

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM CACHOEIRA DO SUL
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

LUANA PINHEIRO MARTINS

**DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO, CRESCIMENTO DE PLANTAS DE
COBERTURA E ESTABELECIMENTO DE SOJA EM TERRAS BAIXAS EM
DECORRÊNCIA DO MANEJO DA RESTEVA DO ARROZ**

**CACHOEIRA DO SUL
2021**

LUANA PINHEIRO MARTINS

**DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO, CRESCIMENTO DE PLANTAS DE
COBERTURA E ESTABELECIMENTO DE SOJA EM TERRAS BAIXAS EM
DECORRÊNCIA DO MANEJO DA RESTEVA DO ARROZ**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Agrônoma na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Benjamin Dias Osorio Filho

Co-Orientadora: Dra. Mara Grohs

CACHOEIRA DO SUL

2021

LUANA PINHEIRO MARTINS

**DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO, CRESCIMENTO DE PLANTAS DE
COBERTURA E ESTABELECIMENTO DE SOJA EM TERRAS BAIXAS EM
DECORRÊNCIA DO MANEJO DA RESTEVA DO ARROZ**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Agrônoma na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Benjamin Dias Osorio Filho

Co-orientadora: Dra. Mara Grohs

Aprovada em: 29/01/2021

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Benjamin Dias Osorio Filho
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS

Co-orientadora: Dra. Mara Grohs
Chefe de pesquisa da Estação Regional do IRGA

Profa. Dra. Marta Sandra Drescher
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS

*Dedico aos meus pais e minha
irmã, que sempre acreditaram em
mim.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida.

A minha família, em especial a minha mãe Elisiane, meu pai João Elio e minha irmã Lauriane, por todo amor, incentivo e apoio desde sempre.

Ao Jerônimo Porto, por toda a paciência, companheirismo, amor e ajuda ao decorrer dos anos.

Ao meu orientador, Benjamin Dias Osorio Filho, que desde o primeiro semestre me acolheu no Grupo de Interações Ecológicas na Agricultura, além de todo conhecimento partilhado, conselhos, e por ser um exemplo de pessoa e profissional.

As minhas fieis companheiras de graduação e amigas, Gabriela Gavilán, Gabrielly Cavalheiro e Natacha Alves, sem vocês não teria sido tão especial.

A minha co-orientadora, Mara Grohs, por todo o conhecimento compartilhado, conselhos, compreensão e palavras de incentivo. És meu exemplo!

A professora, Marta Drescher, por aceitar o convite para ser banca e por todas os conhecimentos passados e risadas compartilhadas.

A minha amiga, Alicia Dornelles, que doou tanto do seu tempo me auxiliando durante o TCC, além de todo o apoio, amizade e palavras de conforto.

A minha colega de Irga e amiga, Juliana Moura, por toda a ajuda no campo, laboratório e pelo incentivo.

Aos demais colegas do Irga e estagiários, que ajudaram no campo e laboratório.

A Uergs, por proporcionar um estudo de qualidade e gratuito.

E a todos os demais que foram importantes durante essa caminhada, muito obrigada!

RESUMO

A produção constante de arroz irrigado em terras baixas tem aumentado a incidência de plantas daninhas, principalmente arroz vermelho. A rotação de culturas e a utilização de plantas de cobertura na entressafra são formas de contribuir para que haja uma diminuição e maior ciclagem de nutrientes. Ainda, a escolha do manejo pós colheita do arroz irrigado pode influenciar no desenvolvimento das plantas de cobertura na entressafra e da cultura utilizada na safra seguinte. Frente a isso, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência do manejo da palha do arroz, após a colheita, no estabelecimento de plantas de cobertura e da soja em sucessão, bem como na disponibilidade de nitrogênio no solo. O experimento foi realizado na Estação Regional de Pesquisa do IRGA, em Cachoeira do Sul/RS, no ano agrícola de 2020/21. Os tratamentos foram dispostos em bifatorial com parcelas subdivididas, sendo o fator A: preparo antecipado, plantio direto e plantio direto roçado. O fator B foi composto por quatro plantas de cobertura: azevém, trevo, consórcio e pousio. Nesse trabalho foi avaliado a dinâmica do amônio e nitrato do solo, produção de massa seca das plantas de cobertura e o estabelecimento da soja. O plantio direto e plantio direto proporcionaram maiores produções de massa seca das plantas de cobertura. O trevo-persa foi a planta de cobertura com maior produção de massa seca, principalmente quando manejada em plantio direto e plantio direto roçado. Não houve influência no estabelecimento da soja pelos manejos empregados e as plantas de cobertura utilizadas. Quando há presença de palha roçada aumenta a imobilização do amônio por microrganismos nas primeiras semanas após o manejo utilizado. No plantio direto, a disponibilização do amônio é maior em função da lenta decomposição da palhada pela ação microbiana. Os teores de nitrato foram maiores quando utilizado a manejo de preparo antecipado nas primeiras semanas.

Palavras chave: Cobertura do solo. Rotação de culturas. Ciclagem de nutrientes.

ABSTRACT

The constant production of irrigated rice in the lowlands has increased the incidence of weeds, especially red rice. Crop rotation and the use of cover crops in the off-season are ways to contribute to a decrease and greater cycling of nutrients. Still, the choice of post-harvest management of irrigated rice can influence the development of cover crops in the off-season and the crop used in the following harvest. In view of this, the objective of the work was to evaluate the influence of rice straw management, after harvest, on the establishment of cover crops and soybean in succession, as well as on the availability of nitrogen in the soil. The experiment was carried out at the IRGA Regional Research Station, in Cachoeira do Sul / RS, in the agricultural year 2020/21. The treatments were arranged in two-factor with subdivided plots, with factor A: early preparation, no-tillage and no-tillage. Factor B was composed of four cover plants: ryegrass, clover, intercropping and fallow. In this work, the dynamics of ammonium and nitrate in the soil, dry matter production of cover crops and soybean establishment were evaluated. No-tillage and no-tillage provided higher dry matter yields for cover crops. The Persian clover was the cover plant with the highest dry mass production, especially when managed under no-tillage and no-tillage. There was no influence on the establishment of soybeans by the managements employed and the cover crops used. When mown straw is present, ammonium immobilization by microorganisms increases in the first weeks after the handling used. In no-till, ammonium availability is greater due to the slow decomposition of straw by microbial action. Nitrate levels were higher when using early preparation management in the first weeks

Key words: Ground cover. Cultures rotation. Nutrient cycling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Precipitação pluvial da safra 2020/21.....	25
Figura 2 - Estande inicial da soja em função de diferentes plantas de cobertura e diferentes manejos pós colheita.....	27
Figura 3 – Teores de amônio e nitrato no solo, em diferentes plantas de cobertura no preparo antecipado.....	31
Figura 4 - Teores de amônio e nitrato no solo, em diferentes plantas de cobertura no plantio direto.....	32
Figura 5 - Teores de amônio e nitrato no solo, em diferentes plantas de cobertura no plantio direto roçado.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Massa seca das plantas de cobertura semeadas sobre diferentes manejos aos 113 dias após a semeadura.....	26
Tabela 2 - Massa seca das plantas de cobertura semeadas sobre diferentes manejos aos 170 dias após a semeadura.....	27
Tabela 3 - Amônio no solo em função do manejo pós colheita em diferentes datas após a semeadura.....	29
Tabela 4 - Nitrato no solo em função do manejo pós colheita em diferentes datas após a semeadura.....	30
Tabela 5 – Umidade gravitacional do solo em função de diferentes plantas de cobertura em diferentes datas no preparo antecipado.....	31
Tabela 6 – Umidade gravitacional do solo em função de diferentes plantas de cobertura em diferentes datas no plantio direto.....	33
Tabela 7 – Umidade gravitacional do solo em função de diferentes plantas de cobertura em diferentes datas no plantio direto roçado.....	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FBN – Fixação Biológica de Nitrogênio

IRGA - Instituto Rio Grandense do Arroz

MS – Massa Seca

N – Nitrogênio

N₂ – Nitrogênio Atmosférico

N₂O – Óxido nitroso

NH₄⁺ - Amônio

NO₂⁻ - Nitrito

NO₃⁻ - Nitrato

PA – Preparo Antecipado

PD – Plantio Direto

PDR – Plantio Direto Roçado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 REFERÊNCIAL TEÓRICO	15
3.1 SOLOS DE TERRAS BAIXAS.....	15
3.2 ARROZ IRRIGADO	16
3.3 ROTAÇÃO DE CULTURAS EM TERRAS BAIXAS	17
3.4 PLANTAS DE COBERTURA.....	19
3.5 MINERALIZAÇÃO E IMOBILIZAÇÃO	21
3.6 NITRIFICAÇÃO E DESNITRIFICAÇÃO	22
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
6 CONCLUSÕES	35
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

O arroz é um cereal que possui grande importância, seja de forma econômica ou social. Está presente na mesa do consumidor brasileiro todos os dias. Segundo a CONAB (2019), o consumo anual estimado no país é de 11 milhões de toneladas. Com isso, cada vez mais a pesquisa tem como objetivo cultivares que sejam produtivas, para atender a demanda da população. Com o aumento da capacidade produtiva tem aumentado também a produção de palha do arroz, sendo um fator a ser considerado quanto à adoção do plantio direto nas terras baixas. Em contrapartida, o uso contínuo do arroz em terras baixas tem sofrido com a infestação de plantas daninhas, destacando-se, o arroz vermelho, e a incidência de pragas e doenças têm feito com que perdas no potencial produtivo e a redução de áreas sejam preocupantes.

