de sua palhada.

Não foi observada nenhuma interação entre os fatores para peso de mil sementes, tampouco efeito dos fatores isolados. A média geral obtida neste experimento para a massa de mil grãos foi de (348,58 g) foi inferior ao potencial especificado pela empresa produtora do híbrido (466,00 g) (Tabelas 11 e 12).

Os resultados encontrados neste trabalho corroboram com os encontrados por Melo et al. (2011), que não obtiveram diferenças significativas em função das doses de N aplicadas com média de 326,27 g para peso de mil sementes. Por outro lado, no trabalho de Lopes et al. (2012) foi verificado resultado significativo para a variável peso de mil sementes quando o nitrogênio aplicado na pastagem.

O peso de mil sementes de um híbrido de milho é fortemente determinado pelo potencial do material genético do milho e, está diretamente relacionada a produtividade do milho. Neste trabalho não foi possível verificar diferença de produtividade em relação aos tratamentos utilizados.

A média geral de produtividade do milho para os manejos com corte e sem corte foi de 11,07 t ha<sup>-1</sup> sendo superior às médias esperadas, havendo superioridade de produtividade para o manejo sem corte, por outro lado não foi evidenciado diferença significativa para doses e época da adubação nitrogenada e potássica, ficando evidente que é possível se fazer a inversão de adubação sem que haja comprometimento da cultura de milho subsequente.

É possível verificar que mesmo na ausência de adubação nitrogenada



ou potássica na cultura do milho, o rendimento médio de grãos em sucessão à aveia preta adubada com 200 kg ha<sup>-1</sup> de N e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K foi superior a não adubada, porém sem diferença significativa. Dessa forma, com a aplicação de N realizada apenas na pastagem, para cada quilograma de N aplicado corresponde a uma produção de 54,3 kg ha<sup>-1</sup> de grãos de milho, respectivamente 137,12 kg ha<sup>-1</sup> para cada quilograma de potássio aplicado (Tabelas 11 e 12).

Os dados encontrados neste trabalho corroboram aos encontrados por Lopes et al. (2012) e Assman et al. (2003) que comprovam a disponibilidade do nitrogênio aplicado na pastagem de inverno para a cultura sucessora de forma que não a comprometimento da produtividade. Ao avaliar a produtividade de milho em um sistema integrado de produção com inversão ou não de adubação e diferentes manejos da pastagem, De Bortoli (2016) constatou que não há redução de produtividade da cultura do milho. A mesma constatação foi encontrada por Amado et al. (2003) ao trabalhar com adubação de aveia preta.

Dado o exposto, a adubação nitrogenada e potássica a qual é aplicada na fase de pastagem neste tipo de sistema integrado de produção mostra-se uma ferramenta extremamente eficiente podendo vir a substituir a adubação de cobertura em plantas quando cultivadas na sequência, isso porque nutrientes como o potássio retorna muito rapidamente para o sistema após dar-se início a decomposição da pastagem em sistemas integrados de produção.

A aveia preta é um a boa alternativa como planta produtora de biomassa, além de proporcionar boas condições para o cultivo do milho. Apesar de não significativos, a aveia preta deixa no solo resíduos que proporcionam acúmulo de macronutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, além de contribuir para a ciclagem de nutrientes.

A utilização e manutenção de sistemas integrados de produção agropecuária permitem ao produtor ganhos e economias de importância ao comparar com sistemas convencionais de produção, por esse motivo é que a pesquisa nessa área vem sendo desenvolvida ao longo dos anos, com o intuito de promover e ampliar os conhecimentos e benefícios que podem ser explorados pelo produtor.

## 5 CONCLUSÕES

A adubação de sistema pode ser totalmente realizada no inverno em solos que apresentem boa fertilidade.

O corte mecânico na cultura da aveia eleva sua produtividade, além de, proporcionar maior ciclagem de nutrientes no sistema devido a intensa decomposição de resíduos e proporcionar uma cobertura de solo ideal para os sistemas de plantio direto.

A inversão total ou parcial da adubação nitrogenada e potássica aplicada no período de inverno mostrou-se uma ótima ferramenta podendo substituir a aplicação de adubação de cobertura em plantas de milho quando cultivadas na sequência.

A presença da desfolha diminuiu a produtividade do milho em função da menor massa de palhada piorando as condições hídricas para a cultura.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em futuro experimento recomenda-se efetuar o pastejo com animais, visto que o corte da forragem não simula a pressão de pastejo, arranquio de perfilhos, exportação de nutrientes via carne, leite ou lã. Nessa circunstância, o animal altera a dinâmica dos nutrientes no solo, em sua presença a ciclagem de nutrientes acontece de forma mais acelerada.

