

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**MANEJO DA PALHA E PRODUÇÃO DE FENO DE
AZEVÉM: CICLAGEM DE NUTRIENTES E
RENDIMENTO DE GRÃOS DE ARROZ IRRIGADO
EM SUCESSÃO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Rafael Bruck Ferreira

Santa Maria, RS, Brasil

2012

**MANEJO DA PALHA E PRODUÇÃO DE FENO DE AZEVÉM:
CICLAGEM DE NUTRIENTES E RENDIMENTO DE GRÃOS
DE ARROZ IRRIGADO EM SUCESSÃO**

Rafael Bruck Ferreira

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM-RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**

Orientador: Prof. Dr. Enio Marchesan

Santa Maria, RS, Brasil

2012

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Ferreira, Rafael Bruck

Manejo da palha e produção de feno de azevém: ciclagem de nutrientes e rendimento de grãos de arroz irrigado em sucessão / Rafael Bruck Ferreira.-2012.

66 p.; 30cm

Orientador: Enio Marchesan

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2012

1. Oryza sativa 2. Potássio 3. Fertilidade do solo 4. Sucessão de culturas 5. Lolium multiflorum Lam I. Marchesan, Enio II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por¹

Nome da bibliotecária e número de CRB
Biblioteca central da UFSM

¹ © 2012

Todos os direitos autorais reservados a Rafael Bruck Ferreira. A reprodução de parte ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Email: Rafaelbruck@hotmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**MANEJO DA PALHA E PRODUÇÃO DE FENO DE
AZEVÉM: CICLAGEM DE NUTRIENTES E
RENDIMENTO DE GRÃOS DE ARROZ IRRIGADO
EM SUCESSÃO**

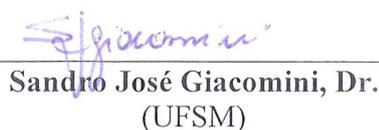
elaborado por
Rafael Bruck Ferreira

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:



Enio Marchesan, Dr.
(Presidente/Orientador)



Sandro José Giacomini, Dr.
(UFSM)



Paulo Régis Ferreira da Silva, Dr.
(UFRGS)

Santa Maria, 24 de julho de 2012

DEDICO

Com gratidão, dedico:

A toda minha família, principalmente aos meus pais Eronita Bruck Ferreira e Quintino Pastorini Ferreira pelo carinho, apoio e compreensão ao longo dessa jornada, a minha namorada Simone Salles, pelo companheirismo e pelo seu amor e compreensão.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

AUTOR: RAFAEL BRUCK FERREIRA
ORIENTADOR: ENIO MARCHESAN
Santa Maria, RS, 24 DE JULHO DE 2012

A implantação de uma cultura sucessora como o azevém (*Lolium multiflorum Lam*) ao arroz irrigado em áreas de várzea poderia contribuir não somente com a ciclagem de nutrientes, mas também agregar renda ao orizicultor. No entanto, precisa-se estudar melhor alguns aspectos como, qual melhor momento para se realizar a dessecação do azevém, de modo que não comprometa a semeadura do arroz irrigado no próximo cultivo. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência de diferentes manejos do azevém cultivado no período de entressafra do arroz irrigado sobre o potencial de ciclagem de nitrogênio, fósforo e potássio, o acúmulo desses nutrientes no perfil do solo e sua influência no rendimento de grãos de arroz irrigado. Para isso, foi conduzido um experimento em área experimental de várzea, utilizando diferentes épocas de dessecação e feno do azevém, além do pousio no período de entressafra da cultura do arroz irrigado. Dos resultados obtidos é possível concluir que, dos nutrientes analisados o potássio apresenta maior liberação depois da dessecação do azevém. A dessecação aos 60 dias antes da semeadura apresenta maiores liberações de nitrogênio, fósforo e potássio na matéria seca do azevém até o momento da semeadura do arroz irrigado. Além disso, o potássio apresenta maior acúmulo no perfil do solo no período que antecedeu a semeadura do arroz. À medida que as dessecações do azevém foram realizadas mais próximas da semeadura do arroz irrigado ocorreu menor estabelecimento inicial de plantas, além de diminuir o teor de nutrientes analisados nas plantas do arroz nos estádios iniciais. A dessecação do azevém deve ser realizada com antecedência de 60 dias antes da semeadura do arroz, para não comprometer o rendimento de grãos do arroz irrigado. A produção de feno de azevém em área de várzea foi viável nos dois anos de estudo.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. Potássio, Fertilidade do solo. Sucessão de culturas, *Lolium multiflorum Lam*

ABSTRACT

Master Dissertation
Graduate Program in Agronomy
Universidade Federal de Santa Maria

AUTHOR: RAFAEL BRUCK FERREIRA

ADVISOR: ENIO MARCHESAN

Santa Maria, RS. July 24th, 2012

The deployment of a culture successor as ryegrass (*Lolium multiflorum Lam*) to irrigated rice in lowland areas could contribute not only to nutrient cycling, but also add to income rice farmer. However, one needs to examine further aspects such as, what better time to make the desiccation of ryegrass, so that does not compromise the sowing of the next rice crop. The objective of this study was to evaluate the influence of different managements of ryegrass grown in the off-season irrigated rice on the potential cycling of nitrogen, phosphorus and potassium, the accumulation of these nutrients in the soil profile and its influence on yield grains of rice. For this, an experiment was conducted at the experimental floodplain, using different periods of desiccation and ryegrass hay, and fallow period between crops in the irrigated rice. From the results it can be inferred that the nutrients analyzed potassium has a higher release after the desiccation of ryegrass. Desiccation at 60 days before sowing presents major releases of nitrogen, phosphorus and potassium in ryegrass dry until the time of sowing of rice. Additionally, potassium has a higher accumulation in the soil profile in the run-seeding rice. As composed of herbicide ryegrass were taken closer to the sowing of rice was lower initial establishment of plants, in addition to reducing the nutrient content of rice plants analyzed in the initial stages. The desiccation of rice should be done in advance of 60 days prior to planting rice, to avoid compromising the yield of irrigated rice. The hay production in the floodplain was feasible within two years of study.

Keywords: *Oryza sativa*. Potassium. Soil fertility. Crop succession. *Lolium multiflorum Lam*.

AGRADECIMENTOS

Em especial a Deus, pois sem Ele nada seria possível.

Aos meus familiares, pelo incentivo, apoio e carinho durante toda essa caminhada e pelo tempo de convívio que nós foram suprimidos.

Ao meu orientador, professor Enio Marchesan, pelo exemplo de profissional, orientação, ensinamentos e por acreditar no meu potencial.

A minha namorada e toda sua família pelo companheirismo, acolhida, ensinamentos, amor, amizade e por todas as horas de ajuda prestada durante a condução dos experimentos e principalmente pela sua compreensão nos momentos de ausência.

Aos meus colegas de pós-graduação Gerson Meneghetti Sarzi Sartori, Guilherme Londeiro, Gustavo Mack Teló, Paulo Fabrício Sachet Massoni e Mara Grohs pelos vários anos de convivência, troca de experiência e trabalho e amizade.

Aos estagiários do setor de agricultura, Cristian Azevedo, Maurício de Oliveira, Anelise Leucena e Fabrício Bulcão, Rodrigo Roso, Eduardo Figueira pela amizade, ajuda, sacrifício e sem a ajuda dos mesmos este trabalho não seria realizado. Em especial ao bolsista e Lucas Lopes Coelho pela amizade e ajuda incondicional nos momentos mais difíceis.

À Universidade Federal de Santa Maria, pela infraestrutura que me permitiu a excelente formação profissional durante estes oito anos de estudo.

Ao Cnpq, pela concessão da bolsa de estudo.

Aos amigos e eternos colegas de profissão, pela presteza, ajuda e amizade na realização de uma etapa desconhecida. Pelo auxílio e incentivo durante o desenvolvimento do projeto e pela presteza e disponibilidade do espaço, meus sinceros agradecimentos.

Aos grandes amigos e ex-colegas do Grupo de Pesquisa em Arroz Irrigado, Edinalvo Camargo, Melissa Walter, Jaqueline Golombieski, Fernando dos Santos, Tiago Rossato, Diego Arosemena, Ramon Felipe Mendez Larrosa e Alejandro Fausto Kraemer. Ao amigo e colega do departamento de solos Eduardo Lorensi de Souza, e ao funcionário do laboratório departamento de solos Luiz Francisco A. Finamor.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia Gilmar, João Colpo, Hilton, Helenice, Regis, pela presteza e amizade.

Aos professores das diferentes disciplinas do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pelos qualificados ensinamentos oferecidos.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1.1 - Matéria seca remanescente na parte aérea de plantas de azevém nos anos agrícolas de 2010 (A, B) e 2011 (C, D) em função de diferentes manejos realizados no azevém no período de entressafra da cultura do arroz irrigado em solo de várzea. Santa Maria-RS, 2012. 39
- Figura 1.2 - Acúmulo de nitrogênio (kg ha^{-1}) na parte aérea de plantas de azevém (A, B) e teor de nitrogênio mineral (mg kg^{-1} de solo) no solo (C, D) em função de manejos realizados no azevém antecedendo a semeadura do arroz irrigado. Ano agrícola de 2010. Santa Maria-RS, 2012. 40
- Figura 1.3 - Acúmulo de nitrogênio (kg ha^{-1}) na parte aérea de plantas de azevém (A, B) e teor de nitrogênio mineral (mg kg^{-1} de solo) no solo (C, D) em função de manejos realizados no azevém antecedendo a semeadura do arroz irrigado. Ano agrícola de 2011. Santa Maria-RS, 2012. 40
- Figura 1.4 - Acúmulo de fósforo (kg ha^{-1}) na parte aérea de plantas de azevém (A, B) e concentração de fósforo (mg kg^{-1} de solo) no solo (C, D) em função de manejos no azevém antecedendo a semeadura do arroz irrigado. Ano agrícola de 2010. Santa Maria-RS, 2012. 41
- Figura 1.5 - Acúmulo de fósforo (kg ha^{-1}) na parte aérea de plantas de azevém (A, B) e concentração de fósforo (mg kg^{-1} de solo) no solo (C, D) em função de manejos realizados na cultura do azevém antecedendo a semeadura do arroz irrigado. Ano agrícola de 2011. Santa Maria-RS, 2012. 41
- Figura 1.6 - Acúmulo de potássio (kg ha^{-1}) na parte aérea de plantas de azevém (A, B), e concentração de potássio (mg kg^{-1} de solo) no solo (C, D) em função dos manejos realizados no azevém antecedendo a semeadura do arroz irrigado. Ano agrícola de 2010. Santa Maria-RS, 2012. 42
- Figura 1.7 - Acúmulo de potássio (kg ha^{-1}) na parte aérea de plantas de azevém (A, B), e concentração de potássio (mg kg^{-1} de solo) no solo (C, D) em função dos manejos realizados no azevém antecedendo a semeadura do arroz irrigado. Ano agrícola de 2011. Santa Maria-RS, 2012. 42

CAPÍTULO II

- Figura 2.1- Umidade do solo, no momento da semeadura do arroz irrigado nos anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12, em função dos manejos adotados. Santa Maria, RS. 2012. 60
- Figura 2.2- Matéria seca remanescente da parte aérea de azevém no momento da semeadura do arroz irrigado em função de diferentes manejos realizados na entressafra, do arroz na safra de 2010/11 e 2011/12. Santa Maria, RS. 2012. ... 61
- Figura 2.3- Temperatura máxima do ar e data da antese do arroz irrigado representado pela seta na safra 2011/12. Santa Maria, RS. 2012. 61

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

- Tabela 1.1 - Liberação da matéria seca (MS), nitrogênio (N) potássio (K) e fósforo (P) e acúmulo desses nutrientes no solo em função de diferentes manejos da palha do azevém (*Lolium multiflorum*) no período de entressafra nos anos agrícolas de 2010 e 2011. Santa Maria. RS, 2012. 36
- Tabela 1.2 - Equações, coeficiente de correlação (R^2) e P referentes às concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) do solo e também as equações referentes aos acúmulos de N, P e K na matéria seca do azevém no ano agrícola de 2010. Santa Maria, RS, 2012. 37
- Tabela 1.3 - Equações, coeficiente de correlação (R^2) e P referentes às concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) do solo e também as equações referentes aos acúmulos de N, P e K na matéria seca do azevém no ano agrícola de 2011. Santa Maria, RS, 2012. 38

CAPÍTULO II

- Tabela 2.1 - Teores médios de nitrogênio(N), fósforo(P), potássio (K) na matéria seca do arroz irrigado, em três estádios fenológicos, em função de manejos da palha do azevém no período de entressafra no agrícola de 2010/11 e 2011/12. Santa Maria. RS, 2012. 56
- Tabela 2.2 - Acúmulo de matéria seca (MS), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) na parte área do arroz irrigado, em três estádios fenológicos, em função de manejos do azevém no período de entressafra nos anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12. Santa Maria. RS, 2012. 57
- Tabela 2.3 - Estande inicial de plantas (EP) número de colmos planta⁻¹, estatura de planta, peso de mil grãos (PMG), numero de grãos panícula⁻¹(NGP), esterilidade de espiguetas (EE), número de panícula m⁻² (PN) e rendimento de grãos (RG) do arroz irrigado em função de manejos da palha do azevém no período de entressafra do arroz irrigado nos anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12. Santa Maria. RS, 2012. 58

Tabela 2.4 - Evolução dos teores de nitrogênio mineral (N), fósforo(P) e potássio (K) no solo (0- 10 cm) em três datas de coleta, em função de manejos da palha do azevém no período de entressafra. Santa Maria. RS, 2012.	59
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Aspectos relacionados à liberação e acúmulo de nutrientes no solo	17
3 CAPÍTULO ICICLAGEM E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM FUNÇÃO DE DIFERENTES MANEJOS DO AZEVÉM EM SOLO DE VÁRZEA	22
Resumo	22
Abstract.....	22
Introdução	23
Material e métodos	24
Resultados e discussão.....	26
Conclusão	33
Referências bibliográficas	33
4 CAPÍTULO II EFEITO DE MANEJOS DA PALHA DO AZEVÉM NA ÉPOCA DE SEMEADURA, NO TEOR DE NUTRIENTES E RENDIMENTO DE GRÃOS DO ARROZ IRRIGADO	43
Resumo	43
Abstract.....	43
Introdução	44
Material e métodos	45
Resultados e discussão.....	47
Conclusão	53
Referências bibliográficas	54
CONSIDERAÇÕES FINAS	62
REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

O preparo do solo logo após a colheita do arroz implica em alguns questionamentos para os quais ainda não se tem informações de pesquisa a respeito de suas consequências, imediatas e ao longo do tempo. Entre eles cita-se o destino dos nutrientes oriundos da decomposição de cerca de 10 toneladas de palha oriunda do cultivo anterior do arroz. Além disso, é preciso conhecer as possíveis perdas que ocorrem no sistema, pois o solo é preparado cerca de seis meses antes da implantação do novo cultivo de arroz e permanece apenas com a vegetação espontânea neste período; portanto sujeito a perdas de nutrientes e solo. Com este procedimento, compromete-se a sustentabilidade do sistema.

O azevém (*Lolium multiflorum Lam.*) é uma das espécies mais adaptadas a solos de várzea no sul do Brasil. Pode ser explorado como forrageira no período de entressafra do arroz irrigado para pastejo animal, quanto como cobertura do solo. Além da adaptação e produção de matéria seca há facilidade de obtenção de sementes, apresenta baixo custo na operação de implantação, além de possível potencial para uso de fenação. Somando-se a isso, o efeito de planta como cobertura do solo e ciclagem de nutrientes oriundos da palha de arroz.

No Estado do Rio Grande do Sul, os solos de várzea são explorados, basicamente, com a cultura do arroz irrigado e pecuária de corte extensiva aproveitando-se da pastagem nativa em intervalos de pousio de dois, três ou mais anos. Este cenário poderia ser modificado através do uso mais eficiente dos recursos do ambiente, com implantação de espécies forrageiras durante o período de inverno.

Porém, dependendo da quantidade de matéria seca produzida pelo azevém, poderá haver dificuldades para realizar a semeadura do arroz dentro da época preferencial, visto que, nesta época do ano, os dias ainda são curtos, a radiação solar e a temperatura estão em elevação e, por consequência, a evaporação do solo é pequena. Com isso, a cobertura do solo proporcionada pela planta do azevém pode interferir, retardando a semeadura do arroz irrigado. Além disso, com o estabelecimento da lâmina de irrigação, quando o arroz se encontra no estágio V3 e V4, ocorre a decomposição anaeróbica da palha do azevém e, com isso, poderá levar a formação de ácidos orgânicos, que podem afetar o desenvolvimento inicial do arroz. Outro fator importante é a competição por nitrogênio entre a planta de arroz e os microorganismos do solo, o que pode resultar em déficit de nitrogênio para o desenvolvimento inicial do arroz.

Com base no exposto, este trabalho tem por objetivos avaliar o desempenho do azevém como planta cicladora de nutrientes, bem como inferir sobre possíveis manejos dessa cultura no período que antecede a semeadura do arroz irrigado sobre o acúmulo de nutrientes no solo (capítulo I), além de verificar a influência desses manejos na cultura do azevém na entressafra sobre a época de semeadura, acúmulo de nutrientes e rendimento de grãos de arroz irrigado (capítulo II).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A adoção do sistema plantio direto em áreas de várzea na cultura do arroz irrigado está sendo utilizada em 12% da área de cultivo no Estado do Rio Grande do Sul (CONAB 2012). Esse sistema traz benefícios não somente na parte econômica, pela não necessidade no preparo do solo, a qual pode representar 8% do custo da lavoura de arroz irrigado (IBGE 2012), mas também na sustentabilidade ambiental, visto a importância da ciclagem de nutrientes oriundos da palha do arroz irrigado após a colheita. Segundo alguns autores, uma das motivações para os agricultores mudar seu sistema de plantio é a redução de custos de produção (COCIU et al, 2010). Além disso, os sistemas plantio direto ou cultivo mínimo, podem reduzir consideravelmente a erosão do solo e as perdas de nutrientes para as águas superficiais (BROOKS et al, 2010), em áreas de várzea.