O plantio direto em terras baixas segue os princípios do sistema plantio direto adotado em coxilhas, ou seja, mínimo revolvimento do solo, rotação de culturas e cobertura do solo. No entanto, há dificuldade de manejar a grande quantidade de palha remanescente do cultivo do arroz irrigado (GROHS, 2018). Alternativamente a ele, o sistema de preparo antecipado, que representa em torno de 63,1% (IRGA, 2020), caracteriza-se pela preparação previamente do solo, de modo que haja tempo para a formação de cobertura vegetal a ser controlada com herbicida para que a semeadura seja realizada dentro da época recomendada.

O preparo antecipado apresenta vantagens com relação ao preparo convencional, uma vez que as operações agrícolas são melhor distribuídas durante o ano e há maior possibilidade da semeadura na época indicada (SOSBAI, 2018). A diferença entre o preparo antecipado e o preparo convencional é apenas temporal, enquanto o preparo antecipado é realizado no outono-inverno, o preparo convencional é feito na primavera. Os dois sistemas seguem os mesmos princípios de preparo do solo, com revolvimento do solo, controle químico de plantas daninhas e incorporação de fertilizantes e corretivos,

A cultura da soja vem ganhando notoriedade em terras baixas, como alternativa de rotação com o arroz, pois ajuda no controle de plantas infestantes, quebra ciclos de doenças e pragas, visto que é pertencente à família distinta do arroz. Somado a isso, é possível melhorar a fertilidade do solo e ser uma alternativa

ao produtor orizícola, possibilitando um aumento na renda e a diversificação das áreas de terras baixas, até então cultivada exclusivamente com arroz.

Contudo, é necessária a introdução de plantas de cobertura, principalmente no inverno, para garantir a proteção do solo e a ciclagem de nutrientes no período de entressafra. Entre as poáceas, o azevém é a planta de cobertura mais utilizada em áreas de terras baixas no Rio Grande do Sul, pois é adaptada aos solos hidromórficos. Entre as fabáceas destaca-se a serradela (*Ornithopus micranthus*) e os trevos, onde o trevo-persa (*Trifolium resupinatum*) vem ganhando mais espaço nos últimos anos em função da sua aptidão forrageira e aporte de nitrogênio. Segundo Scivittaro *et al.* (2007), o trevo-persa pode ser utilizado como fonte exclusiva de nitrogênio para a cultura em sucessão, podendo incorporar 92,7 kg/ha de N.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência do manejo da palha do arroz, após a colheita, no estabelecimento de plantas de cobertura e da soja em sucessão, bem como na disponibilidade de nitrogênio no solo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar a influência do manejo da palha adotado após a colheita do arroz sob o estabelecimento de plantas de cobertura de inverno;
- b) Identificar as consequências do sistema de manejo do solo e dos resíduos culturais de arroz sobre a dinâmica do nitrogênio;
- c) Avaliar a influência dos diferentes sistemas de manejo do solo sobre o estabelecimento e o desenvolvimento da soja em rotação.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 SOLOS DE TERRAS BAIXAS

Os solos de terras baixas encontram-se nas planícies de rios, lagoas e lagoas, expressando um aspecto comum, o hidromorfismo, isto é, apresentando drenagem natural deficiente (PINTO *et al.*, 2004). No Rio Grande do Sul, ocupam 20% da área, correspondendo a 5,4 milhões de hectares (GOMES *et al.*, 2006). Estes solos estão localizados nas planícies dos rios da Depressão Central, como o rio do Sinos, Caí, Jacuí e Taquari, nas Planícies Costeiras, Interna e Externa, e no Litoral Sul, principalmente junto às Lagoas dos Patos e Mirim, e nas regiões da Campanha e Fronteira-Oeste, no decorrer dos rios Ibicuí, Santa Maria, Quaraí, além de outros de menor tamanho (EMBRAPA, 2006).

Segundo o Sistema Brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 2018), as principais classes de solo encontradas nas terras baixas são os Planossolos, ocupantes de 56% da área, seguido por Chernossolos, Neossolos, Plintossolos, Gleissolos e Vertissolos, representando, respectivamente, 16%, 11,6%, 8,3%, 7,1% e 9% das áreas. De acordo com PINTO *et al.* (2004), estes solos possuem características peculiares. Seus distintos graus de hidromorfismo e a heterogeneidade do material de origem fazem com que suas características morfológicas, químicas e físicas sejam variáveis, fazendo com que sejam agrupados em diferentes classes, devido as suas limitações e aptidões de uso, esta, com predomínio de arroz irrigado.

A entrada de água faz com que estes solos sofram alterações nas suas características, afetando nos processos de decomposição da matéria orgânica do solo e no ciclo do nitrogênio (N) (ROHDEN *et al.*, 2006). Além do mais, apresentam densidade naturalmente elevada, relação micro/macroporos muito alta e dificuldade de drenagem, incitada principalmente pela presença da camada subsuperficial praticamente impermeável. Assim, seu manejo é complexo e crítico devido ao preparo do solo realizado em ambiente com umidade excessiva. No entanto, essas características são consideradas favoráveis ao arroz irrigado, por diminuir as perdas de água e nutrientes. Em contrapartida, para as culturas de sequeiro são restritivas ao sistema radicular, necessitando a melhoria tanto da fertilidade natural,

considerada baixa, quanto das propriedades físicas do perfil do solo (PINTO *et. al.*, 2004).

3.2 ARROZ IRRIGADO

O arroz é uma gramínea anual, classificada no grupo de plantas com sistema fotossintético C3 e adaptada ao ambiente alagado. Isso é possível, pois possui aerênquimas no colmo e nas raízes, possibilitando a passagem do oxigênio do ar para a rizosfera (SOSBAI, 2018). Está entre os cereais mais consumidos no mundo, mantendo-se no segundo lugar no ranking. Ocupa cerca de 161 milhões de hectares, produzindo em torno de 756,5 milhões de toneladas de grãos em casca, correspondendo a 29% dos grãos consumidos pela população mundial (SOSBAI, 2018).

Segundo a SOSBAI (2018), o Brasil participa de 78% da produção do Mercosul, produzindo 11 e 13 milhões de toneladas de arroz, nas safras de 2009/10 até 2017/18. Embora, a quantidade exportada seja baixa, o Brasil possui capacidade para tornar-se exportador deste cereal, visto que apresenta condições de expansão de áreas de cultivo nos dois principais sistemas de produção e pela capacidade de inovar em tecnologias de produção.

As maiores produções nacionais estão concentradas na região sul, precisamente, no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina. No entanto, o RS se destaca como o maior produtor nacional, sendo responsável por 70% do total produzido no país, concentrado em 129 municípios localizados na metade sul do Estado.

Ainda, estima-se que o arroz produza R\$ 7,4 bilhões, sendo responsável por 1,58% do PIB gaúcho (SOSBAI, 2018). Além disso, essa cultura é de grande importância social, pois possibilita a produção de forma empresarial bem como de forma familiar, gerando renda e empregos.

De acordo com o IRGA (2019), a produtividade média da safra 2019/20 foi a maior da história com 8.402 kg ha⁻¹. Isso se deve as condições climáticas favoráveis, principalmente a radiação solar e a utilização de tecnologias de produção, como o uso de cultivares do sistema Clearfield®¹.