Para sistemas integrados de produção, experimentos de longa duração são essenciais e auxiliam a melhor compreensão das inúmeras relações possíveis dentro de uma mesma área. Muitas variáveis são dependentes das condições edafoclimáticas onde elas são mais bem avaliadas após longos períodos de avaliação.

Em sistemas de produção agrícola se preconiza apenas a adubação da cultura de grãos. Manejo que não explora todos os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, principalmente na região sul do Brasil, onde temos temperaturas amenas, alto teor de matéria orgânica e alto teor de argila.

Apesar da não diferença de produtividade no presente estudo é importante analisarmos o sistema como um todo, encontrar uma forma de manejo que proporcione maior lucratividade nas duas fases de cultivo.

Contudo, a não diferença em produtividade evidencia que podemos mudar alguns padrões implantados na agricultura moderna. Sistemas integrados de produção tem cada vez mais se mostrado viáveis, sustentáveis de forma ambiental e econômica.

## REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v. 22, p. 25-36, 2001.
- ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; COSTA, S. E. **Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropico brasileiro**. In: ARAÚJO, A.P.; ALVES, B.J.R. (Ed.). Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. p. 325-380.
- ALVA, A. K.; PARAMASIVAM, S.; FARES, A.; DELGADO, J. A.; MATTOS JR, D.; SAJWAN, K. Nitrogen and irrigation management practices to improve nitrogen uptake efficiency and minimize leaching losses. **Journal of Crop Improvement**, v. 15, p. 369-420, 2006.
- ALVARENGA, R. C.; NOVOTNY, E. H.; PEREIRA-FILHO, I. A.; SANTANA, D. P.; PEREIRA, F. T. F.; HERNANI, L. C. **Cultivo do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728. 2013.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. O teor relativo de clorofila foliar como parâmetro indicador para predizer a adubação nitrogenada em milho. **Ciência Rural**, v. 34, n. 5, p. 1379-1387, 2004.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciencia Rural**, v. 31, n. 4, p. 715-722, 2001.
- ASSMANN, J. M.; ANGHINONI, I.; MARTINS, A. P.; COSTA, S. E. V. G. A.; KUNRATH, T. R.; BAYER, C.; CARVALHO, P. C. F.; FRANZLUEBBERS, A. J. Carbon and nitrogen cycling in an integrated soybeanbeef cattle production system under different grazing intensities. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 10, p. 967-978, 2015.
- ASSMANN, T. S.; RONZELLI JUNIOR, P.; MORAES, A.; ASSMANN, A. L.; KOEHLER, H. S.; SANDINI, I. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 675-683, 2003.
- BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1-12, 2011.
- BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; MELO, F. B.; RIBEIRO, V. Q.; ANDRADE JUNIOR, A. S. Dose e formas de parcelamento de nitrogênio para a produção de milho sob plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 02, p. 275-280, 2008.
- BESEN, M. R.; RIBEIRO, R. H.; GOETTEN, M.; FIOREZE, S. L.; GUGINSKI-PIVA, C. A.; PIVA, J. T. Produtividade de milho e retorno econômico em sistema integrado de

produção com doses de nitrogênio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 19, n. 1, p. 94-103, 2020.

BESEN, M. R.; RIBEIRO, R. H.; MELLO, G. R.; BRATTI, F.; PIVA, J. T. Fontes minerais de nitrogênio na sucessão milho-trigo em sistema de plantio direto. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 7, p. 87-102, 2018.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, A. C. C.; TRIVELIN, P. C. O.; NASCENTE, A. S.; COSTA, C.; MATEUS, G. P. Nitrogen fertilization ( $15\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) of palisadegrass and residual effect on subsequent no-tillage corn. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 38, n. 5, p. 1457-1468, 2014.

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.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. F.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, R. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 9, p. 1101-1106, 2001.

BORTOLINI, P. C.; SANDINI, I.; CARVALHO, C. F.; MORAES, A. Cereais de inverno submetidos ao corte no sistema de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 45-50, 2004.

BORTOLLI, M. A. **Adubação de sistemas: Antecipação de adubação nitrogenada para cultura do milho em integração lavoura-pecuária**. 2016. 87 f. Tese (Doutorado em agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

CABEZAS, W. A. R. L.; COUTO, P. A. Imobilização de nitrogênio da ureia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 31, p. 739-752, 2007.