A diminuição no custo de produção é fundamentada pelo fato de que no plantio direto não há necessidade do preparo da área para cultivo, o que traz ganho em operacionalidade e otimização no uso de máquinas e implementos agrícolas. Sua sustentabilidade é fundamentada na associação a um sistema de rotação e de sucessão de culturas diversificado, que produza adequada quantidade de resíduos culturais na superfície do solo, sem acarretar prejuízo à cultura sucessora.

Entre as vantagens do uso de sistemas de rotação e de sucessão de culturas, destacam-se a estabilidade de rendimento de grãos, pela quebra do ciclo de pragas e de moléstias e da diminuição de plantas daninhas infestantes e pela alternância no padrão de extração e de ciclagem de nutrientes. Considera-se que a condição ideal é aquela em que o solo tenha sempre uma espécie de planta em desenvolvimento, determinando alto fluxo de carbono e de energia no sistema solo-planta-atmosfera, para beneficiar suas qualidades físicas, químicas e biológicas (VEZZANI et. al., 2002).

O azevém (*Lolium multiflorum Lam*) é uma espécie adaptada a esses solos de várzea, além disso, tem baixo custo de sementes, parcial recuperação do nitrogênio residual, rápido estabelecimento, tolerância ao frio, tolerância a doenças e supressão de plantas daninhas (REDDY et. al., 2001). Entre os principais atributos sugeridos para as espécies de cobertura de solo no inverno, destacam-se: elevados rendimento de matéria seca e taxa de crescimento, resistência às baixas temperaturas, não se transformar em planta invasora, ser de fácil manejo, ter sistema radicular vigoroso e profundo e elevada capacidade cicladora de nutrientes e ser

de fácil produção de sementes. Além disso, o azevém poderia se consolidar como forrageira para pastejo animal nessas áreas ou até mesmo para produção de feno, o que evitaria a entrada de animais na área o que poderia acarretar no adensamento da camada superficial desses solos (VIZZOTTO et al. 2000).

Uma das dificuldades na utilização de plantas de cobertura no período de entressafra da cultura do arroz irrigado é saber o momento e a forma de manejar a planta, para que a mesma não prejudique a implantação da lavoura de arroz na época preferencial de semeadura. Além disso, quando se utiliza culturas em sucessão, busca-se a ciclagem de nutrientes, bem como, o sincronismo entre a liberação desses nutrientes pela planta de cobertura e a instalação da cultura sucessora. Em trabalhos realizados com o enfoque na liberação de potássio (K) TEIXEIRA et al. (2011) realizaram estudos com milheto (*PennisetumGlaucum*) e sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para verificar a decomposição e acúmulo de nutrientes, por essas culturas, e constataram que aos 30 dias após o corte, 95% do K havia sido liberado por essas culturas. Dessa forma, quando se busca sustentabilidade ambiental evitando perdas e melhor aproveitamento dos recursos naturais como nutrientes deve-se buscar diminuir o intervalo entre o manejo e implantação da cultura sucessora seja ele químico ou mecanizado, a fim da planta beneficie-se dessa maior disponibilidade de nutrientes no solo.

Contudo, o sistema de sucessão de cultura deve estar inserido num contexto em que as duas culturas sejam implantadas sem que ocorra prejuízo econômico principalmente no arroz irrigado, o qual representa no Estado Rio Grande do Sul uma área cultivada de mais de um milhão de hectares e detém 64,4% de participação na produção nacional desse cereal (IBGE 2012).

Trabalhos citados na literatura como o de MENEZES et al (2001) verificaram que houve diminuição no rendimento de grãos no arroz cultivado em sucessão ao azevém em relação ao sistema convencional. Em outros estudos mais recentes VIEIRA et al. (2010); MARCHESI et al. (2010) não verificaram diferença no rendimento de grãos de arroz entre as diferentes manejos utilizados e o pousio. Nesse sentido, busca-se um melhor entendimento sobre o sistema plantio direto em áreas de várzea a fim de obter uma melhor maneira de se utilizar uma cultura após a colheita do arroz irrigado em áreas de várzea, e com isso, propiciar uma ciclagem de nutrientes nesse sistema, sem ao mesmo tempo não inviabilizar a realização da semeadura do arroz irrigado no próximo ano.

2.1 Aspectos relacionados à liberação ao acúmulo de nutrientes no solo em áreas de várzea

Na cultura do arroz irrigado o fornecimento balanceado de nitrogênio (N), fósforo (P) e o potássio (K) aumenta o rendimento de grãos da cultura por influenciar positivamente os componentes do rendimento de grãos dessa cultura (ZULKARNAIN et al., 2009). Além disso, esses nutrientes desempenham diversos papéis em processos metabólicos de plantas (PERVEZ et al., 2006). Teores elevados de K no solo, por exemplo, estimula o crescimento das plantas e eleva o rendimento de grãos no arroz irrigado (ÇELIK et al., 2010). Já as deficiências desses nutrientes podem causar um estresse, com isso diminuindo a biomassa vegetal, o crescimento das plantas, perfilhamento, além de retardar o crescimento radicular (LIU et al., 2003).

O K é o cátion mais abundante no citoplasma celular e está presente em altas concentrações também nos cloroplastos. Esse nutriente exerce funções regulatórias no equilíbrio elétrico-osmótico celular e de ativação de enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2009). Também é fundamental para gerar pressão de turgor relacionada ao crescimento, à expansão celular e à regulação da difusão de CO₂ via abertura de estômatos (TAIZ & ZEIGER, 2009). Apesar da alta absorção de K pela planta, a quantidade removida pelos grãos é pequena (aproximadamente 20%), por ser um nutriente não constitutivo de tecidos estruturais e com grande mobilidade na planta. Esta característica faz com que o K retorne ao solo com a deposição da palha, de forma relativamente rápida. Assim, origina-se um gradiente decrescente de concentração de K no perfil do solo, a partir da superfície, sendo que seu controle é dependente da CTC do solo.

Isso promove sua ciclagem e contribui para seu adequado balanço no solo. Além disso, o aumento da CTC do solo em sistema plantio direto, devido aos maiores teores de matéria orgânica e pH do solo, determina maior capacidade de retenção de K. Isso modifica sua distribuição nos sítios de troca e na solução do solo, o que também reduz as perdas por percolação e escoamento superficial. Assim, a intensidade de ciclagem de K depende da presença constante de plantas em desenvolvimento no sistema e do rendimento de massa seca das culturas (SANTI et al., 2003).

O cultivo de espécies vegetais como plantas de cobertura pode aumentar a oferta de nutrientes nas camadas superficiais do solo. Desse modo, o K contido na palha da superfície do solo em sistemas de semeadura direta pode contribuir para nutrir a cultura sucessora

(ROSOLEM et al., 2006). Como o K não está ligado em qualquer composto orgânico no planta, sua liberação não requer o envolvimento de microrganismos, ao contrário de N e P, (MARSCHNER et al.; 1995). Segundo YADVINDER-SINGH et al (2010), o resíduo da palha pode fornecer quantidade substancial de K para o cultivo de trigo após a colheita do arroz no sistema de sucessão de cultura. Além disso, vários trabalhos encontrados na literatura citam que a liberação do K é mais rápida de que a P e N. Nesse sentido, esses mesmos autores encontraram no final do ciclo de decomposição (140 dias), 97% do K ($176-180 \text{ kg K ha}^{-1}$) foi liberado a partir do resíduo da palha do arroz. Desse modo, fica evidenciada a importância de se ter uma cultura sucessora ao arroz irrigado, a qual poderá ser beneficiada pelo maior teor desse nutriente no solo.

Em estudos desenvolvidos para comparar a concentração e o acúmulo de fósforo e potássio do solo entre o sistema de cultivo convencional e plantio direto verificou-se que no solo sob plantio direto, houve maior acúmulo principalmente de K, e por que no sistema plantio direto são deixados na superfície do solo na camada de 0-15 cm. Um dos motivos citados pelos autores é que o K é menos exportado pelos grãos, retornando dessa forma para sistema, além de não ser imobilizado pelos microrganismos do solo DEUBEI et al. 2011.

O manejo químico (dessecação) de espécies de cobertura do solo provoca a morte lenta das plantas, o que atrasa o processo de decomposição da palha (AHRENS et al., 1994), devido as plantas permanecerem em pé. Dessa forma, a oferta de nutrientes dos restos vegetais tende a ser menos intensa, em razão da menor taxa de decomposição biológica. Outra característica relacionada à liberação de nutrientes pela palha é a forma e a localização que esses nutrientes se encontram no tecido vegetal. No caso do P, a maior parte encontra-se na planta associada aos componentes orgânicos do tecido vegetal (MARSCHNER et al.; 1995), sendo sua liberação intimamente ligada ao processo de decomposição pelos microrganismos do solo.

Em trabalhos realizados com resíduos de azevém observa-se que os maiores teores de cálcio e magnésio na solução do solo ocorrem com a quantidade 10 Mg ha^{-1} de resíduos de azevém na superfície do solo (SCHMIDT et. al., 2009). Segundo os mesmos autores, os teores de nitrogênio, fósforo e cálcio na parte aérea do arroz não foram afetados pelos resíduos de azevém, enquanto que houve aumento nos teores de potássio e diminuição nos teores de magnésio.

Contudo, o estágio de senescência das plantas, após serem submetidas ao herbicida (dessecante) pode comprometer o sincronismo entre a fonte do nutriente (palha da superfície do solo) e a demanda da cultura subsequente em sistemas com semeadura direta.

Em trabalhos na China GUPTA et al. (2007) informaram que a ciclagem residual aumentou o teor P no solo ao trigo após quatro anos de cultivo no sistema de sucessão arroz/trigo. Estudos realizados por MCLAUGHLIN et al. (1988), no entanto, indicaram que residual de P liberado após a colheita do arroz pode não contribuir para a nutrição da cultura subsequente em um período curto.

Com relação ao P disponível em solos de várzea, a redução dos óxidos férricos a óxidos ferrosos com liberação do P adsorvido é considerada por inúmeros pesquisadores o fator principal para o aumento da disponibilidade de P em solos reduzidos. Esse mecanismo também envolve o consumo de H^+ , aumentando o pH da solução (PONNAMPERUMA, 1972). Outros fatores que podem contribuir para o aumento na disponibilidade de P em solos ácidos são os seguintes: redução do Mn^{4+} a Mn^{2+} com liberação do P adsorvido em solos com predominância de óxidos de Mn de baixa cristalinidade (SHAHANDEH et al., 2003), dissolução dos fosfatos minerais secundários (PIERZYNSKI et al., 2005), além da mineralização do P orgânico na rizosfera e complexação de cátions por ácidos orgânicos, promovendo a dessorção de P.

Além das formas inorgânicas de P, as formas orgânicas podem sofrer transformações com os ciclos de umedecimento e secagem do solo. O P orgânico pode se constituir em uma importante fonte desse nutriente às plantas através de sua mineralização. Essa mineralização é mediada pelas fosfatases, enzimas que catalisam a hidrólise de ésteres de fosfatos, liberando fosfato solúvel. Essas enzimas são produzidas pelas plantas e microrganismos do solo, e suas atividades podem ser influenciadas pelos diferentes atributos dos solos (NAHAS et al., 1994).

Segundo RANNO et al. (2007), foi possível estimar o fator dreno de P em um Planossolo Hidromórfico de $3,3 \text{ mg mg}^{-1}$, que seria correspondente a uma aplicação de $7,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 , o qual representaria uma variação de 1 mg de P extraído pelo Mehlich-1 nesse solo, considerando o solo na camada de 0 a 20 cm. Dessa forma, o fosforo liberado pela dessecação do azevém poderia contribuir para elevação desse nutriente no solo.

A escolha de espécies de cobertura de solo no inverno e a relação C/N de seus resíduos no solo são fatores importantes no controle da quantidade de N mineral disponível às plantas (VICTORIA et al., 1992). Estudos realizados com a cultura do milho revelaram que materiais com alta relação C/N, como palha de gramíneas, apresentam menores taxas de decomposição, resultando em menor disponibilidade de N para a planta no início do desenvolvimento e, geralmente, em menor rendimento de grãos, em comparação ao milho semeado em sucessão às leguminosas (PAVINATO et al., 1994; DA ROS & AITA, 1996). Isto se deve ao fato de que a adição de resíduos culturais com alta relação C/N em quantidades elevadas induz os

microrganismos do solo a imobilizar o N da palha e, inclusive, parte do N mineral do solo, para utilizar o carbono (C) na biossíntese e também como fonte de energia, reduzindo a disponibilidade de N para a cultura em sucessão (DA ROS & AITA, 1996).

No entanto, a continuidade do processo de decomposição de resíduos reduz a relação C/N do resíduo, uma vez que o C é perdido na forma de CO_2 e o N é conservado pela formação de massa celular microbiana (VICTORIA et al., 1992).

Uma das principais vantagens no uso da palha de gramíneas como cobertura vegetal é a elevação gradativa do teor de matéria orgânica e fornecimento de nutrientes para o solo, pois os resíduos vegetais vão liberando lentamente os nutrientes pela decomposição, o que leva a melhor sincronismo na absorção de N pelas plantas do que as próprias fontes de N inorgânico, aumentando, desta forma, a eficiência de absorção de N (CHERR et al., 2006).

A utilização de NH_4^+ e de NO_3^- pelas plantas e por microrganismos do solo constitui-se da assimilação e imobilização, respectivamente. Em solos alagados, onde ocorre à exclusão do oxigênio do sistema, ocorre o processo biológico de oxidação-redução, que altera a disponibilidade de N. Como resultados do alagamento do solo promovido pelo cultivo do arroz irrigado, há acumulação de N na forma amoniacal (NH_4^+), instabilidade do nitrogênio como nitrato (N-NO_3^-) e menores necessidades de N para decomposição da matéria orgânica (PATRICK et al., 1985). A quantidade de N amoniacal, que é a fonte de N mais importante para as plantas de arroz após o alagamento, depende do resultado líquido do balanço entre os processos microbianos de mineralização e de imobilização do N.

Segundo LI et al. (2003), a predição da quantidade de N inorgânico liberado a partir da mineralização da matéria orgânica do solo é essencial para desenvolvimento de práticas que maximizem a eficiência no uso do N e minimizem impactos adversos ao meio ambiente, principalmente quando se considera a grande mobilidade e dinâmica do N, tanto em ambientes de sequeiro, como em ambientes alagados.

Se tanto a ciclagem de N na biomassa microbiana do solo e possíveis perdas de N mineralizado (isto é, a lixiviação, desnitrificação, e volatilização) são considerados, o conteúdo total médio de N conteúdo de resíduo de arroz não é suficiente para reduzir significativamente a taxa de fertilizante N aplicado ao trigo e a seguindo a cultura do arroz ao longo de um curto prazo YADVINDER-SINGH et al (2010).

Isso leva à dedução de que a manutenção de palha como cobertura do solo, no período de entressafra em lavouras de arroz irrigado, pode melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo, contribuindo para diminuir a degradação dos solos de várzea pelos sucessivos cultivos do arroz irrigado. Além disso, resíduos orgânicos facilmente

decomponíveis são excelentes fontes de carbono e energia aos microorganismos anaeróbios, acelerando as reações de oxirredução e acentuando as transformações químicas em um solo alagado (GAO et al., 2004), proporcionando maior disponibilidade de nutrientes às plantas.

Além disso, dependendo da quantidade de palha existente na área, poderá ocorrer dificuldade na ocasião da semeadura do arroz irrigado na época preferencial, ou realizar essa semeadura em condições não adequadas de umidade do solo, o que poderá acarretar em prejuízo no estabelecimento inicial da cultura e, com isso, levando a perda do potencial produtivo.

3 CAPÍTULO I

CICLAGEM E ACÚMULO DE NUTRIENTES NO SOLO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES MANEJOS DO AZEVÉM EM SOLO DE VÁRZEA

Resumo

O atual modelo de preparo do solo pós colheita realizado na cultura do arroz irrigado, baseia-se no preparo do solo através de gradagens, ou utilização de rolo-faca. Em grande parte das áreas, após ser realizado esses manejos esses solos permanecem com vegetação espontânea. Uma alternativa para isso seria o estabelecimento de uma cultura sucessora como azevém nessas áreas. Pois, além de propiciar a ciclagem de nutrientes providos da palha do arroz, essa cultura poderia agregar renda ao produtor, através da exploração como produção de feno. No entanto, deve-se conhecer melhor alguns aspectos como a melhor época de manejo, sincronia entre a dessecação e implantação de uma cultura sucessora, acúmulo de nutrientes no solo. Desse modo, o objetivo deste trabalho foi de avaliar o efeito de diferentes manejos da palha do azevém sob a mineralização de nutrientes no solo, bem como o potencial de ciclagem de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) oriundos da palha do arroz pela cultura do azevém. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial, em parcelas subdivididas no tempo (9x6m) com cinco repetições. O fator A foi constituído por oito manejos da palha do azevém, e o fator B composto por seis épocas de coleta de matéria seca (90, 60, 45, 30, 15 e 1 dia antes da semeadura do arroz irrigado). O K é liberado mais rapidamente da matéria seca do azevém após as dessecações. A dessecação aos 60DAS apresenta maior liberação de N, P e K na matéria seca do azevém até o momento da semeadura do arroz irrigado. O teor de K no solo apresenta maior acúmulo na camada de 0-10 cm após os manejos com dessecações. Nos dois anos em estudo, a produção de feno foi viável na área de várzea.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, mineralização, taxa de decomposição, produção de feno.