¹ Sistema de Clearfield de produção de arroz irrigado consiste no uso de cultivares de arroz portadoras de genes que conferem resistência aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas

No entanto, o aumento da incidência de plantas daninhas e doenças vêm fazendo com que produtores e técnicos busquem alternativas para as áreas de terras baixas. A necessidade de rotação de culturas e implantação de plantas de cobertura na entressafra surge como opção para a quebra destes ciclos bem como potencializar essas áreas, de forma sustentável e rentável. Entretanto, para que seja possível é necessário utilizar plantas que tolerem o ambiente encharcado e manejar o solo de forma correta para proporcionar uma drenagem eficiente (MULLER, 2015).

3.3 ROTAÇÃO DE CULTURAS EM TERRAS BAIXAS

As áreas de terras baixas são predominantemente utilizadas para o cultivo de arroz irrigado e a criação de bovinos de corte no sistema extensivo. No entanto, no início dos anos 90 surgiram sistemas alternativos como o sistema de plantio direto para o arroz e a rotação de culturas (VERNETTI JUNIOR *et. al.*, 2008).

O aumento do uso das terras baixas para a soja vem aumentando desde a safra de 2009/10 (MARCHESAN, 2016). Na safra 2019/20 houve um acréscimo de 3,2% no que se refere ao plantio da soja em rotação com o arroz, passando de 322.433 hectares para 332.794 hectares neste ano (IRGA, 2019).

A rotação de culturas, principalmente entre arroz irrigado e soja, vem ao encontro do problema encontrado pelos produtores: a incidência de plantas daninhas, principalmente, o arroz vermelho (MARCHESAN, 2016). Este fato, associado a disponibilidade de cultivares de soja RR, auxiliam no controle da principal planta daninha dentro do cultivo do arroz irrigado. Além disso, a valor de mercado da soja têm chamado a atenção dos produtores, utilizando-a como incremento de renda e intensificando o uso das terras baixas.

De acordo com o IRGA (2020), na safra 2019/20 houve um aumento na rotação de culturas entre soja e arroz de 5,8% em relação à safra 2018/19. A leguminosa ocupou 1/3 das áreas que até então eram destinadas apenas ao arroz irrigado. Somado a isso, a utilização da soja em terras baixas vem a contribuir com a quebra de ciclo de pragas, doenças e plantas daninhas que afetam na produtividade do arroz irrigado.

Em contrapartida, a soja cultivada nas áreas de arroz irrigado apresenta maiores dificuldade do que as cultivadas em coxilha (IRGA, 2020), visto que a

necessidade de drenagem é um fator limitante para o cultivo da soja (MARCHESAN, 2013). Por isso, a necessidade de se adequar as áreas para que os riscos sejam mínimos. Frente a isso, é importante a sistematização das áreas de terras baixas que eram utilizadas apenas para o cultivo do arroz irrigado para que as culturas de rotação, caso da soja, sejam inseridas e possam demonstrar seu potencial produtivo.

No RS, o sistema de cultivo utilizado na cultura do arroz, difere, sobretudo, quanto a forma e época do preparo do solo, manejo de semeadura e da entrada de água (SOSBAI, 2018). Dentre os sistemas utilizados na safra 2019/20, o sistema de preparo antecipado, junto ao convencional, é o que detém a maior área, em todas as regionais, tendo por média estadual 88,9% da área total colhida. O plantio direto teve um aumento de suas áreas, chegando a 5,3%. O preparo antecipado apresentou média estadual de 63,1% (IRGA, 2020).

No sistema convencional, o preparo da área é realizado com equipamentos que estejam de acordo com o tipo de solo, profundidade desejada e condição de cobertura do solo. Pode ser realizado o preparo primário e secundário. Por muito tempo, foi o preparo dominante nas lavouras orizícolas, no entanto, o plantio direto vem ganhando destaque devido aos seus benefícios.

O preparo antecipado ou também chamado de cultivo mínimo (SOSBAI, 2018) do solo visa corrigir pequenas imperfeições de microrelevo, preparar a superfície do solo para receber as sementes de arroz e, principalmente, estimular a germinação e emergência de sementes de plantas daninhas, num período em que estas não concorram com a cultura do arroz e dessa forma, seja feito seu controle de forma antecipada (EMBRAPA, 2017). IRGA (2009) salienta que o preparo deve ser iniciado imediatamente após o término da colheita. O preparo antecipado associado a semeadura na época correta, há menor risco de ocorrência de doenças, reduzindo o uso de fungicidas.

O plantio direto em terras baixas segue as mesmas premissas do sistema plantio direto: movimentação mínima do solo, presença constante de cobertura do solo e rotação/sucessão de culturas, tendo por objetivo a conservação do solo. Neste manejo, as sementes são colocadas diretamente no solo não revolvido, em um pequeno sulco de profundidade e largura suficientes para que haja uma boa cobertura e contato das sementes com o solo. Dessa forma, há uma mobilização

mínima do solo, contribuindo para um controle químico efetivo das plantas daninhas, que é realizado antes e após a semeadura direta (SOSBAI, 2018).

O preparo antecipado e o plantio direto na cultura do arroz irrigado diferenciam-se quanto à época de preparo do solo e ao tipo de cobertura vegetal. No preparo antecipado, as operações de preparo do solo ocorrem geralmente no final do inverno até o início da primavera, de 60 a 45 dias antes da semeadura do arroz, sendo a cobertura vegetal composta principalmente por plantas espontâneas. No plantio direto, o preparo do solo é realizado nos meses de janeiro a abril, cultivando-se no inverno uma espécie de cobertura do solo, comumente o azevém (CORREIA *et al.*, 2013).

A opção por um ou outro sistema depende do planejamento do produtor. A grande dificuldade em manejar a palha do arroz proveniente da colheita, faz com que a maioria dos produtores opte pelo revolvimento do solo, a fim de estimular a decomposição da palha. Além disso, como a adesão da colheita no seco não é predominante entre os orizicultores, são necessárias intervenções no solo, a fim de corrigir o micro relevo.

Essa forma de manejar os solos onde se cultiva arroz, favoreceu os prejuízos em relação a fertilidade do solo, que em geral é baixa, e as propriedades físicas, como a presença da camada compactada. Com a média de produtividade de grãos do arroz abaixo do potencial genético das cultivares presentes no mercado, há uma busca por alternativas de manejos de solo que perturbem menos o solo, bem como a inserção de plantas de cobertura que possam ajudar na recuperação da fertilidade do solo.

3.4 PLANTAS DE COBERTURA

Com o aumento da utilização da soja nas áreas de terras baixas e, o aumento do sistema plantio direto, surge a necessidade de plantas de cobertura a partir do outono (MARCHESAN, 2016). No entanto, o ambiente úmido proporcionado pelo cultivo do arroz irrigado torna a tarefa de implantar plantas de cobertura na entressafra, um tanto quanto difícil, visto que é necessário que essas plantas sejam adaptadas e resistentes ao estresse hídrico.

As plantas de cobertura têm uma importância fundamental no sistema, pois protegem o solo contra processos erosivos e a lixiviação de nutrientes. Além disso, incrementa o teor de matéria orgânica e proporciona a ciclagem de nutrientes para a cultura seguinte. Ainda, há aquelas que também são utilizadas para pastejo, forragem, produção de grãos e sementes, silagem, feno e como fornecedoras de palha para o sistema de plantio direto e para a fixação biológica de nitrogênio (EMBRAPA, 2017).

O azevém (*Lolium multiflorum*) é uma gramínea forrageira de inverno. É utilizada no período da entressafra, pois além de ser adaptada às terras baixas, é uma planta de duplo propósito, isto é, utilizada para cobertura/proteção do solo e como forrageira, dessa forma, aumentando a rentabilidade da produção. De acordo com a Embrapa (2017), o azevém perfilha em abundância, superando as demais plantas de cobertura. Em contrapartida, apresenta um desenvolvimento inicial mais lento do que as demais plantas forrageiras, porém, na primavera sua produção de forragem passa a ser superior. No entanto, há também a necessidade de plantas leguminosas de cobertura que sejam adaptadas a áreas alagadas, como é o caso das leguminosas de inverno, tais como serradela (*Ornithopus micranthus*), cornichão (*Lotus corniculatus* L.) e trevo-persa (*Trifolium resupinatum*).

O trevo-persa é uma leguminosa anual, de estação fria que vem se destacando pela produção de forragem de alta qualidade, pela competitividade e pela boa adaptação a solos de terras baixas e persistência por ressemeadura natural (MAIA *et al.*, 2000; MENEZES *et al.*, 2018). Por ser leguminosa, possui uma relação simbiótica com bactérias diazotróficas, onde se encontram os rizóbios. Por possuírem a enzima nitrogenase conseguem reduzir o N atmosférico (N₂) para a forma inorgânica combinada amônia (NH₃), tornando assimilável pelas plantas e outros microrganismos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2007).