CALEGARI, A.; TIECHER, T.; HARGROVE, W. L.; RALISCH, R.; TESSIER, D.; TOURDONNET, S.; GUIMARÃES, M. de F.; SANTOS, D. R. Long-term effect of different soil management systems and winter crops on soil acidity and vertical distribution of nutrients in a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v. 133, p. 32-39, 2013.

CALONEGO, J. C.; PALMA, H. N.; FOLONI, J. S. S. Adubação nitrogenada foliar com sulfato de amônio e uréia na cultura do milho. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 1, n. 1, p. 34-44, 2012.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; CONTIN, T. L. M.; DIAS, F. L. F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R. B.; QUAGGIO, J. A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 4, p. 397-401, 2008.

CANTARELLA, H. **Nitrogênio**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Coord.). Fertilidade do solo. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 375-470, 2007.

CARNEVALLI, R. A.; DA SILVA, S. C.; BUENO, A. A. O.; UEBELE, M. C.; BUENO, F. O.; HODGSON, J.; SILVA, G. N.; MORAIS, J. P. G. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaca under four grazing managements. **Tropical**

**Grasslands**, v. 40, p. 165-176, 2006.

CARVALHO, P. C. F.; MORAES, A.; PONTES, L. S.; ANGHINONI, I.; SULC, R. M.; BATELLO, C. Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 1040-1046, 2014.

CARVALHO, I. Q. de; STRACK, M. **Aveias forrageiras e de cobertura**. In: LÂNGARO, N. C.; CARVALHO, I. Q. (Org.). Indicações técnicas para a cultura da aveia. Passo Fundo: UPF, 2014. p. 91-99.

CARVALHO, P.C. de F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A. de; SOUZA, E.D. de; SULC, R.M.; LANG, C.R.; FLORES, J.P.C.; LOPES, M.L.T.; SILVA, J.L.S. da; CONTE, O.; WESP, C.L.; LEVIEN, R.; FONTANELI, R.S.; BAYER, C. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 88, p. 259-273, 2010.

CASAGRANDE, D. R.; RUGGIERI, A. C.; JANUSCKIEWICZ, E. R.; GOMIDE, J. A.; REIS, R. A.; VALENTE, A. L. S. Características morfogênicas e estruturais do capim-marandu manejado sob pastejo intermitente com diferentes ofertas de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.10, p.2108-2115, 2010.

CASSOL, L. C.; PIVA, J. T.; SOARES, A. B.; ASSMANN, A. L. Produtividade e composição estrutural de aveia e avevém submetidos a épocas de corte e adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, v. 58, n. 4, p. 438-443, 2011.

CELIDÔNIO, O. L. M.; FERREIRA, D. L.; REIS, J. C. **Relatório final 1ª fase do Projeto URTEs**. Cuiabá: Senar, 2014. 42p. Disponível em: [http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/P259\\_Relatorio\\_URTE\\_-\\_Versao\\_Final\\_3008.pdf](http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/P259_Relatorio_URTE_-_Versao_Final_3008.pdf). Acesso em: 28 abr. 2021.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; DIEKOW, J.; AITA, C.; PAVINATO, P. S.; VIEIRA, F. C. B.; VENDRUSCULO, E. R. O. Nitrogen fertilizer split-application for corn in no-till succession to black oats. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 3, p. 549-554, 2002a.

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, p. 163-171, 2002b.

CHUEIRI, A. W.; CARDOSO JÚNIOR, O.; REIS JÚNIOR, R. A. **Técnicas de adubação: manejo do potássio na adubação de semeadura**. Manah, 2004. 4p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC, **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. Ed., Editora Pallotti, 2016, p. 376.

CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1/2, p. 15-43, 2015.

COSTA, L. A. M.; ROCHA, K. G.; PEREIRA, D. C. Sulfato de Amônio em cobertura na cultura do milho sob sistema de plantio direto. **Revista Varia Scientia Agrárias**, v. 2, n. 2, p. 49-58, 2011.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V. **Adução nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria* em solos do Cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 60 p. (Documentos 192).

CRUSCIOL, C. A. C.; MORO, E.; VALLELIMA, E.; ANDREOTTI, M. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 481-489, 2008.

CRUZ, S. C. S.; MACHADO, C. G.; SENA JÚNIOR, D. G.; CRUZ, S. J. S. Potassium fertilization for corn grown under bread grass straw. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 603-606, 2014.

CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C.; FILHO, I. A. P.; PINTO, L. B. B.; QUEIROZ, L. R. **Caracterização dos sistemas de produção de milho para altas produtividades**. Embrapa Milho e Sorgo: Circular técnica 124, Sete Lagoas, dez. 2009.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F.; MATRAGOLO, W. J. R.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. **Cultivo do Milho**. 6.ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2010. (Sistemas de Produção, 2).

CUNHA, G. M.; MOREIRA, G. R.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CUNHA, A. M.; TAIRA, A.; MARCELINO, L. L. **Ciclagem de nutrientes**. In: MOREIRA, G.R.; MARTINS, C.B.; DEMINICIS, B.B. (Ed.). Tópicos especiais em ciência animal III. Alegre: Caufes, 2015. p. 199-217.

CUNHA, J. F.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L. I. **Balço de nutrientes na agricultura brasileira**. Instituto Internacional de Nutrição de Plantas, IPNI, Informações Agronômicas, n. 130, 2010

DELZEIT, R.; ZABEL, F.; MEYER, C.; VÁCLAVÍK, T. Abordando futuras compensações entre a biodiversidade e a expansão de terras agrícolas para melhorar a segurança alimentar. **Regional Environmental Change**, v. 17, n. 1, p. 1429-1441, 2017.

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

DENG, F.; WANG, L.; REN, W. J.; MEI, X. F.; LI, S. X. Optimized nitrogen managements and polyaspartic acid urea improved dry matter production and yield of indica hybrid Rice. **Soil & Tillage Research**, v. 145, p. 1-9, 2015.

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

DOURADO NETO, D. E.; FANCELLI, A. L. **Produção de milho**. 2 ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360p.

DUBEUX JR., J. C. B.; SOLLENBERGER, L. E.; INTERRANTE, S. M.; VENDRAMINI, J. M. B.; STEWART JR., R. L. Litter decomposition and mineralization in bahiagrass pastures managed at different intensities. **Crop Science**, v. 46, p. 1305-1310, 2006.

- FAGERIA, N. K. **The use of nutrients in crop plants**. CRC Press, 2009.
- FAGUNDES, J. L.; SILVA, S. C.; PEDREIRA, C. G. S.; SBRISSIA, A. F.; CARNEVALLI, R. A.; CARVALHO, C. A. B.; PINTO, L. F. M. Índice de área foliar, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon spp.* sob diferentes intensidades de pastejo. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 1141-1150, 1999.
- FALKER. Como o índice ICF é calculado?2021. Disponível em: [https://www.falker.com.br/base/article/AA\\_00299/0/Como\\_o\\_índice\\_ICF\\_é\\_calculado.htm](https://www.falker.com.br/base/article/AA_00299/0/Como_o_índice_ICF_é_calculado.htm). Acesso: 04 jan 2021.
- FANCELLI, A. L. **Milho**. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. IPNI: Piracicaba, 2010. p.39-89.
- FEDERIZZI, L. C.; ALMEIDA, J. L.; MORI, C.; LÂNGARO, N. C.; PACHECO, M. T. **Importância da cultura da aveia**. In: Comissão Brasileira de Pesquisa em Aveia. Indicações técnicas para a cultura da aveia. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2014. p 13-24.
- FEROLLA, F. S.; VÁSQUEZ, H. M.; SILVA, J. F. C.; VIANA, A. P.; DOMINGUES, F. N.; AGUIAR, R. S. Produção de matéria seca, composição da massa de forragem e relação lâmina foliar/caule + bainha de aveia-preta e triticale nos sistemas de corte e de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1512-1517, 2007.
- FERRAZZA, J. M. **Antecipação da adubação potássica da soja aplicada na pastagem hibernal em sistemas integrados de produção agropecuária**. 2016. 94 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.
- FERREIRA, E. V. D. O.; ANGHINONI, I.; ANDRIGHETTI, M. H.; MARTINS, A. P.; CARVALHO, P. C. FACCIO. Ciclagem e balanço de potássio e produtividade de soja na integração lavoura-pecuária sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 35, n. 1, p. 161-169, 2011.
- FERREIRA, P. F. C.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; SOUZA, E. D.; SULC, R. M.; LANG, C. R.; FLORES, J. P. C.; TERRA-LOPES, M. L.; SILVA, J. L. S.; CONTE, O.; WESP, C. L.; LEVIEN, R.; FONTANELI, R. S.; BAYER, C. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 88, p. 259-273, 2010.
- FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 273 p.
- FORTES, C.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C. Long-term decomposition of sugarcane harvest residues in São Paulo State, Brazil. **Biomass & Bioenergy**, v. 42, p. 189-198, 2012.
- FRANCISCO, E. A. B.; DE SOUSA CÂMARA, G. M.; SEGATELLI, C. R. Estado nutricional e produção do capim-pé-de-galinha e da soja cultivada em sucessão em sistema antecipado de adubação. **Bragantia**, v. 66, n. 2, p. 259-266, 2007.
- GARCIA, R. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; CALONEGO, J. C. ROSOLEM, C. A. Potassium cycling in a corn-brachiaria cropping system. **European Journal of Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 579-585, 2008.
- GARCEZ NETO, A. F.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; REGAZZI, A. J.; FONSECA, D. M.;