Abstract

The current model of post-harvest tillage conducted in irrigated rice, based on the preparation of the soil by disking or use of roll-knife. In most areas, after being held these

managements these soils remain with spontaneous vegetation. An alternative to this would be to establish a culture successor as ryegrass these areas. For, besides providing nutrient cycling provided the rice straw, this crop could add income to the producer through exploration as hay production. However, some aspects such as the best time management, synchronization between desiccation and implement a culture successor, accumulation of nutrients in the soil, must be better understand. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of different ryegrass straw management on the mineralization of nutrients in the soil as well as the potential cycling of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) from the rice straw by the culture of ryegrass. The experimental design was a randomized block in factorial split plot in time (9x6m) with five repetitions. The first factor was composed of eight ryegrass straw management, and factor B consists of six sampling times of dry matter (90, 60, 45, 30, 15 and 1 day before sowing the rice). OK is released faster from ryegrass dry after composed of herbicide. Desiccation to 60DAS presents greater release of N, P and K in ryegrass dry until the time of sowing of rice. The K content in the soil has a higher accumulation at 0-10 cm after the management's desiccation. In the two years under study, hay production was viable in the floodplain area.

Keywords: *Oryza sativa*, mineralization, decomposition rate, hay production.

Introdução

O sistema de produção de arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul consiste no cultivo durante as estações de primavera e verão. No outono e no inverno recomenda-se o manejo pós-colheita das áreas cultivadas, que permanecem determinados período sem cobertura vegetal devido às operações de preparo antecipado do solo e depois, desenvolve-se na área a vegetação espontânea, permanecendo assim até o próximo cultivo de arroz. Este modelo, não proporciona utilização intensiva e sustentável da área, com restrições à conservação do solo. Desse modo, gramíneas podem atuar na ciclagem de nutrientes minerais da solução do solo, e com isso incorporá-los à fração orgânica reduzindo desta forma a lixiviação de nutrientes no perfil do solo, o tempo de permanência na área de cultivo agrícola (STEVENS QUINTON 2009; STEENWERTHE BELINA et al. 2010).

A utilização de nutrientes pelas plantas em sistemas de produção com sucessão ou rotação de culturas está diretamente ligada à sua disponibilidade no solo, a qual depende da velocidade de liberação dos nutrientes de seus resíduos que se encontram sobre o solo. Em

virtude disso, é necessário entendimento dos fatores e dos processos que controlam a ciclagem de nutrientes, bem como o possível sincronismo entre a sua disponibilização com a demanda da cultura sucessora.

Do ponto de vista da fertilidade do solo, diversos trabalhos mostraram o efeito da mineralização dos resíduos culturais no acúmulo de nutrientes na camada superficial do solo, influenciando as culturas em sucessão (AITA & GIACOMINI, 2003; GAMA-RODRIGUES et al., 2007; SIQUEIRA NETO et al., 2009).

Desse modo, uma alternativa para esse sistema de produção em áreas de várzea é o cultivo do azevém (*Lolium multiflorum*), que é uma espécie adaptada para essas áreas. Porém, vários fatores precisam ser mais bem estudados nesse sistema de cultivo, entre eles, a ciclagem e liberação de nutrientes por essa cultura, bem como a dinâmica dos nutrientes no solo em sistema de sucessão ao arroz irrigado. Estudos na China com sucessão arroz/trigo, demonstraram que manejos diferentes da palha de arroz (superfície ou incorporado ao solo) não supriram a necessidade de N e P para o trigo a curto prazo, porém pode fornecer quantidade suficiente de K para o trigo cultivado em sucessão (YADVINDER-SINGH et al., 2010).

A permanência da palha na superfície do solo é relevante para manutenção e proteção do sistema solo-planta, beneficiando a manutenção da umidade do solo e favorecendo a biota do solo e a ciclagem de nutrientes (BRANCALÃO & MORAES, 2008; CALVO et al., 2010). Em sistemas de produção sem pousio entre uma cultura e outra (sistema planta-colhe-planta), SANTIETAL. et al. 2003 destacam que o K absorvido permanece a maior parte do tempo no tecido vegetal, protegido de perdas por erosão e lixiviação.

Assim, no ecossistema de várzeas há dificuldades adicionais de implementar sistemas de rotação e sucessão de culturas, devido ao hidromorfismo do solo e, com isso, a restrição de espécies adaptadas a essas condições. Assim, a hipótese é que o cultivo do azevém em sucessão a cultura do arroz irrigado, contribua para a ciclagem de nutrientes, diminuindo as perdas de N, P e K e aumentando a sustentabilidade do processo de produção agrícola em áreas de várzea.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes manejos da palha do azevém na entressafra sobre a mineralização de nutrientes no solo, bem como o potencial de ciclagem de N, P e K oriundos da palha de arroz pela cultura do azevém.

Material e métodos

O experimento foi conduzido nos anos agrícolas de 2010/2011 e 2011/12 nas mesmas unidades experimentais em um solo classificado como Planossolo Háplico Eutrófico arênico, da unidade de mapeamento Vacacaí (EMPRAPA, 2006).

Os teor médios iniciais de nutrientes no solo durante os anos avaliados foram de: 14 e 15 mg N kg⁻¹ de solo; 7,6 e 8,4 mg kg⁻¹ de fósforo disponível; 0,17 e 0,18 cmol_c kg⁻¹ de potássio disponível; pH H₂O (1:1) 5,3; matéria orgânica 1,8 e 2,3 %; teor de argila de 24%; textura classe 3; CTC efetiva 8,8 e 10,8 Cmol_c kg⁻¹ de solo e CTC pH 7 13,3 e 16,6, respectivamente para os anos de 2010 e 2011.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial, em parcelas subdivididas no tempo (9x6) com cinco repetições. O primeiro fator foi constituído por oito manejos do azevém, além do pousio (sem azevém) no período de entressafra do arroz irrigado totalizando nove tratamentos: [1] feno (corte do azevém no florescimento); [2] colheita do azevém para semente; [3] dessecação do azevém aos 60 dias antes da semeadura do arroz (DAS); [4] dessecação do azevém aos 45 DAS; [5] dessecação do azevém 30 DAS; [6] dessecação do azevém 30 DAS + rolo-faca; [7] dessecação do azevém 15 DAS + rolo-faca; [8] feno (corte do azevém no enchimento de grão) e [9] pousio (área sem azevém na entressafra). Nos manejos aonde foi realizado o manejo com rolo-faca, o mesmo foi passado sete dias após a dessecação. Já para o manejo onde foi realizado feno, o corte das plantas foi feito com auxílio de uma roçadeira motorizada a uma altura média de 5cm do solo. O corte das plantas foi realizado pela manhã, deixando o material a campo por dois dias, para que o mesmo perdesse o excesso de umidade, para posterior pesagem e armazenamento.

O segundo fator foi constituído pela época de coleta da matéria seca (MS) antes da semeadura do arroz irrigado, totalizando seis coletas aos 90, 60, 45, 30, 15 e 1 dia antes da semeadura do arroz irrigado (DAS), visando obter relação entre os diferentes manejos realizados na cultura do azevém e o acúmulo de nutrientes na superfície do solo após o manejo da palha do azevém antecedendo a semeadura do arroz irrigado.

Após a colheita do arroz irrigado, foi realizada a semeadura do azevém no dia 20 abril para e 30 de março para os anos de 2010 e 2011 respectivamente, sendo utilizado a densidade de semeadura de 40 kg ha⁻¹.

Foram realizadas três adubações de cobertura de 25 kg ha⁻¹ de N aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura do azevém. As coletas de matéria seca (MS) de azevém foram realizadas através de duas amostragens de 0,25m² por parcela, sendo o material coletado conduzido à estufa com ventilação forçada de ar a 65°C até peso constante. Após isso a matéria seca foi pesada e, posteriormente, triturada em moinho Willey (peneira com malha de 0,33 mm).

As análises químicas para determinação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na MS de azevém foram realizadas conforme descrito por TEDESCO et al., 1995. Em cada avaliação de MS foram coletadas amostras de solo da camada 0-10 cm do mesmo local onde foi coletada a palha do azevém. Em cada ponto de coleta foram retiradas com auxílio de um trado calador seis subamostras de solo para compor uma amostra composta. Para extração e determinação dos teores de N mineral, P e K disponíveis foram utilizados os métodos descritos em Tedesco et al. (1995), exceto para a determinação do P, para o qual seguiu-se o método descrito por MURPHY; RILLEY (1962). O N mineral do solo corresponde à soma dos teores de $N-NH_4^+$ + $N-NO_3^-$ + $N-NO_2$, obtidos pela destilação da solução extraída do solo com KCl 1 mol L^{-1} .

O P e o K disponíveis foram extraídos pelo método de Mehlich⁻¹ e determinados por colorimetria e espectrofotometria absorção de emissão atômica, respectivamente. Foi realizada a análise da variância dos dados e o teste F, a 5% de probabilidade. As médias do fator época de coleta foram submetidas à análise de regressão polinomial, testando-se os modelos linear, quadrático e cúbico.

Resultados e discussão

Nos dois anos de estudo, o rendimento da MS do azevém da parte aérea foi influenciado pelos diferentes manejos realizados na cultura do azevém no período que antecedeu a semeadura do arroz irrigado (Figura 1.1B, D). Observou-se de forma geral, quando a dessecação do azevém foi realizada aos 60DAS que, a quantidade de MS adicionada ao solo até o momento da semeadura do arroz foi menor. Por outro lado, quando a dessecação foi realizada próximo à data de semeadura do arroz, ou seja, aos 15DAS+RF a quantidade de MS verificada apresentada no momento da semeadura do arroz irrigado ficou entre 4,4 e 3,8 t ha^{-1} . Esta quantidade de material ainda não decomposto pode atrasar a semeadura do arroz na época preferencial, em função da maior retenção de umidade do solo, dificultando as operações de semeadura.

A maior decomposição da palha do azevém aos 60 DAS, além do maior tempo para degradação microbiana, pode estar associada também ao maior teor de água na planta e à menor relação C/N, quando comparada às demais dessecações onde a cultura já se encontrava em estádios fenológicos mais avançados. Além disso, esse comportamento pode estar associado aos menores teores de lignina do azevém na dessecação aos 60 DAS (Teixeira, 2011).

Nos tratamentos onde foi realizado feno da planta de azevém, o rendimento de matéria seca foi de 3500 e 4800 kg ha⁻¹ no ano de 2010 e 3200 e 4300 kg ha⁻¹ no ano de 2011 respectivamente quando o feno foi realizado nos estádios do florescimento e enchimento de grão (Figura 1.1B, D). Além disso, não se verificou diminuição na concentração de nutrientes no solo após a realização do feno (Tabela 1.1) Trabalhando com outras gramíneas como milho e sorgo, TEIXEIRA et al (2011) também observaram aumento da matéria seca no enchimento de grãos em relação à floração nessa cultura. Esse aumento demonstra a manutenção do crescimento e da acumulação de material vegetativo após a floração das plantas de cobertura, o que permite ainda a planta obter maior biomassa, ainda com alto teor de proteína, COSTA et al. (2005a). Embora se tenha observado maior rendimento de feno no estágio de enchimento de grãos, o teor de N desse material exportado nesse último estágio foi 25% menor que o anterior. Nesse sentido, alguns autores como PELLEGRINI et al. (2010) concluíram que o avanço no estágio fenológico do azevém, com o suceder dos ciclos, reduz a participação de folhas na massa de forragem e, com isso, diminui sua qualidade nutricional.

Os valores médios de 3.300 e 4500 kg ha⁻¹ de feno de azevém produzidos, respectivamente, no florescimento e no enchimento de grãos representa uma oportunidade de renda no período de entressafra do arroz, além de manter o solo coberto durante o período de inverno. Por outro lado, a retirada dessa quantidade de material orgânico da área é um manejo sustentável da área também sob o ponto de vista de produção de metano (CH₄), pois representa redução da produção deste gás de efeito estufa durante o cultivo de arroz. No entanto, segundo ZSCHORNACK T. et al. 2011 mesmo que ocorra manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo, verificou-se menor emissões de (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) em solos cultivados com arroz por sistema de irrigação por inundação em relação ao manejo onde a cobertura vegetal foi incorporada no solo antes da semeadura do arroz irrigado.

Com relação à ciclagem de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) para melhor entendimento os dados serão apresentados separadamente por nutriente, e por ano agrícola onde foram realizadas as análises.

Nitrogênio

O teor de N na MS de azevém no ano agrícola de 2010 (Figura 2A, B) diferiu entre os manejos e as coletas realizadas. Após a realização dos diferentes manejos na cultura do azevém antecedendo a semeadura do arroz irrigado, observou-se comportamento distinto após as datas de dessecação, obedecendo à cinética de liberação do N conforme a decomposição da

planta. Para ano de 2011 (Figura 3A, B) a cinética de liberação do N apresentou comportamento semelhante ao ocorrido na safra anterior. Desse modo, o manejo com dessecação aos 60 DAS representou liberação de cerca de 80% do valor inicial desse nutriente até o momento da semeadura do arroz (Tabela 1.1). Já quando se realizou o manejo mais próximo à semeadura do arroz, ou seja, dessecação aos 15 DAS+RF representou uma liberação média de 23%. Esses resultados corroboram com os de BRUNETTO et. al (2011) que constataram liberação de, aproximadamente, 70% do teor de N inicial, nas primeiras oito semanas após a roçada do azevém, sendo que a liberação de N ocorreu em um taxa mais rápida para o trevo do que para azevém.

No entanto, AITA et al. (2006) trabalhando com aveia preta, constataram que a velocidade de liberação de N da MS foi mais lenta, sendo que apenas 20% do N contido na matéria seca é disponibilizado nas primeiras quatro semanas após seu manejo. Nesse sentido, fica evidenciada a importância de se obter melhor sincronismo entre as dessecações e implantação da cultura utilizada em sucessão, nesse caso, o arroz irrigado, que poderá ser beneficiado pela ciclagem de nutrientes proveniente da decomposição microbiana do solo. Sendo assim, uma das alternativas para isso seria a dessecação do azevém aos 30 DAS, o que contribuiria com o aporte de nitrogênio mineral do solo após sua mineralização pelos microrganismos do solo, contribuindo dessa forma para nutrição da planta sucessora. No entanto, VIEIRA et al. (2010) trabalhando com diferentes quantidades de MS de azevém e pousio antes da semeadura do arroz irrigado não observaram diferença na concentração de N no estágio V3, ou seja, a planta de arroz ainda não havia se beneficiado deste possível maior teor de N oriundo da decomposição da planta de azevém.

Isto pode ser explicado através da (Figura 1.2C, D) onde observa-se que apesar de ter ocorrido liberação de 104 kg N ha^{-1} na MS do azevém no manejo com dessecação aos 45DAS, isso não expressou um aumento significativo no teor de N mineral no solo, ficando o valor acumulado de apenas 7 kg N ha^{-1} entre a dessecação e a semeadura do arroz (Tabela 1.1). Essa diferença entre N liberado pela planta e o valor encontrado na análise de solo deve-se às diferentes perdas que o N está sujeito no solo, como imobilização do N mineral do solo (NH_4^+ e NO_3^-) pelos microrganismos durante a decomposição do resíduo vegetal (SÁ et al., 2009). Em função disso, fica justificada a importância na implantação de uma cultura o mais rápido possível, a fim de minimizar as perdas desse nutriente no sistema. Em função disso, a época de dessecação torna-se fundamental, visto que nos manejos onde a dessecação foi realizada 60DAS as liberações de alguns nutrientes como K chegou a 98%. Isso significa que, quando busca-se a sincronia entre a liberação pela cultura de cobertura e a implantação da

cultora sucessora, esse não é o melhor manejo a ser adotado. Por outro lado, devem-se levar em consideração outros aspectos como a quantidade de palha no momento da realização da semeadura, a qual não inviabilize essa operação na época preferencial de semeadura do arroz.

Além disso, o N está sujeito à imobilização pelos microrganismos do solo que utilizaram o carbono (C) da palha do azevém para a produção de energia e, necessitam o N mineral do solo, pois a palha do azevém não supre as quantidades necessárias para atender a sua demanda, devido à alta relação C/N. Outra hipótese refere-se à disponibilidade reduzida do NO_3^- em solos com pouca drenagem como solos de várzea, por esse elemento ser rapidamente convertido em formas voláteis (NO , N_2O e N_2) nas zonas anaeróbicas do solo e perdido para a atmosfera (PONNAMPERUMA, 1972).

Com relação ao ano agrícola de 2011, o teor de N mineral do solo também diferiu entre os manejos e as diferentes épocas de coletas realizadas antecedendo a semeadura do arroz irrigado (Figura 1.3C, D). Neste ano, não foi realizada aplicação de N após o início das coletas de solo e, desse modo, não se verificou aumento no teor desse nutriente nas duas primeiras coletas. No entanto, foi encontrado aumento de N mineral no solo após as dessecações, ficando entre 07 e 20 kg N ha^{-1} nas dessecações realizadas aos 60DAS e 30DAS, respectivamente (Tabela 1.1).

Mesmo assim, observou-se diferentes taxas de mineralização entre os manejos realizados, podendo estar atrelado à variação de umidade do solo entre as datas de coleta do solo. Neste sentido, em trabalhos realizados na China em sistema de sucessão arroz/trigo a diferença nas taxas de mineralização líquida diária foi devido a variações na temperatura e ao teor de umidade do solo, que são os principais fatores que afetam a mineralização do N (WANG et al., 2003). Além disso, outros trabalhos como citados por JING et al. (2010) observaram redução na mineralização de N no momento da semeadura de trigo em sucessão ao arroz, devido à diminuição da umidade do solo.

Fósforo

A cinética de liberação do P na MS do azevém no ano agrícola de 2010 apresentou comportamento similar a do N (Figura 1.44A, B). Houve interação entre os diferentes manejos realizados na cultura do azevém e as datas de coleta de matéria seca antecedendo a semeadura do arroz irrigado, sendo que 30 dias após a dessecação aos 60 DAS 40% do P já havia sido liberado pela MS do azevém. Entretanto, quando se realizou a dessecação do azevém próximo à semeadura do arroz, no manejo aos 15DAS+RF, essa liberação ficou em

torno de 14%, tendo em vista que esses valores referem-se à liberação do momento da dessecação até à sementeira do arroz.