Porém, essas plantas de cobertura, terão seu desenvolvimento influenciado pelo sistema de preparo do solo anteriormente empregado. Nesse sentido, é escasso na literatura, estudos sobre a influência do manejo do solo após a cultura do arroz, sobre o desenvolvimento das plantas de cobertura.

3.5 MINERALIZAÇÃO E IMOBILIZAÇÃO

Mineralização é o processo em que uma substância orgânica é convertida em uma substância inorgânica (ANDREOTE, 2017). O N é um macronutriente requisitado em grandes quantidades pelas plantas, sendo assimilado na forma inorgânica, como amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) (CASSINI, 2018). A mineralização do nitrogênio orgânico é um processo enzimático resultante da conversão de formas orgânicas de N para formas disponíveis para as plantas, isto é, forma inorgânica. É realizado por microrganismos heterotróficos, aeróbios e anaeróbios, no processo de decomposição dos resíduos vegetais utilizados como fonte de carbono, energia e N.

O N orgânico é reduzido por enzimas extracelulares, dessa forma é possível ser absorvido pelos organismos. Os compostos decorrentes podem ser absorvidos diretamente ou serem mineralizados para a forma amoniacal: NH_3^- e NH_4^+ . No solo, a NH_3 reage com a água para formar NH_4^+ . Em condições de pH elevado, predomina a amônia e a mesma pode ser perdida para a atmosfera (VIEIRA, 2017).

Além da influência do clima, a taxa de ciclagem, os teores de carbono (C) orgânico e de N variam em função do tipo de cobertura vegetal, frequência e profundidade de sistemas de manejo do solo. ROJAS *et al.* (2012) afirmam que o sistema de plantio direto possui maior estoque de matéria orgânica na superfície do solo e dessa forma, pode aumentar a adsorção de NH_4^+ impedindo a sua transformação para NH_3^+ . Em contrapartida, ambientes pobres em N e com presença de resíduos vegetais com alta relação C/N, verifica-se a imobilização do N do solo (GIRACCA; NUNES, 2018). Este fato está relacionado com a qualidade ou relação C/N do resíduo adicionado ao solo como fonte de N. As gramíneas costumam deixar resíduos de alta relação C/N enquanto as leguminosas tem uma baixa relação C/N.

A imobilização do N é um processo que ocorre simultaneamente com a mineralização, porém no sentido inverso. A imobilização é caracterizada pela transformação do N inorgânico (NH_4^+ , NH_3 , NO_3^- , NO_2^-) em formas orgânicas (ARNUTI, 2014). Normalmente, é realizada por microbiota mista, isto é, bactérias, fungos e actinomicetos, que tem uma demanda fixa de C/N (CASSINI, 2018).

Frente a isso, nota-se a importância de conhecer o comportamento das plantas de cobertura nas terras baixas em função do manejo utilizado pelos

produtores, e como isto irá influenciar a disponibilidade de N no solo e o estabelecimento de plantas de cobertura e nas culturas subsequentes, como a soja.

3.6 NITRIFICAÇÃO E DESNITRIFICAÇÃO

O N-orgânico presente nos aminoácidos é absorvido pelos microrganismos e, dentro da célula sofre desaminação, sendo parte do grupo amina excretado como amônia (NH_3) que entra em equilíbrio formando amônio (NH_4^+) no solo. A NH_4^+ continua a sofrer transformações, convertendo-se em nitrito (NO_2^-) que em seguida, converte-se em nitrato (NO_3^-), caracterizando a nitrificação (MOREIRA; SIQUEIRA, 2007). A nitrificação é um bom indicador da atividade biológica e fertilidade do solo. É um processo sensível às alterações do ambiente, isto é, o oxigênio (O_2) e pH do solo são os principais fatores responsáveis por sua regulação (ARNUTI, 2014). O processo de nitrificação é constituído por duas etapas: 1) nitrificação, correspondente à formação de NO_3^- a partir de NH_4^+ , mediado por microrganismos dos gêneros *Nitrossomonas*, *Nitrospira*, *Nitrosococcus* e *Nitrosolobus* e 2) nitratação, onde o NO_2^- é transformado em NO_3^- por microrganismos tais como *Nitrobacter*, *Nitrospirna* e *Nitrococcus*. Sendo que o NO_2^- , produto intermediário neste processo dificilmente acumula-se em concentrações que sejam detectáveis (LÓPEZ *et.al.*, 1998).

A desnitrificação é um processo definido como a redução microbiológica de nitrato para óxido nitroso (N_2O) ou N molecular (N_2) (MOREIRA; SIQUEIRA, 2007). No entanto, recentemente essa definição é considerada insatisfatória, uma vez que está bem assentado que os óxidos gasosos de N são também produzidos durante a nitrificação e durante a redução microbiana do NO_3^- para NH_4^+ . Em função disso, a maioria dos microbiologistas define a desnitrificação como uma redução respiratória do nitrato ou nitrito para as formas gasosas de NO, N_2O ou N_2 , junto à fosforilação durante o transporte de elétrons. Isto significa que na ausência de oxigênio para a respiração aeróbia, os microrganismos utilizam o NO_3^- como acceptor final de elétrons, caracterizando a respiração anaeróbia (VIEIRA, 2017). Somado a isso, a desnitrificação é um dos três mais importantes processos de perda de NO_3^- que ocorre no solo, seguida pela assimilação pela planta e lixiviação (LÓPEZ *et.al.*, 1998).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do estudo, foi realizado um experimento na Estação Regional de Pesquisa do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) (coordenadas geográficas: 30°13'24.7"S 52°56'31.7"W), no ano agrícola 2020/21, na localidade da Barragem do Capané, no município de Cachoeira do Sul/RS. O solo utilizado é classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico arênico, pertencente à Unidade de Mapeamento Vacacaí (EMATER/RS, 2018), com as seguintes características: pH: 5,1; teor de argila: 24; P: 2,8 mg/dm³; K: 28 mg/dm³; MO: 1,1%.

O delineamento estatístico do experimento foi bifatorial com parcelas subdivididas, com quatro repetições. O fator A (parcela principal) foi representado por três manejos pós colheita: preparo antecipado (PA), plantio direto (palha dessecada) (PD) e plantio direto com a palha dessecada e posteriormente roçada (PDR) na entressafra. O fator B foi representado por quatro coberturas do solo: azevém, trevo-persa, consórcio do trevo-persa e azevém e pousio, com quatro repetições, totalizando 12 tratamentos e 48 unidades experimentais. As parcelas principais (manejo do solo) apresentavam 6,50 m x 33 m, sendo 6,50 m x 8,25 m o tamanho de cada subparcela.

O arroz irrigado foi colhido no dia 09/03/2020, com o solo seco e o manejo de solo para a implantação das plantas de cobertura teve início no dia 01/04/2020, onde foi feito o preparo antecipado com rolo-faca com água. Nos manejos de plantio direto, foi realizada a dessecação da resteva da palha do arroz utilizando para tal o herbicida glifosato na dose de 1.800 g ha⁻¹ de ingrediente ativo. No dia 23/04/2020 foi realizada a roçada das parcelas.

A semeadura das plantas de cobertura foi realizada em 28/04/2020, sendo utilizados 25 kg ha⁻¹ de azevém, 6 kg ha⁻¹ de trevo-persa e no consórcio foi utilizado 15 kg ha⁻¹ de azevém e 3 kg ha⁻¹ de trevo. Por ocasião da semeadura das espécies, foi realizado a adubação de base, com a aplicação à lanço de 150 kg ha⁻¹ de DAP e 100 kg ha⁻¹ de 00-00-60 de KCl, inclusive no tratamento pousio. Não foi utilizada adubação nitrogenada de cobertura durante o ciclo das culturas.

Durante o período da entressafra, foram realizadas avaliações referentes a massa seca das espécies e da dinâmica do nitrogênio. Para tal, foram realizadas quatro coletas de solo, no dia 01/04/2010, foi realizada a coleta para a caracterização da área e as demais coletas foram realizadas nos dias 19/08/2020, 15/10/2020 e 09/11/2020. Foram coletadas seis sub amostras representativas da área, com auxílio do trato na profundidade de 5 cm. A última coleta de solo, realizada no dia 09/11/2020, a soja já havia sido semeada, por isso as subamostras foram coletadas somente na linha, para que não houvesse interferência. Após as coletas, as amostras foram encaminhadas ao laboratório, onde se procederam a homogeneização e pesagem de 50 g de solo, permanecendo em estufa a 105°C durante o período de três dias, para determinação da umidade. Além disso, foram pesados 5 g para realizar a extração e determinação dos teores de NO_3^- e NH_4^+ , conforme Tedesco *et al.* (1995).