MOSQUIM, P. R.; GOBBI, K. F. Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p. 1890-1900, 2002.

GARNETT, T.; APPLEBY, M. C.; BALMFORD, A.; BATEMAN, I. J.; BENTON, T. G.; BLOOMER, P.; BURLINGAME, B.; DAWKINS, M.; DOLAN, L.; FRASER, D.; HERRERO, M.; HOFFMANN, L.; SMITH, P.; THORNTON, P. K.; TOULMIN, C.; VERMEULEN, S. J.; GODFRAY, H. C. J. Sustainable Intensification in Agriculture: premises and policies. **Science**, v. 341, n. 1, p. 33-34, 2013.

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.

GOMES, R. F.; SILVA, A. G. da; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R. Efeito de doses e época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 931-938, 2007.

GUEDES, B. R.; DAMACENO, Y. R. P.; PINTO, A. A.; SANTOS, S. L. L.; CAMARA, F. T. Produtividade de massa verde de milho transgênico em função da adubação em regime de sequeiro no Cariri-CE. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 15, n. 1, p. 54-61, 2017.

GURGEL, A. C.; LAURENZANA, R. D. **Desafios e oportunidades da agricultura de baixo carbono**. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade. Brasília: Ipea, 2016. p. 343-366.

HEINRICHES, R.; AITA, C.; 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 Ciências do Solo**, v. 25, p. 331-340, 2001.

HENTZ, P.; CARVALHO, N. L.; LUZ, V.; BARCELLOS, A. F. Ciclagem de nitrogênio em sistemas de integração lavoura-pecuaría. **Ciência e Natura**, v. 36, p. 663-676, 2014.

HODGSON, J.; CAPRILES, J. M. R.; FENLON, J. S. The influence of sward characteristics on the herbage intake of grazing calves. **Journal of Agricultural Science**, v. 89, p. 743-750, 1977.

ILPF – Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. **ILPF em números**. Rede ILPF, 2017. 12p. Disponível em: <https://www.redeilpf.org.br/arquivos/2016-cpamt-ilpf-em-numeros.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021.

IWASAKI, G. S. **Adubação de sistemas com manejo residual do pasto de inverno e cultivo do feijão**. 2017. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

KANEKO, F. H.; ARF, O.; GITTI, D. C.; TARSITANO, M. A. A.; RAPASSI, R. M. A.; VILELA, R. G. Custo e rentabilidade do milho em função do manejo do solo e da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 1, p. 102-109, 2010.

KARIMI, R. Potassium-induced freezing tolerance is associated with endogenous

abscisic acid, polyamines and soluble sugars changes in grapevine. **Scientia Horticulturae**, v. 215, n. 3, p. 184-194, 2017.

KIMMINS, J. P. **Forest ecology**: a foundation for sustainable forest management and environmental ethics in forestry. 3rd ed. New Jersey: Prentice Hall, 2004. 720 p.

KINPARA, D. I. **A importância estratégica do potássio para o Brasil**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. 27p.

KODUR, S.; TISDALL, J. M.; TANG, C.; WALKER, R. R. Accumulation of potassium in grapevine rootstocks (*Vitis*) as affected by dry matter partitioning, root traits and 30 transpiration. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 16, n. 2, p. 273-282, 2010.

KORTE, C. J.; WATKIN, B. R.; HARRIS, W. Effects of the timing and intensity of spring grazings on reproductive development, tillering, and herbage production of perennial ryegrass dominated pasture. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 27, p. 135-149, 1984.

LANG, C. R.; PELISSARI, A.; MORAES, A.; SULC, R. M.; OLIVEIRA, E. B.; CARVALHO, P. C. F. Fitomassa aérea residual da pastagem de inverno no sistema integração lavoura-pecuária. **Scientia Agraria**, v. 5, n. 1, p. 43-48, 2004.