Essa resposta apresentada pode ser atribuída a maior relação C/N nos resíduos em função da maior proporção de colmos de azevém no estágio fenológico mais adiantado (Teixeira, 2011) diminuindo a velocidade de decomposição da MS aos 15 DAS, quando comparado com a dessecação aos 60 DAS. Na dessecação realizada aos 60 DAS, a menor relação C/N e a maior proporção de folhas, além de aumentarem a velocidade de decomposição da MS, propiciam maior contato entre folhas e solo, culminando em maior área exposta para ação dos organismos decompositores, o que favorece a decomposição, refletindo-se em maior liberação de P dos resíduos culturais.

Isso ficou evidenciado quando foram realizados dois manejos com dessecação aos 30DAS, porém em um deles utilizando-se o rolo-faca para possibilitar maior contato da palha com o solo. Com isso, a dessecação aos 30DAS+RF liberou 12 e 25% mais P que a dessecação a 30DAS, respectivamente nos dois anos agrícolas 2010 e 2011. Neste sentido, avaliando a decomposição e a liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura no Noroeste Fluminense (RJ), GAMA et al. (2007) verificaram que a relação C/N correlacionou-se positivamente apenas com as taxas de liberação de N e P.

No entanto, essa liberação de P da MS do azevém teve influência em apenas um dos manejos realizados em relação ao acúmulo desse nutriente no solo no ano de 2010 (Figura 1.4C, D) sendo que um dos motivos se deve ao baixo teor desse nutriente na planta (0,54%), o que representou uma liberação de, no máximo, 14 kg ha^{-1} . Com isso, esse valor não foi suficiente para elevar os teores desse nutriente no solo, visto a grande variação encontrada entre as amostras, ficando entre 10 a 25 mg kg^{-1} de solo, o que representa de 20 a 50 kg P ha^{-1} .

Este comportamento pode estar relacionado também com a baixa disponibilidade de P no solo, em função da tendência deste elemento de formar compostos estáveis de alta energia de ligação e baixa solubilidade com a fase sólida mineral do solo, principalmente com óxidos e hidróxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al). Além do mais, em ambientes sazonalmente alagados, como os solos de várzea, existe alternância nas condições de oxidação e redução, a qual determina modificações intensas na fase sólida mineral do solo e na dinâmica de elementos altamente reativos.

Em relação ao ano agrícola de 2011 (Figura 1.5A, B), a cinética de liberação de P na MS do azevém foi semelhante a do ano de 2010, sendo que todos os tratamentos onde foram realizados os manejos com dessecação antecedendo a sementeira do arroz, apresentaram

comportamento quadrático. Dessa forma, após as diferentes épocas de dessecações, observou-se maior liberação do P na MS do azevém à medida que aumentou a permanência no campo desse material. Além disso, no ano de 2011, houve maior aporte de P no solo pela decomposição da planta variando de 14 a 3 kg ha⁻¹ (Tabela 1.1) e, desse modo, refletindo no aumento linear desse nutriente no solo nos manejos onde foram realizadas as dessecações aos 45 e 30DAS, respectivamente (Figura 5C, D).

Embora a decomposição da palha eleve os teores de P pela sua liberação a partir da mineralização e resíduos orgânicos (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006), cerca de 90% do P liberado é adsorvido na primeira hora de contato com o solo (NOVAIS et al., 2007). Dessa forma, é possível que a falta de variação nos teores disponíveis seja em decorrência da adsorção do P, distribuindo-se em frações lábil e não lábil, de acordo com a energia de ligação envolvida e não sendo determinado pela análise do P disponível, concordando com os resultados encontrados por YADVINDER-SINGH et al. (2010).

Potássio

Com relação à quantidade K na MS de azevém houve diferença entre os manejos utilizados e as épocas de coleta no ano agrícola de 2010 (Figura 1.6A, B). A dessecação do azevém realizada aos 60 DAS apresentou liberação de 97% de K, nos dois anos estudados, entre a realização da dessecação e semeadura do arroz. Já, quando a dessecação ocorreu aos 15DAS este valor foi de 39 e 40% para os anos agrícolas de 2010 e 2011, respectivamente. Diferentemente do teor de P encontrado no solo, o teor de potássio (K) do solo (Figura 1.6C, D) na safra 2010 apresentou aumento significativo nos manejos onde foram realizadas dessecações. Além disso, os manejos com dessecação aumentaram o teor de K no solo no momento da semeadura do arroz em relação à testemunha (pousio, sem azevém na entressafra) de 74 kg de K ha⁻¹. Este resultado demonstra a importância da presença de uma planta de cobertura vegetal, no caso o azevém, no período de entressafra, além disso, esse acréscimo do K no solo poderá ser aproveitado pelo arroz irrigado, o qual entrará nesse sistema de cultivo após o azevém.

Com relação ao ano agrícola de 2011 (Figura 1.7C, D) o teor de K do solo também foi influenciado pelos manejos da MS do azevém e pelas datas de coleta. O acréscimo dos valores de K obtidos, nos manejos onde foram realizadas dessecações em relação aos valores iniciais permaneceu em torno de 77 kg K ha⁻¹. Como o K não faz parte de estruturas orgânicas na planta, sua liberação ao solo após o manejo da MS do azevém deve ser rápida, e

dependente do manejo empregado nessa cultura. Esses resultados corroboram com os apresentados por SCHMIDT et al. (2009), que verificaram que o teor de K na solução do solo aumentou com a adição de resíduos de azevém na superfície de um Planossolo alagado até à dose máxima utilizada de 10 t ha⁻¹ de MS de azevém, em condições de casa de vegetação.

Em relação à liberação de K pela planta, TEIXEIRA et al. (2011) realizaram estudos com milheto (*PennisetumGlaucum*) e sorgo (*Sorghum bicolor L. Moench*) para verificar a decomposição e o acúmulo de nutrientes por essas culturas e constataram que, aos 30 dias após o corte, 95% do K havia sido liberado. Desse modo, o aumento na liberação de K dos tecidos vegetais ocorre à medida que o estado de senescência das plantas de azevém foi evoluindo após a dessecação. Outra hipótese abordada por ROSOLEM et al. (2006) é de que quando a palha está seca, durante o processo de molhamento, ocorre significativa difusão do K dos vacúolos da célula, de modo a intensificar a lavagem desse nutriente, a qual é dependente do estágio vegetativo da planta e também do período de manutenção dessa palha na lavoura. Ou seja, quanto maior o intervalo entre as dessecações e o momento de semeadura, maior liberação de K pela planta. Além disso, a liberação do K é geralmente atribuída ao fato de que o K não é ligado a moléculas orgânicas, sendo muito solúvel e facilmente lixiviado para fora das células (VENTURA et al. 2009).

Desse modo, independentemente da data de dessecação antecedendo a semeadura do arroz, observou-se acúmulo de K no solo, ficando evidenciada a importância de sincronismo entre a dessecação da planta de azevém e a semeadura do arroz irrigado, para sua maior absorção pela planta do arroz. Dentre os manejos estudados, a dessecação aos 30DAS pode contribuir para a nutrição do arroz irrigado e, ao mesmo tempo diminuir a quantidade de MS do azevém. Por outro lado, pode acarretar num empecilho à realização da semeadura na época preferencial se não for realizado um manejo prévio dessa MS.

De forma geral, observa-se pouca contribuição em relação aos valores iniciais para N mineral e fósforo do solo dos manejos realizados na cultura do azevém no período que antedeu a semeadura do arroz irrigado. No entanto, para teor de potássio do solo houve aumento de 58% nos tratamentos com dessecação em relação ao tratamento pousio (sem azevém). Dessa forma, a decisão de qual manejo adotar em termos de ciclagem de nutrientes dependerá não somente desses fatores mencionados, mas também da quantidade de MS do azevém no momento da semeadura, o que é fator fundamental, pois, dependendo da quantidade de MS do azevém, poderá causar dificuldades para a semeadura do arroz irrigado na época preferencial. Uma alternativa para isso seria a realização de feno do azevém que, além de proporcionar aumento de renda ao produtor rural, possibilitaria a diminuição da MS

presente no momento da realização da semeadura do arroz irrigado. No entanto, é necessário realizar a reposição dos nutrientes extraídos pelo feno de azevém extraído da área de cultivo. Outro aspecto importante seria a diminuição do impacto ambiental pela emissão de CH₄ na lavoura de arroz em função da presença de menos MS de azevém no momento do estabelecimento da irrigação definitiva do arroz.

Conclusão

O potássio é mais rapidamente liberado da matéria seca do azevém após as dessecações em relação ao nitrogênio e ao fósforo.

A dessecação aos 60DAS apresenta maiores liberações de por extenso tudo, P e K na matéria seca do azevém até o momento da semeadura do arroz irrigado.

O teor de K no solo apresenta maior acúmulo na camada de 0-10cm após os manejos com dessecações.

A produção de feno de azevém é uma alternativa viável em áreas de várzea nos dois anos de estudo.

Referências bibliográficas

- AITA, C. & GIACOMINE S. J. Decomposição e liberação de N de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiros e consorciados. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v.27, n.4, p.601-612, 2003.
- AITA, C.; CHIAPINOTTO, I.C.; GIACOMINI, S.J.; HÜBNER, A.P.; MARQUES, M.G. Decomposição de palha de aveia preta e dejetos de suínos em solo sob plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.30, p.149-161, 2006.
- AULAKH, M. ET AL. Denitrification, N₂O and CO₂ fluxes in rice-wheat cropping system as affected by crop residues, fertilizer N and legume green manure. **Biology and Fertility of Soils**, v.34, p.375-389, 2001.
- BIJAY-SINGH et al. Crop residue management for lowland rice-based cropping systems in Asia. **Advances in Agronomy**, v.98, p.117-199, 2008.
- BIRD J. A. et al. Immobilization of fertilizer nitrogen in rice: effects of straw management practices. **Soil Science Society of America Journal**, v.65, p.1143-1152, 2001.
- BELL, M.A.; BALASUBRAMANIAN, V.; RICKMAN, J.F. **Composting Rice Residue**. Produced by the International Rice Research Institute (IRRI). 2004. 25p.

- BRANCALIAO, S.R. & MORAES, M.H. Alterações de alguns atributos físicos e das frações húmicas de um Nitossolo Vermelho na sucessão milheto-soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.32, p.393-404, 2008.
- BRUNETTO G. et al. Nutrient release during the decomposition of mowed perennial ryegrass and white clover and its contribution to nitrogen nutrition of grapevine. **Nutrient Cycling Agroecosyst**, v.90, p.299-308, 2011.
- CALVO, C.L. et al. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milheto e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, v.69, p.77-86, 2010.
- COSTA, A.C.T. et al. Produção de biomassa e de grãos e resistência à ferrugem no composto ENA 2 de milheto pérola, semeado na época da seca. **Agronomia**, v.39, p.71-76, 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação dos solos. Brasília: Embrapa-SPI, 2006. 306p.
- GAMA-RODRIGUES, A.C. et al. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.31, p.1421-1428, 2007.
- JING Q., KEULEN V. H, HENGSDIJK H. Modeling biomass, nitrogen and water dynamics in rice-wheat rotations. **Agricultural Systems**, v.103, p.433-443, 2010.
- MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macro-nutrients. In: Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic, 2nd ed. p.229-312, 1995.
- MOREIRA F. M. S., SIQUEIRA J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ª Ed. Lavras, UFLA. 2006. 729p.
- MURPHY, J.; RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica Chimica Acta**, v.27, p.31-36, 1962.
- NOVAIS R. F. et al. **Fertilidade do solo**. 1ª Ed., Viçosa MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007. 1017 p.
- ROSOLEM, C.A. et al. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milheto e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1033-1040, 2006.
- SÁ, J.C.M. & LAL, R. Stratification ratio of soil organic matter pools as an indicator of carbon sequestration in a tillage chronosequence on a Brazilian Oxisol. **Soil Tillage Res**, v. 103, p.46-56, 2009.
- SCHMIDT, F. et al. Resíduos de azevém na superfície de um Planossolo alagado e seus efeitos na concentração de nutrientes na solução do solo e em plantas de arroz. **Revista Ciência Rural**, v.39, p.2080-2086, 2009.
- STEENWERTH K. L., BELINA K. M. Vineyard weed management practices influence nitrate leaching and nitrous oxide emissions. **Agr Ecosyst Environ**, v.138, p.127-131, 2010.

STEVENS C. J, QUINTON J. N. Diffuse Pollution Swapping in Arable Agricultural Systems. **Critical Rev Environ Sci Technol**, v.39, p.478-520, 2009.

TEDESCO, M.J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).

TEIXEIRA M. B. et al. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milho e sorgo. R. Bras. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.35, p.867-876, 2011.

VENTURA M, et al. Nutrient release during decomposition of leaf litter in a peach (*Prunus persica L.*) orchard. **Nutrient Cycling Agroecosystems**, v.87, p.115-125, 2009.

WANG, W.J. et al. Towards a standar dised procedure for determining the potentially mineral sable nitrogen of soil. **Biology and Fertily of Soils**, v.37, p.362-374, 2003.

YADVINDER-SINGH R. K. G. et al. Placement effects on rice residue decomposition and nutrient dynamics on two soil types during wheat cropping in rice-wheat system in northwestern India. **Nutrient Cycling Agroecosystems**, v.88, p.471-480, 2010.

ZSCHORNACK T. et al. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from flood-irrigated rice by no incorporation of winter crop residues into the soil. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. v.35, p.623-634, 2011.

PELLEGRINI et al. Produção e qualidade de azevém-anual submetido a adubação nitrogenada sob pastejo por cordeiros. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.39, n.9, p.1894-1904, 2010.

Tabela 1.1 Liberação de matéria seca (MS), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) e cúmulo desses nutrientes no solo em função de manejos da palha do azevém (*Lolium multiflorum*) no período de entressafra nos anos agrícolas de 2010 e 2011. Santa Maria, RS, 2012.

-----Ano agrícola de 2010-----											
TRATAMENTO	Decomposição da MS		Liberação de N		Acúmulo de N solo ²	Liberação de K		Acúmulo K no solo ²	Liberação de P		Acúmulo de P solo ²
	kg ha ⁻¹	% inicial ¹	kg ha ⁻¹	% inicial	kg ha ⁻¹ N	kg ha ⁻¹	% inicial	kg ha ⁻¹ K	kg ha ⁻¹	% inicial	kg ha ⁻¹ P
Pousio					-8			-11			2
Des. 60DAS ³	2498	84	102	86	-6	69	97	21	4	81	-2
Des. 45DAS	1194	34	34	30	-8	74	87	84	1	12	-1
Des. 30DAS	1064	24	37	31	8	67	75	118	4	36	2
Des. 30DAS+RF ⁴	2966	54	81	55	8	96	81	103	5	48	6
Des. 15DAS+RF	601	12	19	16	13	32	39	19	1	14	-7
Feno I	2436*	64	81*	75*	-8	76*	92	-33	4	46*	1
Feno II	3361*	71	82*	74*	-12	71*	82	-6	7	73*	3
----- Ano agrícola de 2011-----											
Pousio					3			-50			5
Des. 60DAS ³	2330	70	106	78	7	119	97	5	14	78	3
Des. 45DAS	2315	66	104	75	8	62	89	114	8	58	6
Des. 30DAS	1647	38	45	35	20	74	82	105	3	19	6
Des. 30DAS+RF ⁴	2219	48	81	54	14	84	76	73	7	44	-5
Des. 15DAS+RF	2124	36	43	31	16	54	49	28	4	15	-2
Feno I	3495*	63	98*	73*	1	77*	61	-48	15	60*	8
Feno II	4228*	76	73*	69*	9	68*	79	-8	16	74*	6

(¹) Porcentagem liberado entre a dessecação e a semeadura do arroz (²) diferença entre o valor encontrado no momento da dessecação ou realização do feno no solo até a data de semeadura do arroz irrigado (³) Dias antes da semeadura do arroz irrigado, (⁴) Rolo-faca (⁵ Feno I (florescimento), Feno II (enchimento de grãos). *valor exportado pelo feno em kg ha⁻¹.

Tabela 1.2 Equações, coeficiente de correlação (R^2) e P referentes às concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) do solo e também as equações referentes aos acúmulos de N, P e K na matéria seca do azevém no ano agrícola de 2010. Santa Maria, RS, 2012.