As avaliações referentes a massa seca das plantas de cobertura foram realizadas no dia 19/08/2020, e 15/10/2020. O material foi coletado com auxílio de um gabarito de 0,25 m², em seguida encaminhado ao laboratório para estufa a 65°C até atingir peso constante. Após, as amostras foram pesadas individualmente onde se realizou a média e os resultados foram transformados para kg ha⁻¹. Não houve coleta de massa seca nas parcelas em pousio pois não havia presença de cobertura do solo suficiente.

As plantas de cobertura foram dessecadas no dia 15/10/20, utilizando o herbicida glifosato na dose de 1.800 g ha⁻¹ de i.a. Para a semeadura da soja, utilizou-se a cultivar DM 61i59 IPRO, realizada no dia 03/11/2020, com densidade de 14 sementes por metro linear e adubação com 150 kg ha⁻¹ de MAP na linha e 120 kg ha⁻¹ de K a lanço, com a fórmula 00-00-60 quando as plantas estavam no estágio V₃. No momento da semeadura as sementes de soja foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*.

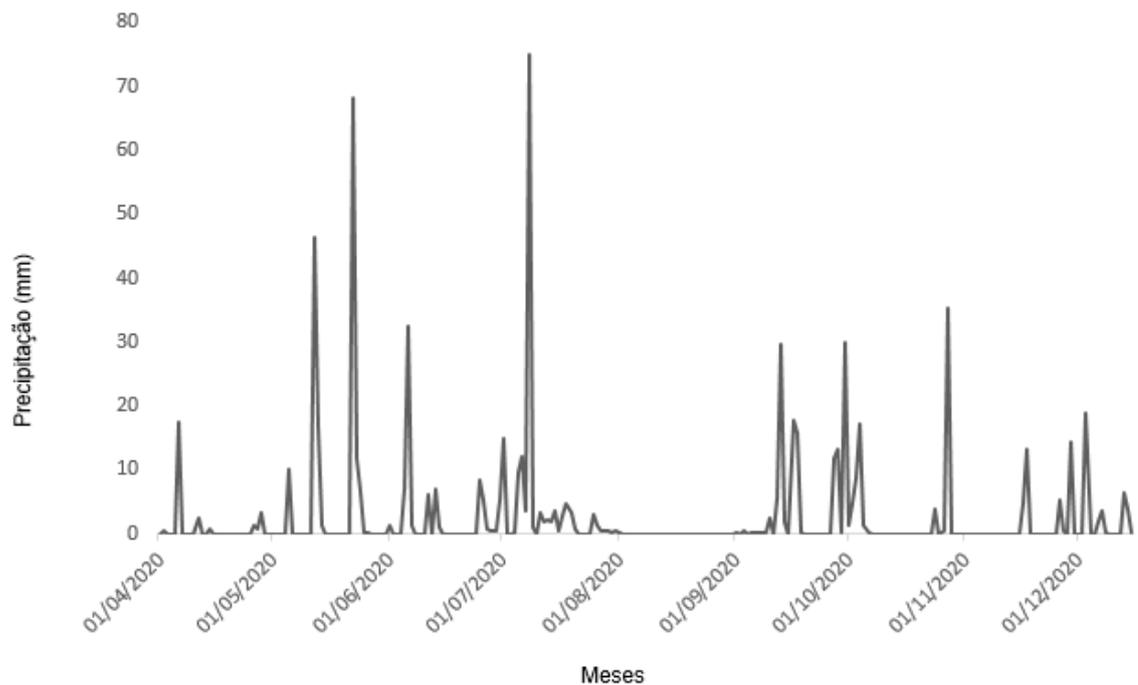
Aos 21 dias após a semeadura, no dia 24/11/2020 foi realizado a avaliação do estande inicial da soja, através da contagem das plântulas estabelecidas, em duas linhas de dois metros lineares. Após os dados obtidos, transformou-se os mesmos em plântulas emergidas por m².

Os dados obtidos foram submetidos ao teste das pressuposições do modelo matemático (homogeneidade das variâncias e normalidade dos erros). A análise da

variância foi realizada através do teste F. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Os dados de precipitação pluvial foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (<http://www.inmet.gov.br>).

Figura 1. Precipitação pluvial da safra 2020/21, registradas no dia da semeadura das plantas de cobertura até



5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados referentes à primeira avaliação de massa seca das plantas de cobertura, realizada aos 113 dias após a semeadura. Observou-se que não houve interação entre o manejo empregado e as plantas de cobertura utilizadas, apenas efeitos isolados de cada fator utilizado. Em relação ao manejo, quando utilizado o manejo plantio direto, seja roçado ou não, proporcionou maiores produções de massa seca das plantas de cobertura do que quando utilizado o preparo antecipado (PA), o qual proporcionou menores ganhos de massa seca aos 113 DAS. Em relação às plantas de cobertura, observa-se que aos 113 DAS, as plantas de trevo-persa estavam mais desenvolvidas, apresentando uma massa seca (MS) superior, na ordem de 1.818,52 kg ha⁻¹. Por outro lado, o azevém apresentava uma MS menor, 1.250,44 kg ha⁻¹, como esperado, visto que ele apresenta um desenvolvimento inicial mais lento em relação a outras plantas de cobertura. Assemelhando-se ao consórcio (azevém + trevo-persa) que apresentou 1.457,83 kg ha⁻¹.

Tabela 1. Massa seca (kg ha⁻¹) das plantas de cobertura semeadas sobre diferentes manejos aplicados na palha do arroz, após a colheita, aos 113 dias após semeadura.

Plantas de Cobertura	Manejo Pós Colheita			Médias
	Preparo Antecipado	Plantio Direto	Plantio Direto Roçado	
Azevém	960,50	1630,10	1168,10	1250,44 b
Consórcio	850,90	1714,60	1768,90	1457,83 b
Trevo	1112,50	2140,20	1869,10	1818,52 a
Médias	1096,46 b	1828,30 a	1602,03 a	
CV (%)	33,17			

*médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5%.

A segunda avaliação de MS foi realizada aos 170 dias após a semeadura. Nesta é possível observar que houve interação entre as plantas de cobertura e os manejos empregados (Tabela 2). Para o PA, não houve diferença entre as plantas utilizadas. Quando se utilizou o PD e PDR, houve destaque para o desenvolvimento do trevo-persa, produzindo mais de 4 t/ha. Quando se utilizou a roçada no PD, a produção de MS do consórcio foi similar ao produzido pelo trevo-persa isolado, com 3902,00 kg ha⁻¹ e 4379,40 kg ha⁻¹, respectivamente,

demonstrando a necessidade de se manejar a palha do arroz após a colheita, a fim de não prejudicar o desenvolvimento das plantas de cobertura utilizadas em sucessão. Em contrapartida, o azevém teve um desempenho inferior quando utilizado o PDR. Quanto ao trevo e ao consorcio, ambos tiveram maiores crescimentos no PD e PDR.

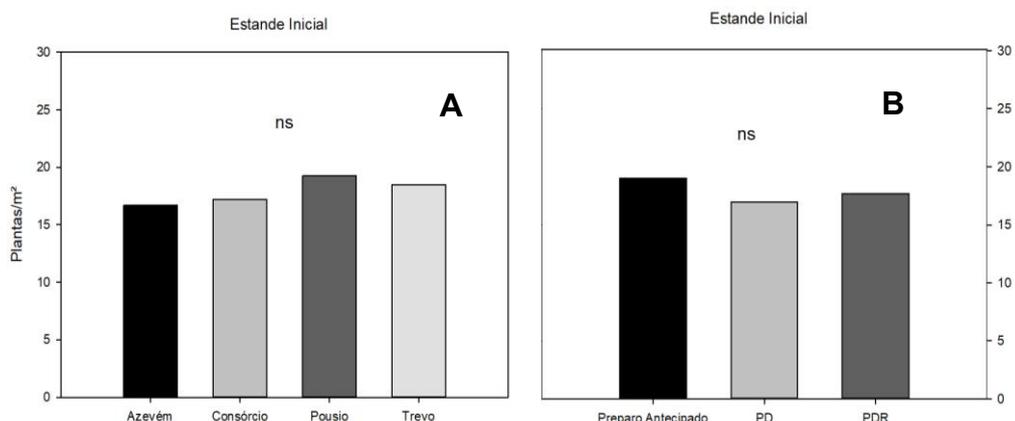
Tabela 2. Massa seca (kg ha^{-1}) das plantas de cobertura semeadas sobre diferentes manejos aplicados na palha do arroz, após a colheita, aos 170 dias após a semeadura.