LEMAIRE, G.; FRANZLUEBBERS, A.; CARVALHO, P. C. F.; DEDIEU, B. Integrated crop-livestock systems: strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 190, n. 2, p. 4-8, 2014.

LIMA, R. O.; VENDRUSCOLO, M. C.; DALBIANCO, A. B. Características agronômicas do capim BRS Piatã submetido a doses de nitrogênio e cortes **PUBVET**, v. 15, n. 3, p. 1-13, 2021.

LOPES, E. C. P.; MORAES, A.; LANG, C. R.; SANDINI, I. E.; MÜLLER, M. M. L.; OLIVEIRA, E. B. Estratégias de adubação nitrogenada na cultura do milho em sistema integrado de produção agropecuária. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.16, n.2, p. 161-177, 2017.

LOPES, É. C. P.; MORAES, A.; SANDINI, I. E.; KAMINSKI, T. H.; NOVAKOWISKI, J. H.; BAZZANEZI, A. N. Cultura do milho sob residual de nitrogênio no sistema de produção integração lavoura-pecuária. In: **XXIX Congresso Nacional De Milho E Sorgo**. Águas de Lindóia. p. 2134-2140. 2012.

MACARI, S.; ROCHA, M. G.; RESTLE, J. Avaliação da mistura de cultivares de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) com azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) sob pastejo. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 910-915, 2006.

MACHADO, L. V.; RANGEL, O. J. P.; MENDONÇA, E. S.; MACHADO, R. V.; FERRARI, J. L. Fertilidade e compartimentos da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Coffee Science**, v. 9, p. 289-299, 2014.

MAI, M. E. M.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; SILVEIRA, M. J.; PAVINATO, A.; PAVINATO, P. S. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia-preta/milho no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 38:125-131, 2003.

MALAVOLTA, E. A. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E. A. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631p.

MANZONI, S.; JACKSON, R. B.; TROFYMOW, J. A.; PORPORATO, A. The global stoichiometry of litter nitrogen mineralization. **Science**, v. 321, p. 684-686, 2008.

MARQUES, L. M. **Antecipação de nitrogênio para a cultura do milho em sucessão a gramíneas forrageiras no sistema plantio direto**. 2015. 47 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2015.

MARTINS, C. D. M. **Relações entre intensidades de desfolha e o potencial produtivo em pastos de capim quicuiu, azevém anual e aveia preta**. 2017. 80 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2017.

MATTOS LEO, G. F.; JOBIM, C. C.; NEUMANN, M.; SANTOS, S. K.; HORST, E. H.; SANTOS, L. C. Aspectos produtivos e nutricionais de cereais de inverno em regimes de corte para ensilagem. **Archivos de Zootecnia**, v. 68, n. 262, p. 168-175, 2019.

MATTHEW, C.; LEMAIRE, G.; HAMILTON, N.R.S.; HERNANDEZ-GARAY, A. A modified self-thinning equation to describe size/density relationships for defoliated swards. **Annals of Botany**, v.76, n.6, p.579-587, 1995.

MELO, F. de B.; CORÁ, J. E.; CARDOSO, M. J. Fertilização nitrogenada, densidade de plantas e rendimento de milho cultivado no sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 27-31, 2011.

MEDEIROS, J. S.; OLIVEIRA, F. H. T.; SANTOS, H. C.; ARRUDA, J. A.; VIEIRA, M. S. Formas de potássio em solos representativos do Estado da Paraíba. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 2, p. 417-426, 2014.

MÜLLER, T. M. **Inoculação de *Azospirillum brasilense* associada a níveis crescentes de adubação nitrogenada e o uso de bioestimulante vegetal na cultura do milho**. 2013. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, PR, 2013.

NABINGER, C.; CARVALHO, P. F. C. Ecofisiología de sistemas pastoriles: aplicaciones para su sustentabilidad. **Agrociencia**, v. 13, n. 3, p. 18-27, 2009.

NEUMANN, M.; SANDINI, I. E.; LUSTOSA, S. B. C.; OST, P. R.; ROMANO, M. A.; FALBO, M. K.; PANSERA, E. R. Rendimento e componentes de produção da planta de milho (*Zea mays* L.) para silagem, em função de níveis de adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.3, p.418-427, 2005.