-----N (mg kg ⁻¹ solo) -----				-----N (Kg ha ⁻¹) -----			
Tratamentos	EQUAÇÃO	R ²	P	EQUAÇÃO	R ²	P	
Dessecação 60 DAS	$y = -41,57 + 1,152 x - 0,0049x^2 + 0,0000061 x^3$	R ² = 0,84	P<0,218	$Y = -228,43 + 4,50 x - 0,018 x^2 + 2,1628 x^3$	R ² =0,83	P<0,096	
Dessecação 45 DAS	$y = -26,94 + 0,811 x - 0,0034 x^2 + 0,0000042 x^3$	R ² = 0,91	P<0,050	$y = -25,210 - 1,07 x - 0,0026 x^2 + 1,76002x^3$	R ² =0,93	P<0,041	
Dessecação 30 DAS	$y = -47,23 + 1,178 x - 0,0053 x^2 - 0,00000715 x^3$	R ² = 0,84	P<0,090	$y = -58,9089 - 1,2236 x - 0,0021x^2$	R ² =0,87	P<0,019	
Dessecação 30 DAS + RF	$y = -48,25 + 1,273 x - 0,0056 x^2 + 0,0000073 x^3$	R ² = 0,83	P<0,234	$y = 100,3621 + 1,3339 x - 0,0031 x^2$	R ² =0,89	P<0,094	
Dessecação 15 DAS +RF	$y = -83,82 + 1,854 x - 0,0084 x^2 + 0,0000011 x^3$	R ² = 0,96	P<0,021	$y = -100,3621 + 1,3339 x - 0,0031 x^2$	R ² =0,89	P<0,094	
Feno (florescimento)	$y = -21,200 + 0,830 x - 0,0037 x^2 + 0,0000047 x^3$	R ² = 0,83	P<0,233	$y = -221,26 + 3,69X - 0,0118x^2 + 0,000106x^3$	R ² =0,73	P<0,015	
Feno (enchimento de grão)	$y = -35,609 + 1,029 x - 0,0044x^2 + 0,0000526$	R ² = 0,84	P<0,089	$y = -119,9 + 1,962X - 0,00039 x^2$	R ² =0,89	P<0,015	
Colheita (semente)	$y = -18,09 + 0,725 x - 0,0032 x^2 - 0,00000408 x^3$	R ² = 0,89	P<0,059	$y = -11,77 + 0,9843 X - 0,00019 x^2$	R ² =0,86	P<0,050	
Testemunha (sem azevém)	$y = -6,103 + 0,540 x - 0,0024x^2 + 0,00000299$	R ² = 0,81	P<0,106				
----- K (mg kg ⁻¹ solo) -----				----- K (kg ha ⁻¹ solo) -----			
Dessecação 60 DAS	$y = -4,330 + 0,328 x - 0,0017 x^2 + 0,00000240 x^3$	R ² = 0,76	P<0,550	$y = -238,06 + 4,24 x - 0,018 x^2 + 0,00023x^3$	R ² =0,80	P<0,028	
Dessecação 45 DAS	$y = -17,816 + 0,609 x - 0,0032 x^2 + 0,0000048 x^3$	R ² =0,97	P<0,015	$y = -126,63 + 2,22 x - 0,007 x^2 + 0,0000624 x^3$	R ² =0,89	P<0,062	
Dessecação 30 DAS	$y = -34,71 + 0,764x - 0,0038 x^2 - 0,00000559 x^3$	R ² =0,99	P<0,007	$y = 18,646 - 0,189 x + 0,0041 x^2 - 0,000894 x^3$	R ² =0,98	P<0,006	
Dessecação 30 DAS + RF	$y = -35,14 + 0,827 x - 0,0040 x^2$	R ² =0,88	P<0,071	$y = -108,639 + 1,56 x - 0,0031 x^2$	R ² =0,79	P<0,041	
Dessecação 15 DAS +RF	$y = 28,481 - 0,118 x - 0,0002x^2$	R ² =0,70	P<0,074	$y = -68,857 + 1,1925 x - 0,0022 x^2$	R ² =0,88	P<0,017	
Feno (florescimento)	$y = 6,503 + 0,286x - 0,0019 x^2 + 0,00000310 x^3$	R ² =0,83	P<0,095	$y = -248,79 + 4,35 x - 0,017 x^2 + 0,000212 x^3$	R ² =0,82	P2=0,02	
Feno (enchimento de grão)	$y = -31,11 + 0,659 x - 0,0030 x^2 +$	R ² =0,86	P<0,080	$y = 86,81 - 1,443 x + 0,010x^2 - 0,0000178x^3$	R ² =0,99	P<0,052	
Colheita (semente)	$y = 28,55 - 0,127x - 0,0002 x^2$	R ² =0,93	P<0,008	$y = 65,37 - 0,875 x - 0,0067 x^2 - 0,000011 x^3$	R ² =0,82	P<0,104	
Testemunha (sem azevém)	$y = -13,19 + 0,35x - 0,0014 x^2 + 0,00000174 x^3$	R ² = 0,98	P<0,011				
----- P (mg kg ⁻¹ solo) -----				----- P (kg ha ⁻¹) -----			
Dessecação 60 DAS				$y = -11,3609 + 0,19 x - 0,0007 x^2 + 0,0083 x^3$	R ² =0,96	P<0,023	
Dessecação 45 DAS				$y = 10,409 - 0,169 x + 0,0010 x^2 - 0,00152 x^3$	R ² =0,90	P<0,054	
Dessecação 30 DAS				$y = 10,409 - 0,16 x + 0,0010 x^2 - 0,000152 x^3$	R ² =0,90	P<0,054	
Dessecação 30 DAS + RF	$y = -48,25 + 1,27 x - 0,005 x^2 + 0,0000073 x^3$	R ² =0,83	P<0,234	$y = 9,602 - 0,178 x + 0,0011 x^2 - 0,000018 x^3$	R ² =0,93	P<0,036	
Dessecação 15 DAS +RF				$y = -4,602 + 0,0714 x - 0,000905 x^2$	R ² =0,88	P<0,017	
Feno (florescimento)				$y = -15,208 + 0,25 X - 0,0010 x^2 + 0,0123 x^3$	R ² =0,77	P<0,055	
Feno (enchimento de grão)				$y = 15,388 - 0,2693X - 0,0016 x^2 - 0,0244 x^3$	R ² =0,98	P<0,007	
Colheita (semente)				$y = 10,114 - 0,1614 X + 0,0010 x^2 - 0,0141 x^3$	R ² =0,90	P < 0,58	
Testemunha (sem azevém)							

Tabela 1.3 Equações, coeficiente de correlação (R^2) e P referentes às concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) do solo e também as equações referentes aos acúmulos de N, P e K na matéria seca do azevém no ano agrícola de 2011. Santa Maria, RS, 2012.

Tratamentos	EQUAÇÃO	R^2	P	-----N (Kg ha ⁻¹) -----		
				EQUAÇÃO	R^2	P
Dessecação 60 DAS	$y = 61,39 - 0,627x + 0,0027x^2 - 3,51x^3$	$R^2 = 0,90$	$P < 0,145$	$y = -120,25 + 3,34x - 0,0126x^2 + 0,000013x^3$	$R^2 = 0,96$	$P < 0,02$
Dessecação 45 DAS	$y = 23,601 - 0,0250x + 9,276x^2$	$R^2 = 0,84$	$P < 0,124$	$y = -194,85 + 4,53x - 0,0777x^2 + 0,000019x^3$	$R^2 = 0,90$	$P < 0,05$
Dessecação 30 DAS	$y = 59,081 - 0,456x + 0,004x^2 - 1,045x^3$	$R^2 = 0,87$	$P < 0,182$	$y = 66,24 + 0,535x - 0,0012x^2$	$R^2 = 0,84$	$P < 0,15$
Dessecação 30 DAS + RF	$y = 44,443 - 0,340x + 0,0012x^2 - 0,00000011x^3$	$R^2 = 0,83$	$P < 0,411$	$y = -109,99 + 2,101x - 0,0042x^2$	$R^2 = 0,93$	$P < 0,01$
Dessecação 15 DAS +RF	$y = 40,50 - 0,2302x + 0,0005x^2$	$R^2 = 0,92$	$P < 0,059$	$y = -6,55 + 1,173x - 0,0022x^2$	$R^2 = 0,85$	$P < 0,13$
Feno (florescimento)	$y = -4,746 + 0,373x - 0,0017x^2 + 2,203x^3$	$R^2 = 0,91$	$P < 0,240$	$y = -221,26 + 3,69x - 0,011x^2 - 0,00001x^3$	$R^2 = 0,89$	$P < 0,15$
Feno (enchimento de grão)	$y = -14,824 + 0,464x - 0,0020x^2 + 2,579x^3$	$R^2 = 0,72$	$P < 0,854$	$y = -36,83 + 0,94x - 0,0013x^2 - 0,00002x^3$	$R^2 = 0,94$	$P < 0,07$
Colheita (semente)	$y = 68,904 - 0,677x + 0,0025x^2 - 0,000283x^3$	$R^2 = 0,89$	$P < 0,288$	$y = 23,52 + 0,53x - 0,0008x^2$	$R^2 = 0,95$	$P < 0,09$
Testemunha (sem azevém)						
	----- K (mg kg ⁻¹ solo) -----			----- K (kg ha ⁻¹ solo) -----		
Dessecação 60 DAS	$y = -48,582 + 2,184x - 0,0105x^2 - 0,000014x^3$	$R^2 = 0,83$	$P < 0,423$	$y = -170,86 + 3,723x - 0,0162x^2 + 0,0000019x^3$	$R^2 = 0,92$	$P < 0,12$
Dessecação 45 DAS	$y = -31,22 + 2,561x - 0,0147x^2 + 0,000023x^3$	$R^2 = 0,97$	$P < 0,035$	$y = 23,27 + 0,553x - 0,0015x^2$	$R^2 = 0,93$	$P < 0,01$
Dessecação 30 DAS	$y = -69,52 + 2,66x - 0,0146x^2 + 0,0000242x^3$	$R^2 = 0,97$	$P < 0,032$	$y = 22,93 + 0,552x - 0,0014x^2$	$R^2 = 0,80$	$P < 0,21$
Dessecação 30 DAS + RF	$y = 48,05 + 0,586x - 0,0041x^2 + 7,75x^3$	$R^2 = 0,99$	$P < 0,0126$	$y = -26,47 + 0,895x - 0,0020x^2$	$R^2 = 0,88$	$P < 0,09$
Dessecação 15 DAS +RF	$y = -27,08 + 1,74x - 0,0091x^2 + 0,0000013x^3$	$R^2 = 0,98$	$P < 0,016$	$y = 176,84 - 2,217x + 0,0115x^2 - 0,00000168x^3$	$R^2 = 0,86$	$P < 0,19$
Feno (florescimento)	$y = -56,51 + 2,290x - 0,010x^2 + 1,36x^3$	$R^2 = 0,91$	$P < 0,125$	$y = 65,77 + 0,2938x - 0,0010x^2$	$R^2 = 0,82$	$P < 0,18$
Feno (enchimento de grão)	$y = 78,81 - 0,257x + 0,0007x^2$	$R^2 = 0,71$	$P < 0,338$	$y = -65,20 + 1,22x - 0,0025x^2$	$R^2 = 0,87$	$P < 0,11$
Colheita (semente)	$y = 82,650 - 0,089x$	$R^2 = 0,85$	$P < 0,030$	$y = 51,27 + 0,0998x$	$R^2 = 0,75$	$P < 0,08$
Testemunha (sem azevém)	$y = -66,91 + 3,28x - 0,0158x^2 + 0,000021x^3$	$R^2 = 0,95$	$P < 0,136$			
	----- P (mg kg ⁻¹ solo) -----			----- P (kg ha ⁻¹) -----		
Dessecação 60 DAS				$y = -1,325 + 0,155x - 0,00049x^2$	$R^2 = 0,87$	$P < 0,04$
Dessecação 45 DAS	$y = 10,451 + 0,0259x$	$R^2 = 0,72$	$P < 0,106$	$y = 1,053 + 0,122x - 0,0003x^2$	$R^2 = 0,98$	$P < 0,02$
Dessecação 30 DAS	$y = 14,916 + 0,0220x$	$R^2 = 0,78$	$P < 0,018$	$y = 26,94 - 0,226x + 0,0011x^2 - 0,0000015x^3$	$R^2 = 0,81$	$P < 0,46$
Dessecação 30 DAS + RF				$y = -12,07 + 0,210x - 0,0004x^2$	$R^2 = 0,89$	$P < 0,08$
Dessecação 15 DAS +RF				$y = 6,05 + 0,044x + 0,000063x^2$	$R^2 = 0,89$	$P < 0,09$
Feno (florescimento)		$R^2 = 0,76$	$P < 0,076$	$y = -0,634 + 0,160x - 0,0004x^2$	$R^2 = 0,79$	$P < 0,22$
Feno (enchimento de grão)	$y = 8,0303 + 0,0284x$	$R^2 = 0,84$	$P < 0,012$	$y = 5,207 + 0,0531x$	$R^2 = 0,93$	$P < 0,01$
Colheita (semente)				$y = 39,74 - 0,581x + 0,0032x^2 - 0,000048x^3$	$R^2 = 0,94$	$P < 0,16$
Testemunha (sem azevém)						

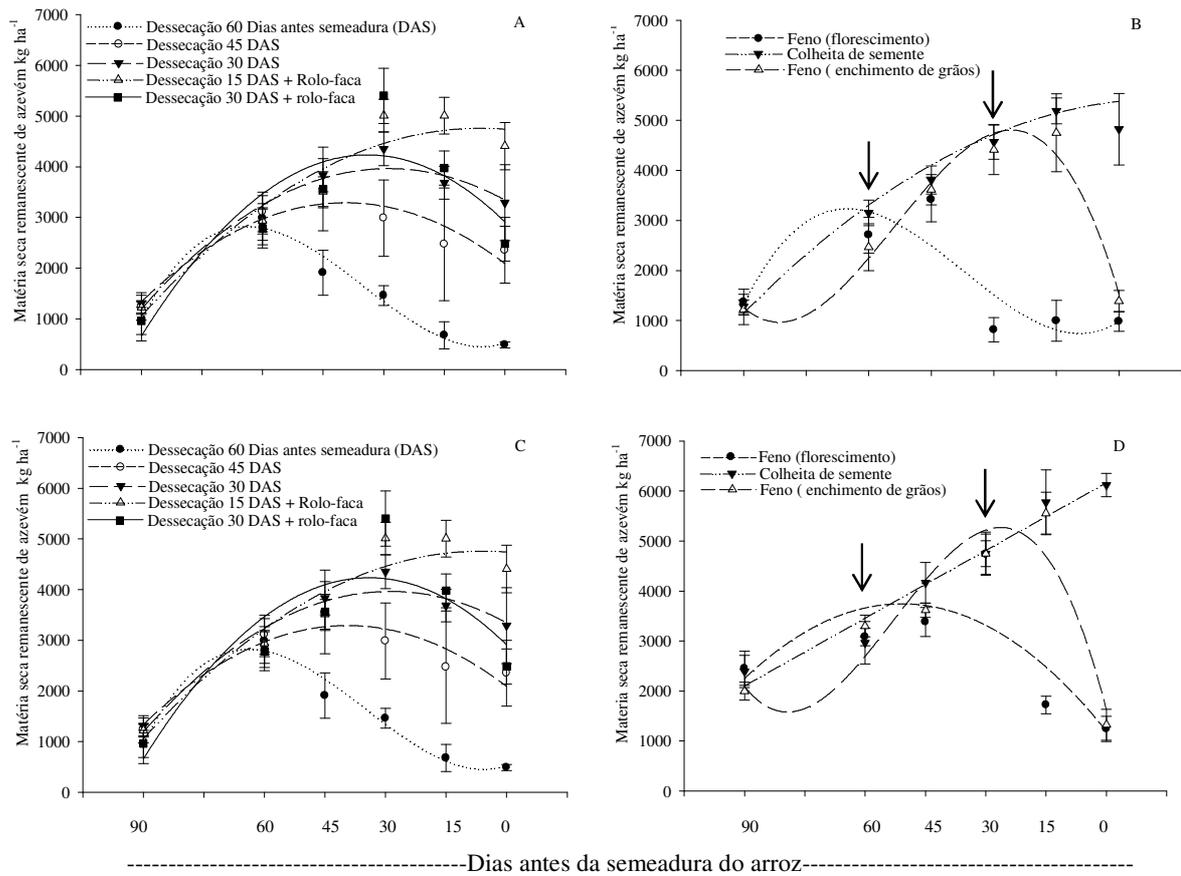


Figura 1.1 Matéria seca remanescente na parte aérea de plantas de azevém nos anos agrícolas de 2010 (A, B) e 2011(C, D) em função de diferentes manejos realizados no azevém no período de entressafra da cultura do arroz irrigado em solo de várzea. Santa Maria-RS, 2012.

↓ Indica o momento da realização do feno no azevém nos diferentes estádios fenológicos.

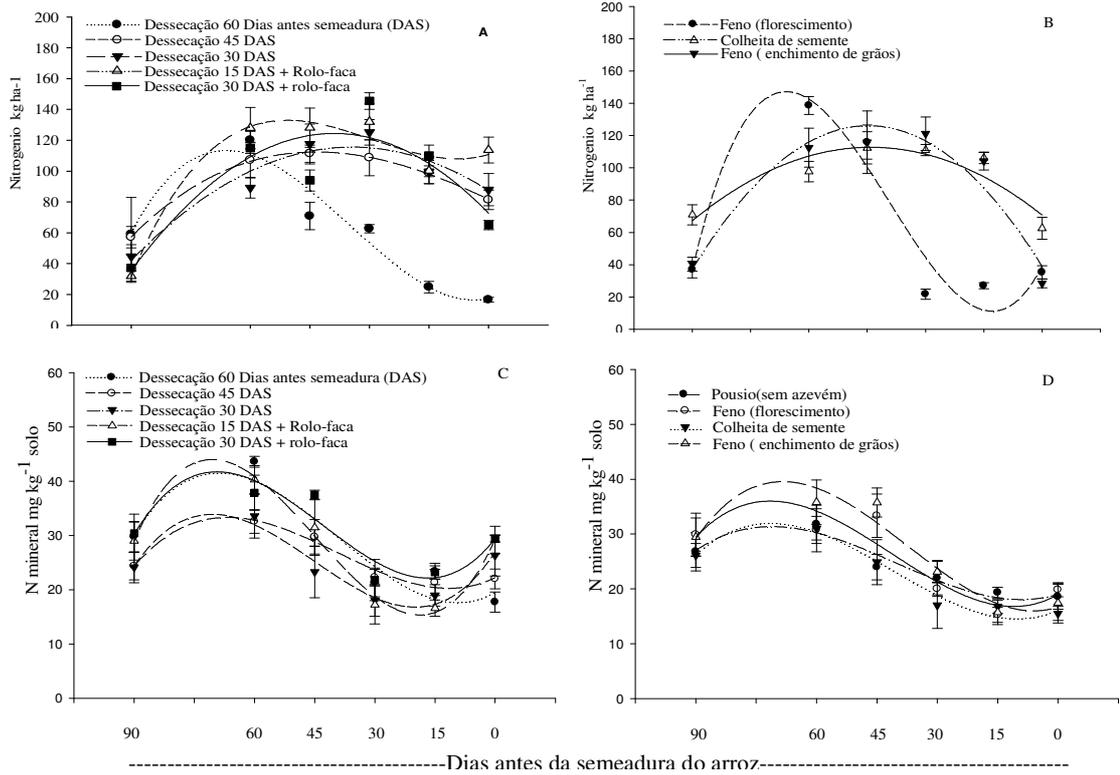


Figura 1.2 Acúmulo de nitrogênio (kg ha^{-1}) na parte aérea de plantas de azevém (A, B) e teor de nitrogênio mineral (mg kg^{-1} de solo) no solo (C, D) em função de manejos realizados no azevém antecedendo a semeadura do arroz irrigado. Ano agrícola de 2010. Santa Maria-RS, 2012.