Plantas de Cobertura	Manejo Pós Colheita			Médias
	Preparo Antecipado	Plantio Direto	Plantio Direto Roçado	
Azevém	1678,13 aB	3047,10 bA	1886,90 bB	2204,04
Consórcio	1513,33 aB	2820,40 bA	3902,00 aA	2745,24
Trevo	2034,40 aB	4461,90 aA	4379,40 aA	3625,23
Médias	1740,96	3443,13	3389,43	
CV (%)	21,36			

*médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5%. Letras minúsculas comparam as plantas de cobertura e maiúsculas comparam o manejo.

Em relação ao estande inicial da soja (Figura 1 AB), não foi constatado diferenças estatísticas entre as plantas de cobertura utilizadas e os manejos empregados.

Figura 2. Estande inicial da soja (plantas/m^2) em função de diferentes plantas de cobertura (A) e diferentes manejos pós colheita (B).



^{ns} Não significativo.

A influência dos manejos sobre o amônio do solo é apresentada na Tabela 3. Aos 113 dias após a semeadura (DAS), no manejo PDR é possível observar que há menores teores de NH_4^+ no solo comparado ao PD e ao PA. Esse fato está ligado a imobilização do N causada pelos microrganismos.

A imobilização do nitrogênio é determinada como a transformação do N inorgânico (NH_3 , NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^-) em N orgânico (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). O N é absorvido pelos microrganismos e pelas plantas na forma reduzida (NH_4^+) e na forma oxidada (NO_3^-), sendo utilizado durante seu metabolismo. Este processo irá depender da relação C/N dos componentes orgânicos do solo, isto é, a cobertura do solo presente. Ou seja, materiais que possuem alta relação C/N promovem a imobilização líquida do N, uma vez que as necessidades desse nutriente pelos microrganismos tornam-se maiores que o fornecido pelos processos de decomposição da matéria orgânica (VIEIRA, 2017). Dessa forma, quando os compostos são metabolizados, diminui a relação C/N, logo, é realizada a imobilização do N pelos microrganismos.

Quando a palha do arroz é roçada, aumenta a área de contato entre a planta e solo, favorecendo a decomposição microbiana, ocasionando uma competição entre os microrganismos e as plantas, pelo N do solo. Em função disso, essa imobilização do N é, provavelmente a causa do menor desenvolvimento do azevém, anteriormente relatado na Tabela 2.

Aos 170 DAS, no manejo PD, a disponibilidade de NH_4^+ foi maior quando comparada aos demais tratamentos. Este fato está relacionado à decomposição mais lenta da palhada no PD, comparado ao PDR e ao PA. Quando a palha é submetida à roçada ou a incorporação, aumenta a superfície exposta do material vegetal, além de colocar a palha próxima ao solo, onde estão os microrganismos decompositores.

Apesar dessas diferenças registradas durante os primeiros 170 DAS, na última avaliação, realizada aos 195 DAS, não foi detectado diferenças significativas entre os manejos, relacionadas a presença de NH_4^+ , sendo inclusive o PD, o manejo com menor quantidade dessa forma de N, em números absolutos.

Tabela 3. Amônio (mg kg^{-1}) no solo em função do manejo pós colheita em diferentes datas após a semeadura (DAS).

Manejo	DAS				Médias
	0	113	170	195	
PA	16,50 aA*	14,61 aA	9,53 bB	9,42 bA	12,51
PD	16,50 aA	12,84 aA	14,74 aA	5,84 bA	12,48
PDR	16,50 aA	8,26 bB	9,71 bB	7,71 bA	10,54
Médias	16,50	11,90	11,33	7,65	11,85
CV (%)					40,86

*médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5%. Letras minúsculas comparam, na linha, os dias dentro dos manejos pós colheita e letras maiúsculas comparam, na coluna, os manejos nos diferentes DAS.

A influência dos manejos sobre a forma mineral nitrato (NO_3^-) é apresentada na Tabela 4. Aos 113 DAS, no PA foi registrado a maior concentração, comparado aos demais manejos, PD e PDR. Isso confirma a hipótese de que esse manejo estimula a decomposição da palha incorporada, visto que nessa mesma avaliação, apresentou os menores valores de NH_4^+ , ou seja, boa parte do NH_4^+ já tinha sofrido o processo de nitrificação. Esse fato deixa bastante claro a importância de plantas de cobertura na área, a fim de que absorvam rapidamente esse N que está sendo liberado dos resíduos culturais da área.

Percebe-se que, na avaliação realizada ao 195° DAS, já não foi mais detectado a presença de NO_3^- no manejo do PA, indicando que pode ter sido absorvido pelas plantas de cobertura, perdido por lixiviação ou chegado até a forma gasosa de N, óxido nitroso (N_2O) ou nitrogênio atmosférico (N_2). Holzschuh *et. al.* (2009) afirmam que em solos alagados, o NO_3^- é rapidamente desnitrificado e perdido para a atmosfera em função dos microrganismos anaeróbios e seus receptores de elétrons. Somado a isso, os valores do N mineral podem variar em função das condições climáticas, manejo de solo e umidade do mesmo (Oliveira *et. al.*, 2014).

Tabela 4. Nitrato (mg kg^{-1}) no solo em função do manejo pós colheita em diferentes datas após a semeadura (DAS).

Manejo	DAS				Médias
	0	113	170	195	
PA	18,43 aA	13,02 bA	13,27 bA	0,00 cC	8,76
PD	18,43 aA	8,46 bB	14,50 cA	9,94 cA	18,43
PDR	18,43 aA	5,93 bB	14,06 cA	3,99 cB	10,96
Médias	18,43	9,14	13,94	4,65	9,84
CV (%)					43,10

*médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5%. Letras minúsculas comparam, na linha, os dias dentro dos manejos pós colheita e letras maiúsculas comparam, na coluna, os manejos nos diferentes DAS.

Nas figuras 2,3 e 4 são apresentados os resultados de nitrogênio no solo em função de cada manejo da palha e da presença de plantas de cobertura, durante a entressafra.

Na Figura 2A, é apresentando o comportamento do NH_4^+ do solo em função das plantas de cobertura utilizadas no preparo antecipado. Os solos cultivados com azevém e o trevo-persa possuem os maiores teores de NH_4^+ aos 113 dias após a semeadura. No entanto, aos 170 DAS, nota-se uma diminuição da concentração de NH_4^+ nos solos onde se encontra o azevém, provavelmente em função da imobilização do N realizada pelos microrganismos presentes no solo, visto que o azevém possui uma alta relação C/N. Arnuti (2014) afirma que resíduos com alta relação C/N faz com que os microrganismos utilizem os N inorgânico disponível na solução do solo, justificando a queda de teor aos 170 DAS. Ao contrário, o solo em pousio apresenta um aumento de concentração de NH_4^+ . Aos 195 DAS é observado que o solo das áreas com pousio e consórcio tem uma diminuição na concentração de NH_4^+ , enquanto no trevo-persa, é visível o efeito da fixação biológica de N, visto que foi o único tratamento que aumentou os teores de NH_4^+ , quando se compara a condição inicial da área.

Em relação às concentrações de nitrato (NO_3^-) (Figura 2B), percebe-se que o solo onde foi realizado o consórcio, aos 113 dias após a semeadura, apresenta menores concentrações quando comparado ao solo com azevém, pousio e trevo. A diminuição da concentração na segunda avaliação aos 170 DAS é observada em todas as plantas de cobertura, chegando a quase nula, na terceira avaliação,

realizada a 195 DAS. Isso vem ao encontro ao que Massoni (2011) observou, em manejos de pós colheita com solo alagado apresentou menores teores de N no solo. Essas perdas podem ser por lixiviação ou por desnitrificação.

Figura 3. Amônio (mg kg^{-1}) (A) e nitrato (mg kg^{-1}) (B) no solo, em diferentes plantas de cobertura no preparo antecipado.