NOCE, M. A.; SOUZA, I. F.; KARAM, D.; FRANÇA, A. C.; MACIEL, G. M. Influência da palhada de gramíneas forrageiras sobre o desenvolvimento da planta de milho e das plantas daninhas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.7, n.3, p. 265-278, 2008.

OLIVEIRA, C. C.; VILLELA, S. D.; DE ALMEIDA, R. G.; ALVES, F. V.; BEHLING-NETO, A.; MARTINS, P. G. Performance of Nellore heifers forage mass, and structural and

nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* grass in integrated production systems. *Tropical Animal Health and Production*, v. 45, n. 1, p. 167-172, 2014.

ONU, United Nations - Department of economic and social affairs: Population Division. **Population Estimates and Projections Section**. 2019. Disponível em: <https://news.un.org/pt/>. Acesso em: 15 abr. 2021.

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; CENTURION, S. R.; SUNADA, N. S.; VARGAS JÚNIOR, F. M. Características morfogênicas do capim-piatã submetido à adubação com efluentes de abatedouro avícola. *Ciência Rural*, v. 43, n. 1, p. 158-163, 2013

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná**. 2 ed. Curitiba: Núcleo Estadual Paraná Sociedade Brasileira de Ciência de Solo – NEPAR-SBCS, 2019.

PAVINATO, P. S.; CERETTA, C. A.; GIROTTI, E.; MOREIRA, I. C. L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Revista Ciência Rural**, v. 38, p. 358-364, 2008.

PLATA, L. E. A.; CONCEIÇÃO, A. V. **O agronegócio brasileiro: análise das principais commodities**. Disponível em: <http://www.centropaulasouza.sp.gov.br/pos-graduacao/workshop-de-pos-graduacao-e-pesquisa/007-workshop-2012/workshop/trabalhos/gestneg/o-agronegocio-brasileiro.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2021.

REBELLATTO, A. **Avaliação agrônômica de fertilizantes sólidos e fluidos a base de dejetos de suínos e aves**. 2013. 116f. Tese (Doutorado em Manejo de Solo), Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2013.

RIOS, S. A.; BOREM, A.; GUIMARÃES, P. E. O.; PAES, M. C. D. Análise de trilha para carotenoides em milho. **Revista Ceres**, v. 59, n. 3, p. 368-373, 2012.

ROCHA, G. O.; CHIZZOTTI, F. H. M.; SANTOS, M. E. R.; SOUSA, B. M. L.; FONSECA, D. M. Perfilhamento do capim-piatã submetido a regimes de desfolhação intermitente. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 6, p. 2057-2064, 2019.

ROCHETTE, F.; ANGERS, D. A.; CHANTIGNY, M. H.; MacDONALD, J. D.; BISSONNETTE, N.; BERTRAND, N. Ammonia volatilization following surface application of urea to tilled and no-till soils: a laboratory comparison. **Soil and Tillage Research**, v. 103, n. 2, p. 310-315, 2009.

ROSSETTO, C.; NAKAGAWA, J. Época de colheita e desenvolvimento vegetativo de aveia preta. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 4, p. 731-736, 2001.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de coberturas de solo em função da quantidade de chuva recebida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 355-362, 2003.

SALES, E. F.; BALDI, A.; ROSA, R.; ALVES, W. S. B.; GOMES, C. F.; QUEIROZ, R. B. Fauna edáfica como indicadora da qualidade biológica do solo em dois sistemas de produção de café conilon no norte do Estado do Espírito Santo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2017.

SALTON, J. C.; OLIVEIRA, P.; TOMAZI, M.; RICHETTI, A.; BALBINO, L. C.; FLUMIGNAM, D.; MERCANTE, F.M.; MARCHÃO, R. L.; CONCENÇO, G.; SCORZA JUNIOR, R. P.; ASMUS, G. L. **Benefícios da adoção da estratégia de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. In: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (Ed.). *Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília: Embrapa, 2015. p. 35-51. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; EUCLIDES, V. P. B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; QUEIROZ, A. C.; RIBEIRO JÚNIOR, J. I. Características estruturais e índice de tombamento de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em pastagens diferidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 626-634, 2009.

SBRISSIA, A. F.; SILVA, S. C. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 1, p. 35-47, 2008.

SILVA, S. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V. B. P. **Pastagens – Conceitos básicos, produção e manejo**. Viçosa: Produção Independente, 2008. 115 p.

SILVA, D. A.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; ROSCOE, R. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 1, p. 75-88, 2006a.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M. E. C.; TRIVELIN, P. C. O. Aproveitamento do nitrogênio (<sup>15</sup>N) da crotalária e do milheto pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 739-746, 2006b.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. LIMA.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 353-362, 2005.