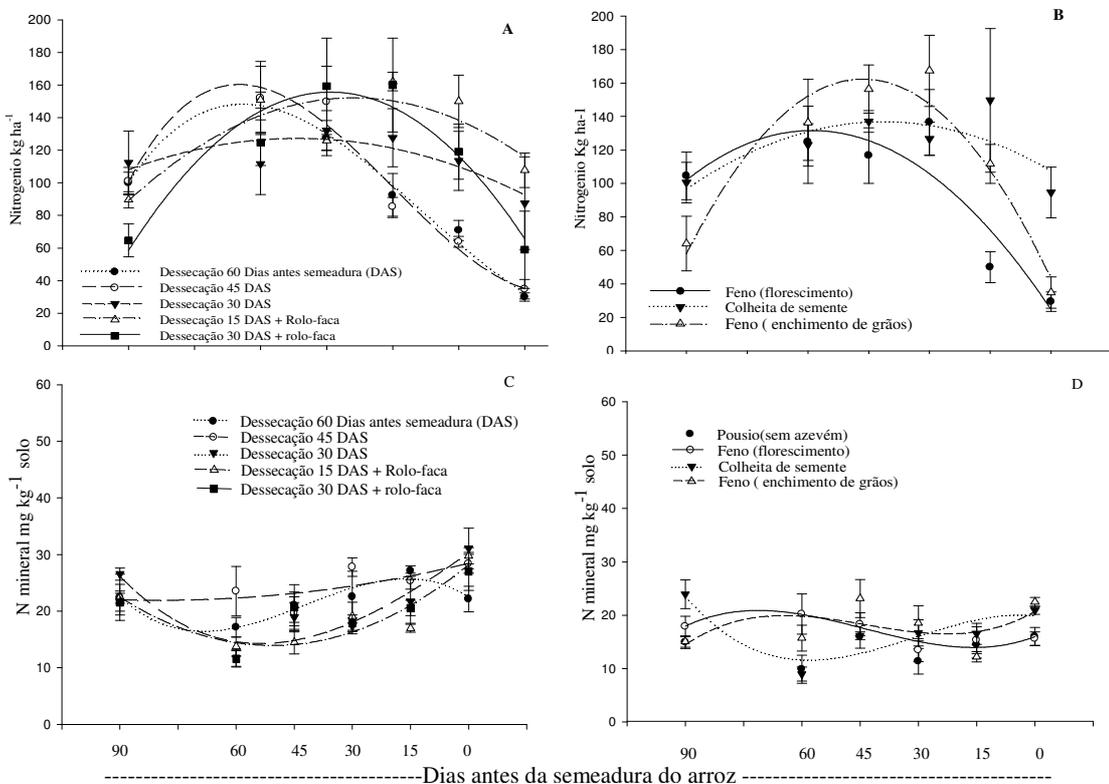


Figura 1.3 Acúmulo de nitrogênio (kg ha^{-1}) na parte aérea de plantas de azevém (A, B) e teor de nitrogênio mineral (mg kg^{-1} de solo) no solo (C, D) em função de manejos realizados no azevém antecedendo a semeadura do arroz irrigado. Ano agrícola de 2011. Santa Maria-RS, 2012.

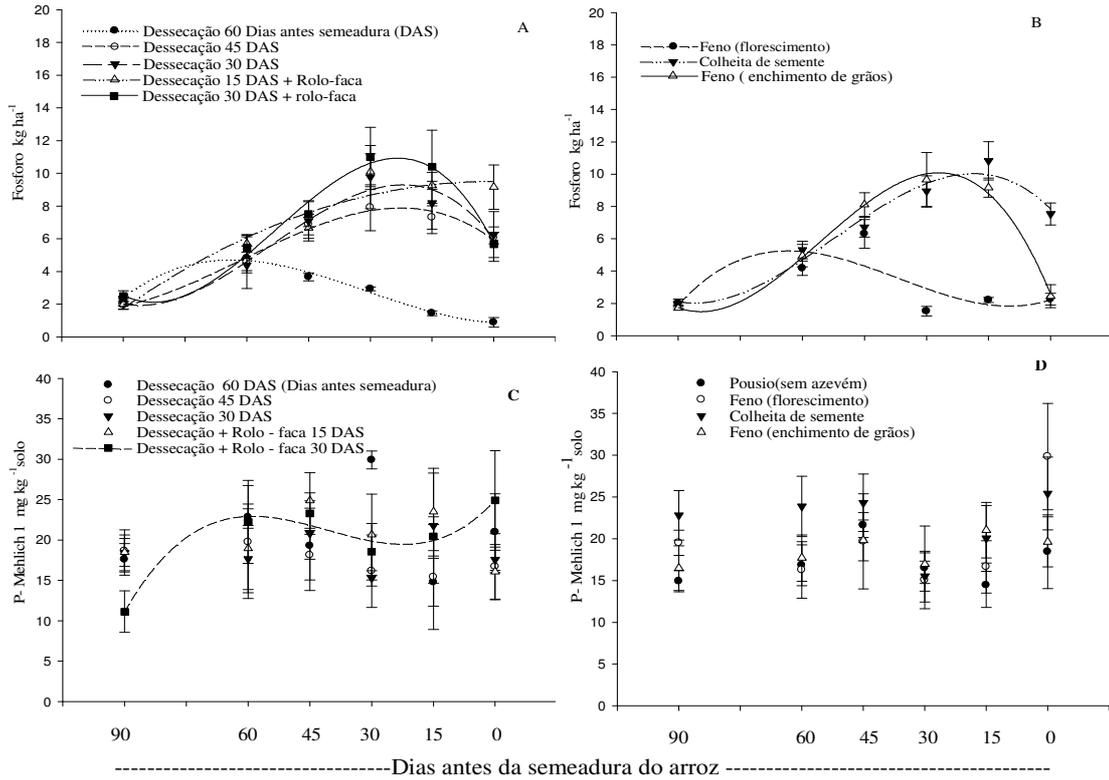


Figura 1.4 Acúmulo de fósforo (kg ha^{-1}) na parte aérea de plantas de azevém (A, B) e concentração de fósforo (mg kg^{-1} de solo) no solo (C, D) em função de manejos no azevém antecedendo a semeadura do arroz irrigado. Ano agrícola de 2010. Santa Maria-RS, 2012.

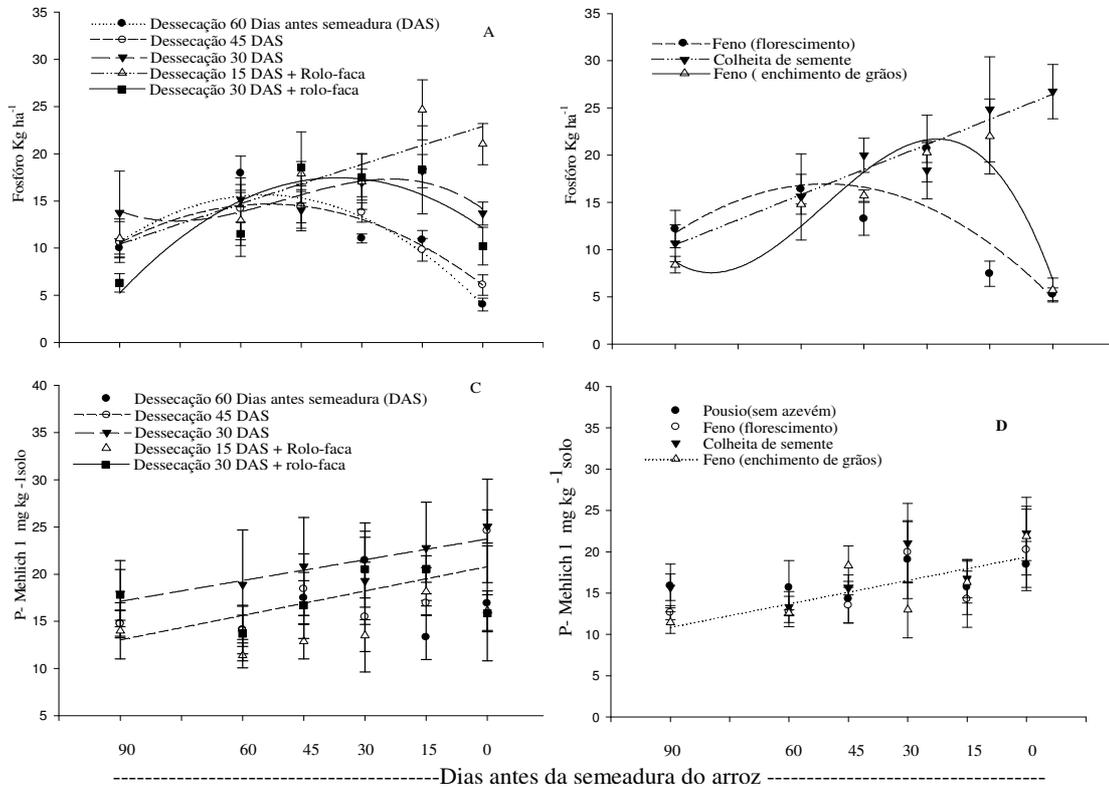


Figura 1.5 Acúmulo de fósforo (kg ha^{-1}) na parte aérea de plantas de azevém (A, B) e concentração de fósforo (mg kg^{-1} de solo) no solo (C, D) em função de manejos realizados na cultura do azevém antecedendo a semeadura do arroz irrigado. Ano agrícola de 2011. Santa Maria-RS, 2012.

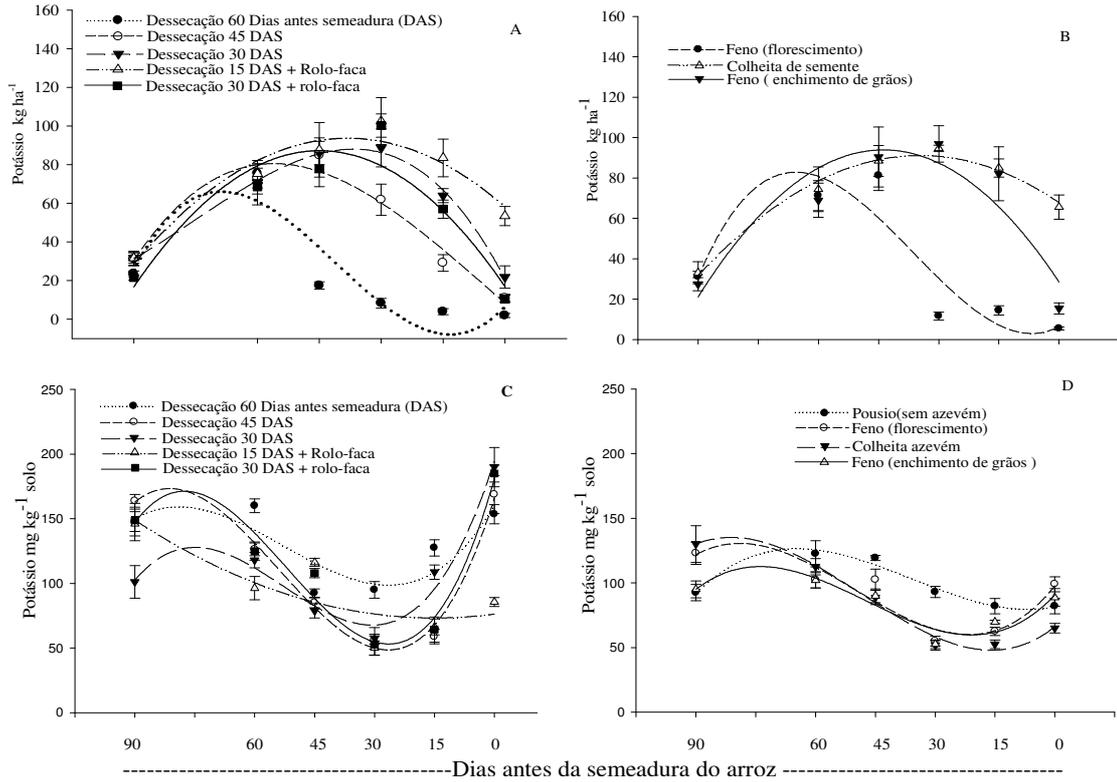


Figura 1.6 Acúmulo de potássio (kg ha^{-1}) na parte aérea de plantas de azevém (A, B), e concentração de potássio (mg kg^{-1} de solo) no solo (C, D) em função dos manejos realizados no azevém antecedendo a semeadura do arroz irrigado. Ano agrícola de 2010. Santa Maria-RS, 2012.

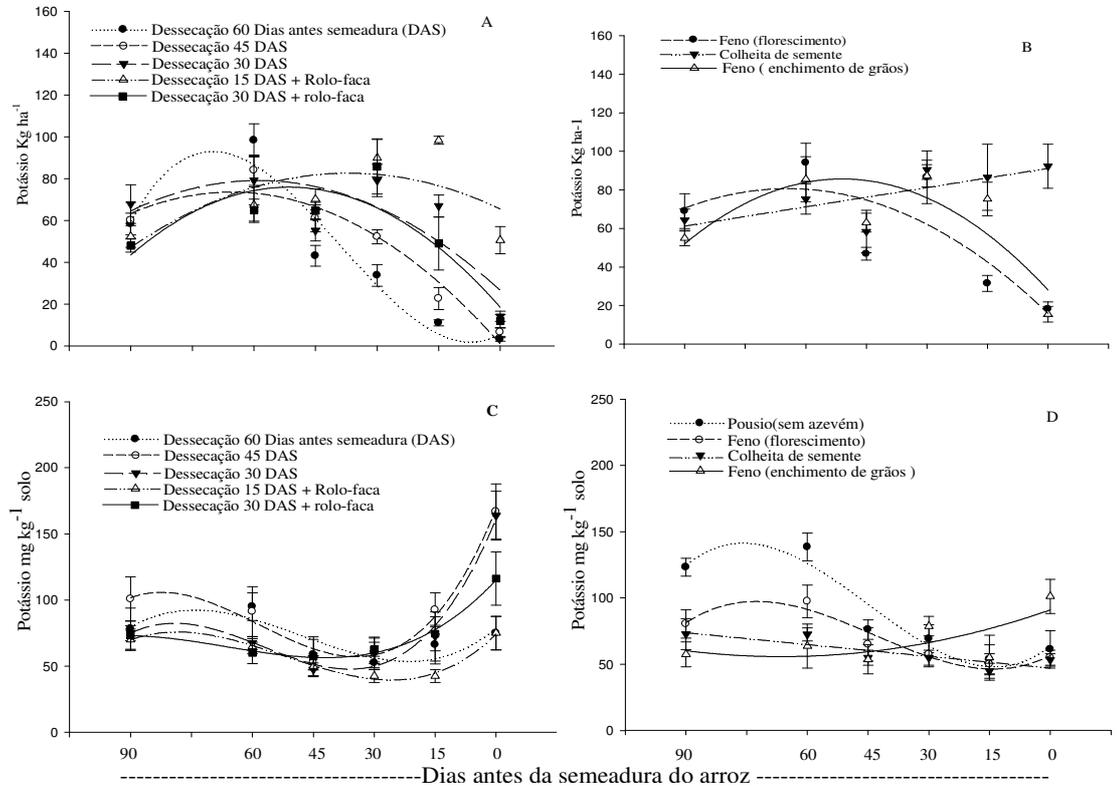


Figura 1.7 Acúmulo de potássio (kg ha^{-1}) na parte aérea de plantas de azevém (A, B), e concentração de potássio (mg kg^{-1} de solo) no solo (C, D) em função dos manejos realizados no azevém antecedendo a semeadura do arroz irrigado. Ano agrícola de 2011. Santa Maria-RS, 2012.

4 CAPÍTULO II

EFEITO DE MANEJOS DA PALHA DO AZEVÉM NA ÉPOCA DE SEMEADURA, NOS TEORES DE NUTRIENTES E RENDIMENTO DE GRÃOS DO ARROZ IRRIGADO

Resumo

O sistema plantio direto significa um avanço em relação à sustentabilidade agrícola e econômica no cultivo do arroz irrigado em áreas de várzea. O azevém é a principal planta de cobertura no período de inverno em áreas de várzea. No entanto, manejo de forma incorreta poderá dificultar a realização da semeadura na melhor época e o estabelecimento inicial do arroz irrigado, comprometendo o rendimento de grãos dessa cultura. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes manejos do azevém na entressafra de arroz sobre a época de semeadura, a ciclagem de nutrientes e o rendimento de grãos do arroz irrigado. Para tanto, o experimento foi conduzido a campo em área de várzea em duas safras agrícolas, sob delineamento blocos ao acaso monofatorial, com os tratamentos constituídos de épocas de dessecação do azevém antecedendo a semeadura do arroz, de produção de feno e pousio da área. Os resultados indicam que não houve atraso na época de semeadura do arroz em função das diferentes épocas de dessecação e feno do azevém. O arroz irrigado apresenta menor acúmulo de nitrogênio e potássio no manejo na dessecação do azevém aos 15DAS+RF, analisados nos estádios V3, V5 e V6. A utilização do azevém em áreas de várzea intensifica a ciclagem de nutrientes, mas a dessecação do azevém deve ser realizada com antecedência de 60DAS para não prejudicar o rendimento de grãos do arroz irrigado. A produção de feno da cultura do azevém não diminui os teores de N, P e K do solo no sistema de sucessão ao arroz irrigado nas duas safras analisadas.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, sucessão de culturas, cobertura do solo no inverno, produção de feno.