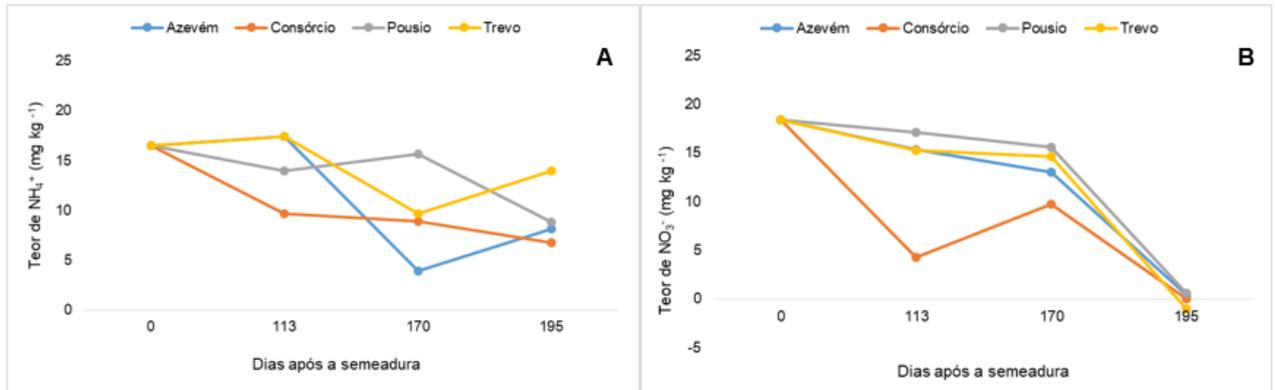


Tabela 5. Umidade gravitacional (U%) do solo em função de diferentes plantas de cobertura em diferentes datas no preparo antecipado.

DAS	Plantas de Cobertura				Médias
	Azevém	Consórcio	Pousio	Trevo	
0	14,65	14,65	14,65	14,65	14,65
113	24,04	22,68	24,54	22,57	23,46
170	21,35	13,72	12,53	10,85	14,61
195	16,75	18,54	16,51	18,06	17,47
Médias	20,71	18,31	17,86	17,16	18,51

DAS: dias após a semeadura das plantas de cobertura.

Na Figura 3A são apresentados os teores de NH_4^+ do solo sob diferentes plantas de cobertura em plantio direto. Observa-se que o solo onde continha azevém apresentou menores teores de NH_4^+ aos 113 DAS. Ao contrário do solo em pousio, que apresentou as maiores concentrações. Por se tratar de um solo sem plantas de cobertura, é possível que não tenha ocorrido imobilização, visto que não há presença de plantas que possam competir pelo N presente no solo com os microrganismos. O mesmo não é observado na segunda avaliação, aos 170 DAS, onde é possível notar que o solo em pousio demonstra uma queda. Essa queda pode estar relacionada à nitrificação. Artuni (2014) observa que o NH_4^+ presente no

solo é convertido em NO_3^- em três a quatro semanas. Enquanto o trevo-persa e o consórcio tiveram um aumento na concentração, provavelmente em função da FBN. Na terceira avaliação, realizada aos 195 DAS, percebe-se que houve uma diminuição na disponibilidade de NH_4^+ quando utilizado o trevo e o consórcio. Esses fluxos de aumento e diminuição de N estão ligados aos ciclos de umedecimento e secagem do solo (Tabela 5). Tratando-se de plantio direto, com maior quantidade de palha residual, associada a maior produção de MS das plantas de cobertura, como demonstrado nas Tabelas 1 e 2, há um favorecimento da manutenção da umidade do solo, o que favorece as transformações do ciclo do N. Como pode ser observado na Tabela 6, que há um aumento da umidade do solo aos 195 DAS, nos solos onde continha trevo e consórcio.

Quanto ao NO_3^- (Figura 3B), observa-se que aos 113 DAS, azevém e consórcio são os tratamentos em que há menores concentrações de NO_3^- no solo. Aos 170 DAS, o NO_3^- onde contém trevo e consórcio apresentam as maiores concentrações, seguidos pelo azevém. Enquanto o pousio é o tratamento com menor concentração. Provavelmente houve um estímulo à liberação de nitrogênio aos 170 DAS visto que tanto o NH_4^+ quanto o NO_3^- apresentaram picos nessa coleta, seguidos de uma diminuição acentuada, 25 dias depois.

Figura 4. Amônio (mg kg^{-1}) (C) e nitrato (mg kg^{-1}) (D) no solo, em diferentes plantas de cobertura no plantio direto.

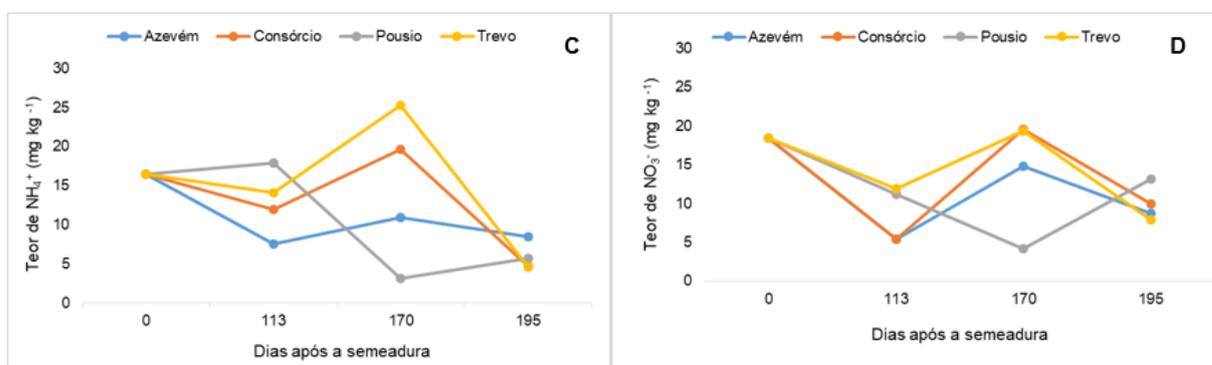


Tabela 6. Umidade gravitacional (U%) do solo em função de diferentes plantas de cobertura em diferentes datas no plantio direto.

DAS	Plantas de Cobertura				
	Azevém	Consórcio	Pousio	Trevo	Médias
0	14,65	14,65	14,65	14,65	14,65
113	22,59	23,82	23,46	27,53	24,35
170	13,41	12,11	11,17	18,28	13,74
195	20,39	16,73	15,67	22,65	18,86
Médias	18,79	17,56	16,77	22,82	18,98

DAS: dias após a semeadura das plantas de cobertura.

Como analisado na Tabela 3, as plantas de cobertura sobre o PDR apresentam menores teores de NH_4^+ (Figura 4F), devido à imobilização realizada pelos microrganismos. Aos 113 DAS, o azevém e o consórcio foram os tratamentos que demonstraram menores teores de NH_4^+ no solo. Aos 170 DAS, percebe-se o aumento da concentração do teor no solo onde continha trevo-persa. Em contrapartida, o consórcio teve uma diminuição em seus teores. Aos 195 DAS, nota-se que o solo em que continha trevo continuou a aumentar a concentração de NH_4^+ , assim como verificado no PD.

Em se tratando de NO_3^- no manejo PDR aos 113 DAS, foi observada a presença de maiores de teores no solo quando feito o consórcio. Enquanto o trevo-persa demonstra menores teores, juntamente com o azevém e pousio. No entanto, aos 170 DAS, nota-se teores maiores no solo onde continha trevo e pousio, exatamente como registrado no PD, reforçando o argumento de que alguma precipitação associada ao período favoreceu os processos de transformação do N, isso vem de encontro aos dados na Tabela 7, onde há um aumento de umidade do solo aos 170 DAS. Aos 195 DAS, consórcio é o que mais apresenta teores de NO_3^- , em função da decomposição da palhada das plantas de cobertura. Enquanto pousio e trevo demonstram os menores teores de NO_3^- no solo.

Figura 5. Amônio (mg kg^{-1}) (E) e nitrato (mg kg^{-1}) (F) no solo, em diferentes plantas de cobertura no plantio direto roçado.

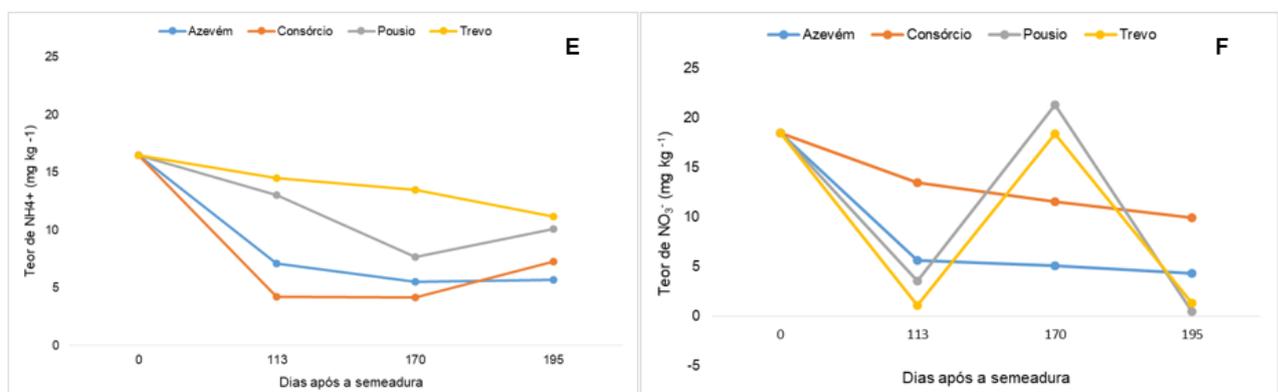


Tabela 7. Umidade gravitacional (U%) do solo em função de diferentes plantas de cobertura em diferentes datas no plantio direto roçado.