SOARES, A. B.; AIOLFI, R. B.; BORTOLLI, M. A.; ASSMANN, T. S.; ZATTA, A. C. **Produção animal e vegetal em sistemas integrados de produção agropecuária**. In: PARIS, W.; CECATO, U.; DANIELCE, M. M.; MARI, G. C. III Simpósio de Produção Animal a Pasto, Maringá: Nova Estampa, 2015, p. 139-176.

SODRE FILHO, J.; CARDOSO, A. N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 4, p. 327-334, 2004.

SOTERRONI, A. C.; RAMOS, F. M.; MOSNIER, A.; CARVALHO, A. X. Y.; CÂMARA, G.; OBERSTEINER, M.; ANDRADE, P. R.; SOUZA, R. C.; PENNA, M. G.; MANT, R.; PIRKER, J. KRAXNER, F.; HAVLIK, P.; KAPOV, V. **Modelagem de mudanças de uso da terra no Brasil: 2000-2050**. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. *Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade*. Brasília: Ipea, 2016. p. 301-342.

SPAROVEK, G. ANTONIAZZI, L. B.; BARRETTO, A.; BARROS, A. C.; BENEVIDES, M.; BERNDDES, G.; BRAGA, E. P.; CALMON, M.; GROKE JR, P. H.; MARQUES, F. N. A.; NOGUEIRA, M. P.; PINTO, L. F. G.; PRECIOSO, V. Sustainable bioproducts in

- Brazil: Disputes and agreements on a common ground agenda for agriculture and nature protection. **Biofuels Bioproducts and Biorefining**, v. 10, n. 3, p. 204-221, 2016.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- TEIXEIRA, M. B.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PIMENTEL, C. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milho e sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 867-876, 2011.
- TIECHER, T.; CALEGARI, A. CANER, L.; RHEINHEIMER, D. S. Soil fertility and nutrient budget after 23-years of different soil tillage systems and winter cover crops in a subtropical Oxisol. **Geoderma**, v. 308, p. 78-85, 2017.
- VIANA, E.; KIEHL, J. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 975-982, 2010.
- VIEIRA, M. S.; OLIVEIRA, F. H. T.; SANTOS, H. C.; MEDEIROS, J. S. Contribution of non exchangeable potassium forms and its accumulation in corn plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 9-15, 2016.
- VIEIRA FILHO, J. E. R. **Expansão da fronteira agrícola no Brasil: desafios e perspectivas**. Aplicada. Brasília: Ipea, 2016. 36p.
- VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; MARCHÃO, R. L. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: alternativa para intensificação do uso. **Revista UFG**, v. 13, n. 13, p. 92-99, 2012.
- VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; BARIONI, L. G.; BARCELLOS, A. O. **Integração Lavoura-Pecuária**. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (Ed.). Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 931-962.
- VITOUSEK, P. M. Nutrient imbalances in agricultural development. **Science Magazine**, v. 324, p.1519-1518, 2009.
- YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Estratégias de manejo para alta produtividade do milho**. Piracicaba: Potafos, 2006. 8 p. (Informações agronômicas n° 113).
- WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2297-2305, 2008.
- WIEDER, R. K.; LANG, G. E. A critique of the analytical methods used examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, v. 63, p. 1636-1642, 1982.
- ZAFALON, M. **Vaivém das commodities: integrar lavoura e pecuária será questão de sobrevivência**. São Paulo: Folha de S. Paulo, 2015. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/paywall/login.shtml?https://www1.folha.uol.com.br/colunas/vaivem/2015/10/1697908-integrar-lavoura-e-pecuaria-sera-questao-de-sobrevivencia-diz-estudo.shtml>. Acesso em: 14 abr. 2021.
- ZANELLA, R. **Efeito residual da antecipação da adubação, aplicada na cultura da**

**aveia, sobre o desempenho agrônômico da soja.** 2019. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.

ZIECH, A. R. D.; CONCEIÇÃO, P. C.; HEBERLE, C. T.; CASSOL, C.; & BALIN, N. Produtividade e componentes de rendimento de milho em função de plantas de cobertura e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 2, p. 195-201, 2016.

ZÖRB, C.; SENBAYRAM, M.; PEITER, E. Potassium in agriculture: status and perspectives. **Journal of Plant Physiology**, v. 171, n. 9, p. 656-669, 2014.