Abstract

Nutrient cycling in no-tillage could mean one of the "pillars" of agricultural and economic sustainability of irrigated rice in lowland areas. In addition, ryegrass (*Lolium*

multiflorum) could constitute an alternative income for the farmer, by holding the forage as hay or even in the grazing animal. However, handled improperly it can cause problems in the best sowing time and initial establishment of the crop and thereby compromising the yield. In this sense, the objective of this study was to evaluate the effect of different management of ryegrass in the fallow rice on sowing time, cycling of nutrients and yield of irrigated rice. Thus, the experiment was conducted under field conditions in two growing seasons, in a randomized block design consisting of a factor that was composed of different periods of desiccation ryegrass prior to sowing rice, hay, and fallow. The results indicate that there was no delay in sowing date for different managements of ryegrass. However, the drying of ryegrass 15 OF affected the accumulation of nutrients measured in the two years of study, in addition to affecting the grain yield of rice crop in 2011/12.

Keywords: *Oryza sativa*, mineralization, decomposition rate, hay production.

Introdução

O sistema de produção de arroz no Estado do Rio Grande do Sul consiste em seu cultivo durante as estações de primavera e verão. Dessa forma, no outono e inverno realiza-se o manejo pós-colheita das áreas cultivadas. Na maioria dessas áreas, após a colheita do arroz a cobertura do solo resume-se aos resíduos de palha do arroz além da vegetação espontânea, ou até mesmo, o solo permanece desnudo nesse período. Esse modelo de produção apresenta restrições, pois uma condição ideal de manejo é aquela que o solo apresenta sempre uma espécie vegetal de cobertura em desenvolvimento, determinando, assim alto fluxo de carbono e de energia no sistema solo-planta-atmosfera, para beneficiar as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo (VEZZANI et al., 2002).

Uma alternativa para esse sistema de produção em áreas de várzea pode ser o cultivo de azevém (*Lolium multiflorum*), que é uma espécie adaptada a essas áreas. Porém, vários fatores precisam ser mais bem estudados nesse sistema, entre eles a ciclagem e a liberação de nutrientes por essa cultura, bem como a sincronia entre a liberação desses nutrientes pelo azevém e a implantação de uma cultura em sucessão, no caso, o arroz irrigado. Segundo FIORIN et al. (1999), o cultivo de espécies vegetais como plantas de cobertura podem aumentar a oferta de nutrientes nas camadas superficiais do solo. Em adição a isso, o potássio (K) contido na palha da superfície do solo pode contribuir para nutrir a cultura sucessora (ROSOLEM et al., 2006a).

No ecossistema de várzeas, são raros os estudos envolvendo sistemas de rotação e sucessão de culturas, principalmente devido ao hidromorfismo à falta de espécies adaptadas a essas condições. Desse modo, este trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes manejos do azevém sobre a ciclagem de nitrogênio (N) fósforo (P) e potássio (K), além de verificar a influência desses manejos sobre o rendimento de grãos e época de semeadura do arroz irrigado.

Material e métodos

O experimento foi desenvolvido durante os anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12 em área de várzea do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, nas mesmas unidades experimentais em Planossolo Hidromórfico Eutrófico arênico, pertencente à unidade de mapeamento Vacacaí (Embrapa, 2006).

Os teores médios iniciais de nutrientes do solo durante os anos avaliados foram de: 14 e 15 mg N kg⁻¹ de solo; 7,6 e 8,4 mg kg⁻¹ de fósforo disponível; 0,17 e 0,18 cmol_c kg⁻¹ de potássio disponível; pH H₂O (1:1) 5,3; matéria orgânica 1,8 e 2,3 %; 24% teor de argila; textura classe 3; CTC efetiva 8,8 e 10,8 cmol_c kg⁻¹ de solo respectivamente para o ano de 2010 e 2011.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao caso, monofatorial composto pelos diferentes manejos da palha do azevém além do pousio (sem azevém, apenas vegetação espontânea) no período de entressafra do arroz irrigado totalizando oito tratamentos: [1] feno (corte do azevém no florescimento); [2] dessecação do azevém aos 60 dias antes da semeadura do arroz (DAS); [3] dessecação do azevém aos 45 DAS; [4] dessecação do azevém 30 aos DAS; [5] dessecação do azevém aos 30 DAS + rolo-faca; [6] dessecação do azevém 15 DAS + rolo-faca; [7] feno (corte do azevém no enchimento de grãos) e [8] pousio (área sem azevém na entre safra). As doses do dessecante utilizada em todas as dessecações foram de 960 g i.a ha⁻¹ de glyphosate. Nos tratamentos onde, além da dessecação foi empregado o rolo-faca, o mesmo foi passado sete dias após a dessecação. No manejo onde foi realizado o feno, o mesmo foi cortado com auxílio de uma roçadeira motorizada a uma altura média de 5cm do solo em 08/09/2010 e 06/10/10 para feno realizado no florescimento e enchimento de grãos respectivamente para o agrícola de 2010/11. Para ano agrícola seguinte o feno foi realizado nas datas de 25/09/11 e 10/10/11 quando o azevém encontrava-se no estágio de florescimento e enchimento de grãos respectivamente. Além disso, o corte do feno foi realizado sempre pela

manhã, deixando o material a campo por dois dias, para que o mesmo perdesse o excesso de umidade, para posterior armazenamento.

O azevém foi semeado a lanço na densidade de 40 kg ha⁻¹ em 27/03/10 e 24/03/11, no primeiro e segundo ano de estudo, respectivamente. Antes da semeadura, a resteva do arroz foi roçada com triton, para proporcionar maior contato da palha do arroz com o solo e, com isso, favorecer sua decomposição. A adubação de cobertura no azevém foi parcelada em três aplicações aos 20, 45 e 60 dias após a emergência totalizando 75 kg N ha⁻¹.

A semeadura do arroz ocorreu em 19 e 20 de outubro nos anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12, respectivamente, sendo utilizada a cultivar IRGA 424, na densidade de 90 kg ha⁻¹ de sementes. O tratamento de semente foi realizado com o inseticida fipronil, na dose 30 de g i.a. 100 kg⁻¹ de sementes e com o fungicida carboxina + tiram (50 + 50 g i.a. 100 kg⁻¹ de sementes). A adubação de base foi distribuída na linha de semeadura sendo 15 kg N ha⁻¹, 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 90 kg K₂O ha⁻¹. A adubação de cobertura foi dividida em dois momentos, sendo a primeira de 90 kg N ha⁻¹ no estágio vegetativo V3, conforme escala fenológica proposta por Counce et al. (2000) e a segunda aplicação de 45 kg N ha⁻¹ e 30 kg k₂O ha⁻¹ na diferenciação do primórdio floral. Os demais tratos culturais foram conduzidos conforme as recomendações técnicas para a cultura (SOSBAI, 2010).

A determinação da quantidade de matéria seca remanescente de azevém após a realização dos diferentes manejos, no momento da realização da semeadura do arroz irrigado foi mensurado através duas amostras de 0,25m² por unidades experimentais. Após as coletas, a MS foi relava a estufa com circulação de ar forçada com temperatura de 65 °C até atingir peso constante, após isso foi realizado a pesagem da matéria seca em balança de precisão, e seu valor extrapolado para hectare.

Com relação às avaliações do arroz irrigado, foi determinado o estande inicial de plantas em um metro linear, demarcado previamente. Além disso, foi realizada a coleta de 20 plantas por parcela, em três momentos, sendo a primeira no estágio fenológico V3 (antes da entrada da água), e em V5 e V6. A parte aérea das plantas foi separada do sistema radicular e levada à estufa de circulação forçada de ar a 65 °C para obtenção do valor da matéria seca (MS), sendo posteriormente moídas para avaliações de nutrientes. Para determinação da umidade do solo foi usado o método termogravimétrico, conforme Embrapa (1997), que consiste em pesar a massa de solo úmido (Mu) e em seguida secá-lo em estufa a 105 – 110°C por 24 horas e, após, determinar sua massa se solo seco (MS). A partir da Equação 1, calculou-se a umidade do solo.]

$$U (\%) = (MU - MS)/MS \times 100 \quad (1)$$

Em que:

U = Umidade do solo, %

MU = Massa de solo úmido, g

MS = Massa de solo seco em estufa, g

As análises químicas para determinação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na MS de azevém e arroz irrigado foram realizadas conforme descrito por TEDESCO et al., 1995. Para extração e determinação dos teores de N mineral, P e K disponíveis foram utilizados os métodos descritos em Tedesco et al. (1995), exceto para a determinação do P, para o qual seguiu-se o método descrito por MURPHY; RILLEY (1962). O N mineral do solo corresponde à soma dos teores de $N-NH_4^+$ + $N-NO_3^-$ + $N-NO_2$, obtidos pela destilação da solução extraída do solo com KCl 1 mol L^{-1} .

O rendimento de grãos foi estimado através da colheita manual quando os grãos apresentaram umidade média de 22 %, em área útil de $5,95 \text{ m}^2$ ($5 \times 1,19$) em cada unidade experimental. Após a trilha, limpeza e pesagem dos grãos com casca, os dados foram corrigidos para 13 % de umidade e convertidos para kg ha^{-1} . Os dados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F. A comparação entre médias foi realizada pelo teste Scott-Knott (1974) ao nível de probabilidade de 5%.

Resultados e discussão

Os diferentes manejos adotados não retardaram a semeadura do arroz, que foi realizada no período preferencial na segunda quinzena do mês de outubro, nos dois anos. Isso pode estar relacionado à semelhança entre a umidade do solo proporcionado pelos manejos utilizados, onde foi de aproximadamente de 30% de umidade, embora no segundo ano, as dessecações aos 30 e 45DAS apresentaram maior teor de umidade no solo no momento da semeadura (Figura 1). Provavelmente esse resultado deve-se ao sombreamento causado pela palha, a qual reduz a radiação solar incidente na superfície do solo (KUNZ et al., 2007). Outro fator que pode ter contribuído para isso, foi a ocorrência de uma precipitação pluvial de 33 mm aos 12 dias antes da semeadura o que fez com que a umidade se mantivesse mais elevada nos manejos citados anteriormente.

Houve diferença entre os manejos utilizados quanto a matéria seca remanescente da parte aérea do azevém, com menor quantidade nos manejos de produção de feno e nos

tratamentos com dessecação do azevém, verificando-se um aumento de matéria seca remanescente do azevém na superfície do solo na medida em que as dessecações foram se aproximando do momento da semeadura do arroz 15DAS (Figura 2). Dessa forma, a quantidade de matéria seca presente na superfície do solo modifica a perda de água na superfície do solo por alterar a ação dos elementos meteorológicos que compõem a demanda evaporativa da atmosfera (CHEN et al., 2007) e também por formar uma espécie de camada isolante ao fluxo hídrico, por causa do ar que permanece relativamente parado dentro da camada de palha.

Deve-se salientar que o teor de umidade do solo no manejo onde foi realizada a dessecação mais próxima da semeadura aos 15DAS+RF e por consequência apresentou maior quantidade de MS, não diferiu dos demais tratamentos no ano agrícola 2010/11. Atribui-se a isso, ao fato de que a última precipitação pluvial foi de 14 mm, 10 dias antes da semeadura. No sistema em plantio direto, DALMAGO et al (2010) verificaram que, à medida em que os dias de secagem do solo se acumulam, a evaporação da água fica mais elevada no solo em plantio direto. Além disso, outro benefício do plantio direto em áreas de várzea é que, devido a presença de palha sobre o solo com a finalidade de impedir o impacto direto da água da chuva no solo, evita a formação do selamento superficial (BARCELOS et al., 1999), o que dificultaria em, muitos casos, a emergência das plântulas de arroz.

Com relação aos teores de N, P e K encontrados na planta de arroz nos estádios analisados, os mesmos tiveram comportamento distinto em função dos diferentes tratamentos utilizados (Tabela 1). O teor de N na dessecação aos 15DAS+RF apresentou menor valor desse nutriente na planta de arroz nos estádios V3 e V5, para o ano agrícola de 2010/11. Em termos percentuais, isso representou 11% a menos de N do que o tratamento pousio (sem azevém no período de entre safra do arroz).

Para o ano agrícola de 2011/12, o comportamento foi semelhante, porém o menor teor de N no arroz foi verificado com dessecação aos 30 DAS nos estádios V3 e V5. Esses resultados possivelmente devem-se à competição pelo N mineral entre os microrganismos do solo e a planta de arroz. Desse modo, a realização da dessecação do azevém em diferentes estádios fisiológicos influencia as taxas de imobilização e de mineralização do N. Além disso, os solos de várzea do Rio Grande do sul têm diferentes quantidades de $N-NO_3^-$ antes do alagamento, que pode ser perdido após o alagamento se não for absorvido pelas plantas de arroz (SILVA et al., 2011). Coincidentemente com o desaparecimento do $N-NO_3^-$, há maior liberação de $N-NH_4^+$, característico para cada solo, sendo que o comportamento de ambos determina a quantidade de N disponibilizado às plantas para o arroz irrigado com o

alagamento, sendo o valor acumulado relacionado com o teor de C orgânico dos solos (SILVA et al. 2011). Assim, a composição dos resíduos de azevém pode determinar a sua taxa de decomposição e com isso influenciar, a ciclagem de nutrientes no solo. Além disso, a alta relação C/N da MS favorece sua decomposição e acelera a mineralização de nutrientes (AITA & GIACOMINI, 2003).

Em outros trabalhos citados na literatura, como os de VIEIRA et al. (2010) verificaram que o teor de N no estágio V3 não variou em função de tipos de cobertura de solo no inverno. Possivelmente, isso possa estar relacionado ao teor de nitrogênio presente nesse solo, pois um alto teor desse nutriente no solo compensaria a imobilização realizada pelos microrganismos do solo. Em trabalhos realizados na China, DAI et al. (2010), analisando os teores de nutrientes no arroz em função do manejo da adubação no sistema de sucessão trigo/arroz, verificaram que houve diminuição no teor de nitrogênio tanto no arroz quando no trigo com a supressão da adubação com nitrogênio na parte aérea nessas culturas, demonstrando, dessa forma, a importância desse nutriente na cultura do arroz irrigado.

Com relação aos teores de K nas plantas de arroz na safra de 2010/11, apresentaram diferença significativa nos estádios V3 e V5 de modo que os tratamentos onde foram realizadas as dessecações mais próximas da semeadura obtiveram uma diferença de 11% em relação à testemunha (Tabela 1). Esse maior teor de K nas plantas de arroz nos manejos com dessecação mais próxima da semeadura também foi verificado na safra seguinte nos estádios V3 e V5, onde o tratamento com dessecação aos 30DAS, em comparação à testemunha, apresentou 12% a mais de K no tecido das plantas de arroz. Normalmente, a adição de resíduos vegetais aumenta a disponibilidade desse elemento no solo, pela intensificação da atividade microbiana ou pela liberação direta de nutrientes dos resíduos, como o K e, com isso, as plantas são beneficiadas com maior absorção (SOUSA, 2001). Isso é fundamental quando se busca a ciclagem de nutrientes, para que dessa forma ocorra o sincronismo entre liberação do nutriente da utilizada em cobertura, e implantação da cultura sucessora, neste caso o arroz.

Além disso, foi verificado nos dois anos de estudo um aumento no teor de K do solo (Tabela 4) nas avaliações realizadas no momento da semeadura nos manejos com dessecação aos 30 e 45DAS. Esse aumento da concentração desse nutriente no solo deve-se possivelmente à maior liberação pela planta de azevém após a realização da dessecação, o que indica que a lixiviação seria um dos principais mecanismos de transferência de K para o solo, uma vez que ele não é componente estrutural de qualquer composto das plantas e a mineralização não é um pré-requisito para sua liberação (GAMA-RODRIGUES & BARROS,

2002; COSTA et al., 2005b). Esses resultados corroboram com os de SCHMIDT et al (2009), os quais verificaram um aumento na concentrações de K na solução do solo com a adição de resíduos de azevém na superfície de um Planossolo alagado até a dose máxima utilizada de 10Mg ha^{-1} . Os mesmos autores verificaram que o teor de K na parte aérea do arroz aumentou com a adição de resíduos de azevém na superfície do solo.

Os teores de P nas plantas de arroz avaliados nos três estádios fenológicos V3, V5 e V6, bem como a concentração desse nutriente no solo não foram influenciados pelos diferentes manejos realizados no período de entressafra no arroz irrigado nas duas safras analisadas (Tabela 1). Isso possivelmente deve-se à baixa concentração do P liberado pela cultura do azevém após a realização das dessecações. Além disso, a possível falta de variação nos teores disponíveis seja em decorrência da adsorção do P, distribuindo-se em frações lábil e não lábil de acordo com a energia de ligação envolvida e não sendo determinado pela análise do P disponível, concordando com os resultados encontrados por YADVINDER-SINGH et al. (2010).

O teor de P na planta do arroz na média foi de $4,5\text{ g kg}^{-1}$ de matéria seca. Para fins comparativos, os teores de N e K, na média geral foram de $32,2\text{ g kg}^{-1}$ e $38,8\text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. Esse resultado vai de encontro com os de SCHMIDT et al. (2009) os quais não observaram diferença na concentração de P no arroz no estádio V3 em função de diferentes quantidades de resíduos de azevém. Já outros trabalhos, como de MARCHESI et al. (2010), analisando o teor de P na parte aérea da planta de arroz, verificaram diferença entre os diferentes manejos do azevém e pousio no inverno e níveis de adubação no arroz em sucessão. Também nesse sentido, VIEIRA et al. (2010), analisando o teor de P e K e outros nutrientes na cultura do arroz irrigado, verificaram que a presença de resíduos de azevém diminuiu os teores de P e K na parte aérea das plântulas no estádio V3.