DAS	Plantas de Cobertura				
	Azevém	Consórcio	Pousio	Trevo	Médias
0	14,65	14,65	14,65	14,65	14,65
113	28,05	28,25	24,55	40,46	30,33
170	15,73	18,90	16,64	15,05	15,08
195	21,50	21,10	18,88	21,73	20,80
Médias	21,76	22,75	18,02	25,75	22,07

DAS: dias após a semeadura das plantas de cobertura.

Com isso, é possível notar que a presença de palha no solo faz com que a atividade microbiana seja maior, fazendo com que o NH_4^+ e NO_3^- permaneçam ciclando. No momento em que há o revolvimento do solo, como no manejo PA, há um aumento da atividade microbiana, pois entra uma grande quantidade de O_2 , além de aumentar a área exposta do resíduo cultural, ao cortá-lo, estimulando a microbiota. No manejo específico utilizado no experimento, foi realizado com o rolo-faca com água, fato que pode ter diminuído a população microbiana, visto que o ambiente se tornou anaeróbico e o N disponibilizado pode ter se perdido por desnitrificação.

Contudo, mostra-se a importância do uso de plantas de cobertura no solo associado ao manejo plantio direto, para manter a ciclagem de nutrientes, principalmente do N, ao longo do inverno e dessa forma, disponibilizá-lo a planta subsequente. Favarato *et al* (2016), citam que a utilização de plantas Fabaceae e Poaceae em consórcio promovem uma sincronia satisfatória quanto a liberação de N e a utilização da planta utilizada em sucessão.

6 CONCLUSÕES

Em relação aos manejos empregados, o plantio direto, seja roçado ou não, utilizado na entressafra do arroz, proporcionaram as maiores produções de matéria seca das plantas de cobertura

Dentre as plantas de cobertura utilizadas, o trevo-persa foi o que apresentou a maior produção de massa seca, destacando-se principalmente no plantio direto e plantio direto roçado.

O estabelecimento da soja não foi afetado pelos manejos empregados e nem pelas plantas de cobertura utilizadas.

Se tratando da dinâmica do amônio quando há presença de palha roçada, aumenta a imobilização do N pelos microrganismos, nas primeiras semanas após a realização do manejo. No plantio direto, a disponibilização de amônio é maior em função da lenta decomposição da palha pela ação microbiana.

Em relação ao nitrato, o preparo antecipado apresentou a maior concentração nas primeiras semanas após o manejo, pois este manejo estimula a decomposição da palha incorporada, demonstrando a importância da utilização de cobertura do solo pois ele é facilmente perdido por lixiviação e pode voltar a forma gasosa (N_2)

REFERÊNCIAS

- ARNUTI, F. **Dinâmica do nitrogênio em função de irrigação e adubação nitrogenada do milho em plantio direto**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS). Porto Alegre, 2014.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária, safra 2019/2020** – v.7 – Brasília: Conab, 2019. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>.
- CORREIA, S.L.; DA SILVA, P.R.F.; SERPA, M.S.; VIEIRA, V.M.; BOENI, M.; Borba MENEZES, G.B. **Estratégias de manejo da palha de azevém para cultivo do arroz irrigado em sucessão**. Revista Brasileira em Ciência do Solo. vol.37 no.2 Viçosa Mar./Apr. 2013.
- DENARDIN, L.G.; CARMONA, F. **Plantio direto e ILP em terras baixas: o caminho para o uso eficiente de fertilizantes**. Informativo INTEGRAR. Nº 18.Novembro/2016
- FAVARATO, L.F. *et. al.* **Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico**. Bragantia, Campinas, v. 75, n. 4, p.497-506, 2016.
- FONTANELI, R.S. *et. al.* **FORAGEIRAS PARA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NA REGIÃO SUL-BRASILEIRA**. Cap. 8 – 2 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012.
- GOMES, A.S. *et. al.* **Caracterização de indicadores da qualidade do solo, com ênfase às áreas de terras baixas do Rio Grande do Sul** – Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 40p. — (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 169).
- GROHS, M. *et. al.* **Avaliação da liberação de nitrogênio da palha do arroz irrigado em função de diferentes manejos pós-colheita em terras baixas**. XIII Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo. Porto Alegre.2020.
- GROHS, M. **Emissão de gases de efeito estufa, ciclagem de nutrientes e produtividade do arroz irrigado em função de manejos pós colheita e plantas de cobertura**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2018.
- HOLZSCHUH, M. *et. al.* **Resposta do arroz irrigado ao suprimento de amônio e nitrato**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 33, núm. 5, 2009, pp. 1323-1331 Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, Brasil
- IRGA. Safra 2019/20. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/safras>. Acesso em 08 de dez. de 2020.
- LÓPEZ, A. *et.al.* **Diagnóstico do potencial de nitrificação e desnitrificação em solo sob pastagens de *bracharia* sp. e solo sob plantio direto e convencional**. Embrapa.Documento Nº 78 ISSN 0104-6187. Nov. 1998.

MAIA, M.de S.; REIS, J.C.L.; CUNHA, C.P. **Época de colheita de sementes de trevo-persa cv. *Kyambro***. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. 2p. (Embrapa Clima Temperado. Recomendação Técnica, 19).

MARCHESAN, E. **Desenvolvimento de tecnologias para cultivo de soja em terras baixas**. RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar, Tupã, v. 2, n. 1, p. 4-19, jan./jun. 2016. ISSN: 2448-0452.

MASSONI, P.F.S. **Dinâmica do banco de sementes de arroz vermelho e ciclagem de nutrientes em função do manejo pós colheita da palha do arroz**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 2011.

MENEZES, V.G. *et.al.* **Trevo-persa: alternativa como fonte de nitrogênio para a produção de arroz irrigado no RS**. Planeta Arroz. 74 ed. Maio de 2020.

MOREIRA, F.S.M.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. 2 ed. atual. e ampl. – Lavras: Editora UFLA, 2006. 726 p.

MULLER, E.A. **Capacidade de preparos de solos reduzirem limitações físicas naturais de áreas de terras baixas para o cultivo da soja**. 2015 Dissertação de mestrado – UFSM.

OLIVEIRA NETO, A.A. Companhia Nacional de Abastecimento. **A cultura do arroz** – Brasília: Conab, 2015. 180 p.

PIANA, Z.; CAVARINI, C.; TILLMANN, M.A.A.; MINAMI, K. **Disponibilidade hídrica e germinação de sementes de cebola (*Allium cepa* L.)**. Sci.Agric., Piracicaba. Set./Dez. 1994.

PINTO, L.F.S.; LAUS NETO, J.A.; PAULETTO, E.A. **Solos de terras baixas do Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado**. In: **Arroz irrigado no sul do Brasil**, ed. Brasília : Embrapa Informação Tecnológica, 2004, p. 75-95.

ROHDEN, A.C.; SILVA, L.S.; BRITZKE, D.; RANNO, S.K. **Relação entre características de solos de terras baixas e a absorção de nitrogênio pelo arroz irrigado em dois cultivos sucessivos em casa-de-vegetação**. R. Bras. Agrociência, Pelotas, v. 12, n. 3, p. 325-331, jul-set, 2006

SANTOS, H.G. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SCIVITTARO, W.B.; MATTOS, M.L.T.; MARTINS, J.F.S. **Uso de coberturas de solo como fonte de nitrogênio para sistema de produção orgânica de arroz irrigado**. Revista Brasileira de Agroecologia, v.2, n.1, p.1078-1081, 2007.

VARGAS, L.K.; SELBACH, P.A.; DE SÁ, E.L.S. **Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional**. Cienc. Rural vol.35 no.1 Santa Maria Jan./Feb. 2005.

VERNETTI JUNIOR, F de J. *et. al.* **Sustentabilidade de sistemas de rotação e sucessão de culturas em solos de terras baixas no Sul do Brasil**. Ciência Rural, Santa Maria, 2009

VIEIRA, R. F. **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas**. Brasília, DF : Embrapa, 2017. 163 p.