Nos dois anos de estudo o acúmulo de MS da parte aérea do arroz ha^{-1} , foi influenciado pelos manejos realizados no azevém sendo que, no ano agrícola de 2010/11 o manejo com dessecação aos 15 DAS+ RF e pousio foram os que apresentaram o menor acúmulo no estádio V3 e V5 do arroz irrigado (Tabela 2). Essa resposta pode estar relacionada ao estiolamento verificado nas plântulas de arroz em sucessão ao azevém nesse estádio, especialmente no tratamento com dessecação aos 15DAS +RF onde tinha ao redor de 4 t ha^{-1} de matéria seca da parte aérea remanescente na ocasião da semeadura do arroz irrigado. Desse modo, a presença de resíduos culturais em grande quantidade sombreia a superfície do solo e diminui a incidência de luz para as plântulas da cultura em sucessão. Em função disso, elas podem apresentar maior estatura e menor massa seca, pois a menor disponibilidade de luz

diminui a síntese de fotoassimilados, levando à redução do peso seco das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2006). Além disso, esse menor acúmulo de MS está atrelado ao menor estande inicial apresentado nesse manejo, um dos motivos para isso foi devido à alta quantidade de MS presente no momento da semeadura, que prejudicou o contato semente-solo.

Os menores acúmulos de N, K e P na planta de arroz (Tabela 2) foram verificados no manejo com dessecação do azevém aos 15DAS+RF nos estádios analisados. Isso possivelmente pode ser atribuído ao fato desse manejo ter apresentado o menor acúmulo de MS ha⁻¹ (Tabela 2). Desse modo, considerando a pouca variação verificada nos teores dos nutrientes no tecido em função de sistemas de cobertura de solo no inverno (Tabela 1), as quantidades acumuladas de N, K e P ha⁻¹ de arroz variaram de forma proporcional à produção de MS ha⁻¹, a qual é dependente do número de plantas e do acúmulo de matéria seca ha⁻¹ do arroz irrigado. Resultados semelhantes foram encontrados por MARCHESI et al. (2010) que constataram que houve menores acúmulos de P e K, nas plântulas de arroz (estádio V3) em sucessão ao azevém quando comparado ao pousio.

A estatura de planta do arroz foi influenciada pelos diferentes manejos realizados no azevém no período de entressafra (Tabela 3). Os manejos com dessecação aos 60DAS e o pousio foram os que apresentaram a menor estatura na safra de 2010/11 nos estádios V3 e V6. No entanto, no ano agrícola de 2011/12 esses resultados não se repetiram na mesma proporção, de modo que, apenas foi constatada diferença significativa no estágio V6. A hipótese para que isso é que com a palha do azevém na superfície do solo causa estiolamento na planta de arroz sem o respectivo aumento no acúmulo de matéria seca, explicado em parte a maior estatura quando se realizou os manejos mais próximos à data de semeadura. Desse modo, a maior alocação de fotoassimilados para alongar a parte aérea pode reduzir o desenvolvimento de outras partes da planta como as raízes, podendo influenciar na absorção de nutrientes (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Esses dados do primeiro ano de estudo corroboram com VIEIRA et al. (2010) os quais verificaram que a estatura de planta de arroz cultivado em sucessão ao pousio foi inferior à verificada quando o arroz foi cultivado em sucessão ao azevém no estágio V3. Além disso, a manutenção dos resíduos vegetais sob a superfície do solo pode ter favorecido a maior produção de ácidos orgânicos de baixo peso molecular, principalmente em áreas de ocorrência de solos hidromórficos, limitando o crescimento e acúmulo de massa seca da cultura do arroz (SOUSA & BORTOLON, 2002; SCHMIDT et al., 2007).

O estande inicial de plantas do arroz irrigado foi influenciado pelos diferentes manejos do azevém no período de entressafra (Tabela 3). A dessecação aos 15DAS+RF apresentou o

menor estande inicial de plantas nas duas safras em estudo. Um dos fatores determinantes para isso foi a presença de maior quantidade de MS de azevém (Figura 2) sobre a superfície do solo no momento da semeadura do arroz, acarretando dessa forma, menor contato semente-solo.

Trabalhos citados na literatura como o de MENEZES et al. (2001) também observaram a redução da densidade inicial de plântulas de arroz em sucessão ao azevém comparado à vegetação espontânea e à testemunha pousio. Porém, nesse estudo, a redução da densidade inicial de plântulas de arroz em sucessão ao azevém foi atribuída a possíveis efeitos alelopáticos de resíduos de azevém sobre a germinação de sementes de arroz semeado em sucessão. Já em outros estudos, como o de VIEIRA et al. (2010) reverificaram que não houve redução da densidade inicial de plântulas devido à presença de resíduos de azevém em relação pousio independentemente da quantidade de MS aportada ao solo.

Desse modo, uma das alternativas quando se buscam práticas conservacionistas como adoção do plantio direto em áreas de várzea, seria a realização de feno do azevém tanto no florescimento quanto no enchimento de grãos, como foi realizado nesse estudo. Além disso, o estande inicial foi superior nesses manejos quando comparado ao tratamento com dessecação mais próxima da semeadura do arroz irrigado (Tabela 3).

Apesar de ser observada, na média, menor densidade inicial de plantas no segundo ano em relação ao primeiro ano do experimento, os valores obtidos situam-se dentro da faixa recomendada, que é de 150 e 300 plantas por metro quadrado (SOSBAI, 2010).

Houve efeito dos diferentes tratamentos sobre o perfilhamento de plantas do arroz irrigado sendo que essas diferenças persistiram até o estágio V9 (Tabela 3). O manejo com dessecação aos 15DAS+RF apresentou o maior número de colmos por planta nas duas safras analisadas, o que possivelmente esteja relacionado pela compensação do baixo estande inicial apresentado por esse manejo com maior número de perfilho por planta. Além disso, a maior quantidade de área disponível no dossel vegetativo estimula o perfilhamento do arroz (PRABHA et al., 2011). De certa forma, esses novos perfilhos contribuem com a nutrição das plantas pela emissão de novas folhas e raízes. Além disso, uma parte desses perfilho produzirá panículas (YOSHIDA, 1981), o que compensaria o menor estande inicial no manejo com dessecação aos 15DAS+RF nos dois anos de estudo.

Os componentes de rendimento de grãos não foram afetados pelos diferentes manejos realizados na cultura do azevém e pousio no período de entressafra (Tabela 3), bem como o rendimento de grãos do arroz irrigado no ano agrícola de 2010/11. Resultados semelhantes foram obtidos por VIEIRA et al. 2010; MARCHESI et al. 2010 os quais não verificaram

diferença no rendimento de grãos do arroz entre as diferentes manejos utilizados na cultura do azevém no período de entressafra e o pousio.

No entanto, no ano agrícola 2011/12 foram observadas diferenças tanto nos componentes de rendimento de grãos, quanto no rendimento de grãos do arroz irrigado (Tabela 3). Existem diversas formas de compensação por parte da planta que podem ter contribuído para que houvesse esta diferença em relação ao rendimento de grãos. Um desses mecanismos de compensação é a produção de maior quantidade de grãos por panícula, o qual foi observado no tratamento testemunha e no com dessecação aos 60 DAS. Além disso, o número de panículas m^{-2} foi maior nos manejos com dessecação aos 30 e 60DAS. Outro fator importante para que houvesse diminuição no rendimento de grãos no manejo com dessecação aos 15DAS+RF foram os menores acúmulos de N e K pelo arroz irrigado nos estádios analisados (Tabela 3), principalmente o N que é determinante na emissão de colmos e de panículas e no enchimento de grãos em gramíneas (ZHENG et al., 2008).

No ano agrícola de 2011/12 a média do rendimento de grãos foi de $10.657 \text{ kg ha}^{-1}$ o que representa redução de 12% em relação ao ano agrícola de 2010/11. Além desses fatores citados anteriormente que contribuíram para diminuição do rendimento de grãos, foi verificado também aumento da esterilidade de espiguetas em relação à safra anterior. Isso possivelmente deve-se a coincidência do período do florescimento do arroz irrigado com a temperatura superior a 35°C (Figura 3) que segundo Rang et al. (2010) o estresse por alta temperatura causou a esterilidade de espiguetas em cinco cultivares de arroz irrigado.

Conclusões

1. O arroz irrigado apresenta menor acúmulo de matéria seca, nitrogênio e potássio nos estádios V3, V5 e V6, no manejo onde foi realizada a dessecação do azevém aos 15DAS+RF.
2. Há redução do estande inicial de plantas à medida que há atraso na época de dessecação do azevém.
3. A utilização do azevém em áreas de várzea intensifica a ciclagem de nutrientes, mas a dessecação do azevém deve ser realizada com antecedência de 60DAS para não prejudicar o rendimento de grãos do arroz irrigado.
4. A produção de feno da cultura do azevém não diminui os teores de N, P e K do solo no sistema de sucessão ao arroz irrigado nas duas safras analisadas.

Referências bibliográficas

- AITA, C. & GIACOMINE S. J. Decomposição e liberação de N de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiros e consorciados. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v.27, n.4, p.601-612, 2003.
- BARCELOS, A. A. et al. Infiltração de água em um Latossolo Vermelho-Escuro sob condições de chuva intensa em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p.35-43, 1999.
- CHEN, S.Y. et al. Effects of straw mulching on soil temperature, evaporation and yield of winter wheat: field experiments on the North China Plain. **Annals of Applied Biology**, v.150, p.261-268, 2007.
- DALMAGO, G.A. et al. Evaporação da água na superfície do solo em sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n. 8, p.780-790, 2010.
- DAI, X.Q. et al. Crop response of aerobic rice and winter wheat to nitrogen, phosphorus and potassium in a double cropping system. **Nutrient Cycling Agroecosyst**, n.86, p.301-315, 2010.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília: Embrapa-SPI, 2006. 306p.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo. Centro Nacional de Levantamento e Conservação do Solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1997. 212p
- GAMA-RODRIGUES, A.C. et. al. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 31, p. 1421-1428, 2007.
- KUNZ, J.H. et al. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p.1511-1520, 2007.
- MARCHESI, R. D. et al. Manejo da palha do azevém para cultivo do arroz irrigado em sucessão ao azevém. 2010. **Dissertação (mestrado)** - Programa de Pós Graduação em Fitotecnia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- MENEZES, V. G. et al. Semeadura direta de genótipos de arroz irrigado em sucessão a espécies de cobertura de solo no inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, p.1107-1115, 2001.

PRABHA, A.C.S.; TIYAGARAJAN, T.M.; SENTHIVELU, M. System of rice intensification principles on growth parameters, yield attributes and yields of rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Agronomy**, v.10, n.1, p.27-33, 2011.

RANG, Z. W. et al. Effect of high temperature and water stress on pollen germination and spikelet fertility in rice. **Environmental and Experimental Botany**, v.70, p.58-65, 2011.

ROSOLEM, C.A. et al. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1033-1040, 2006.

SCHMIDT F. et al. Resíduos de azevém na superfície de um Planossolo alagado e seus efeitos na concentração de nutrientes na solução do solo e em plantas de arroz. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.7, p.2080-2086, 2009.

SCHMIDT, F.; BORTOLON, L.; SOUSA, R. O. Toxidez pelos ácidos propiônico e butírico em plântulas de arroz. **Ciência Rural**, v.37, n.3, p.720-726, 2007.

SOSBAI-SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**, 28. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. Bento Gonçalves, RS.- Porto Alegre: SOSBAI, 2010. 188p.

SILVA, L. S. et al. Dinâmica de nitrogênio mineral após alagamento em solos de várzea do Rio Grande do Sul. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v.32, n.2, p.583-590, 2011.

SOUSA, R. O., BORTOLON, L. Crescimento radicular e da parte aérea do arroz (*Oriza sativa* L.) e absorção de nutrientes em solução nutritiva com diferentes concentrações de ácido acético. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.8, n.3, p.231-235, 2002.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TEDESCO, M.J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).

VIEIRA, V.M. et al. Manejo da adubação nitrogenada no arroz irrigado em sucessão ao azevém. 2010. 156f. **Dissertação (mestrado)** - Programa de Pós Graduação em Fitotecnia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

VEZZANI, F.M. Qualidade no sistema solo na produção agrícola. 2002. 107f. **Tese (Doutorado em Ciência do Solo)** Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

YOSHIDA, S. **Fundamental of rice crop science**. Los Baños: International Rice Research Institute, 1981. 269p.

ZHENG Y.; et al. Effect of nitrogen applied before transplanting on tillering and nitrogen utilization in rice. **Acta Agronomica sinica**, n.3, 2008.

Tabela 2.1 Teores médios de nitrogênio(N), fósforo(P), potássio (K) na matéria seca do arroz irrigado, em três estádios fenológicos, em função de manejos da palha do azevém no período de entressafra no agrícola de 2010/11 e 2011/12. Santa Maria. RS, 2012.

----- Ano agrícola de 2010/11-----									
TRATAMENTO	----- Teor de N g k ⁻¹ -----			----- Teor de K g k ⁻¹ -----			----- Teor de P g k ⁻¹ -----		
	Estádios			Estádios			Estádios		
	V3 ¹	V5	V6	V3	V5	V6	V3	V5	V6
Pousio	42,6 a ²	42,2 a	28,3 ^{ns}	35,3 b	32,3 b	32,0 ^{ns}	5,9 ^{ns}	4,4 ^{ns}	2,8 ^{ns}
Feno I	40,5 a	39,6 b	26,6	36,3 b	31,3 b	34,0	4,8	4,3	2,6
Des. 60DAS	43,4 a	38,9 b	30,6	39,5 a	31,3 b	33,0	5,4	4,0	3,4
Des. 45DAS	40,2 a	40,4 a	27,7	35,5 b	32,0 b	33,3	5,4	4,6	3,7
Des. 30DAS	40,6 a	40,8 a	28,9	39,8 a	34,5 a	31,3	5,7	4,7	2,7
Des. 15DAS+RF	36,5 b	39,1 b	30,0	39,3 a	32,0 b	32,5	5,5	5,1	3,3
Feno II	40,7 a	38,9 b	28,6	38,0 a	33,8 a	35,0	5,2	3,7	2,8
Des. 30DAS+RF	40,2 a	39,5 b	29,2	37,5 a	31,0 b	34,5	5,3	4,0	2,3
Média	40,5	39,9	28,7	37,6 a	32,6 b	33,2	5,4	4,4	3,0
CV (%)	4,6	3,6	6,1	3,9	6,1	5,8	9,1	9,2	9,5
----- Ano agrícola de 2011/12-----									
Pousio	36,0 a	34,9 a	28,0 b	37,1 b	36,0 b	38,3 ^{ns}	5,2 ^{ns}	4,3 ^{ns}	2,9 ^{ns}
Feno I ⁵	34,3 b	33,3 b	32,2 a	35,5 b	34,3 b	36,8	5,9	4,9	3,0
Des. 60DAS ³	35,8 a	34,7 a	30,2 a	34,8 b	33,5 b	36,0	5,7	4,7	2,8
Des. 45DAS	32,9 b	31,9 b	31,3 a	41,4 a	44,0 a	38,8	6,1	5,0	3,6
Des. 30DAS	34,3 b	33,3 a	30,4 a	40,6 a	42,3 a	39,0	6,0	4,9	3,3
Des. 15DAS+RF ⁴	35,8 a	34,8 a	23,9 c	40,8 a	41,5 a	40,0	6,0	4,9	3,3
Feno II ⁵	35,3 a	34,2 a	26,6 b	38,6 a	39,0 a	38,3	6,5	5,3	3,1
Des. 30DAS+RF	36,4 a	35,3 a	30,2 a	40,1 a	39,3 a	41,0	7,2	6,0	4,1
Média	35,1	34,1	29,1	38,6	38,7	38,5	6,1	5,0	3,3
CV (%)	3,4	3,5	6,9	5,7	4,9	10,5	8,6	8,3	11,7

⁽¹⁾ Estádio fenológico segundo a escala proposta por(Counce et al., 2000) ⁽²⁾ Médias não seguidas de mesma letra diferem pelo Teste Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade, ⁽³⁾ Dias antes da semeadura do arroz irrigado, ⁽⁴⁾ Rolo-faca ^{ns} não-significativo, pelo teste F. ⁽⁵⁾ Feno I (florescimento) Feno II (enchimento de grãos)

Tabela 2.2 Acúmulo de matéria seca (MS), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) na parte área do arroz irrigado, em três estádios fenológicos, em função de manejos do azevém no período de entressafra nos anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12. Santa Maria, RS, 2012.

----- Ano agrícola de 2010/11-----												
TRATAMENTO	Acúmulo de MS kg ha ⁻¹			Acúmulo de N kg ha ⁻¹			Acúmulo de K kg ha ⁻¹			Acúmulo de P kg ha ⁻¹		
	Estádios			Estádios			Estádios			Estádios		
	V3 ¹	V5	V6	V3	V5	V6	V3	V5	V6	V3	V5	V6
Pousio	81 b ²	426 a	2266 a	3,2 b	16,3 a	44,9 a	2,6 b	13,4 a	54,4 a	0,42 b	1,6 ^{ns}	5,7 ^{ns}
Feno I ⁵	133 a	490 a	1965 a	4,9 a	17,4 a	35,9 b	4,4 a	13,9 a	49,7 a	0,57 a	1,9	4,6
Des. 60DAS ³	89 b	508 a	1480 b	3,5 a	17,8 a	31,6 b	3,2 a	14,3 a	36,3 b	0,43 b	1,8	4,4
Des. 45DAS	113 a	475 a	1703 a	4,2 a	17,3 a	32,7 b	3,8 a	13,8 a	42,3 b	0,55 a	2,0	5,8
Des. 30DAS	94 b	461 a	2131 a	3,4 b	17,0 a	43,2 a	3,4 a	14,2 a	50,0 a	0,48 a	1,9	5,1
Des. 15DAS+RF ⁴	49 c	290 b	1345 b	1,5 c	10,2 c	28,0 b	1,7 b	8,5 b	32,8 b	0,25 b	1,3	4,0
Feno II	121a	493 a	1558 b	4,5 a	17,3 a	31,1 b	4,0 a	15,5 a	40,8 b	0,56 a	1,6	4,0
Des. 30DAS+RF	81 b	450 a	2119 a	2,9 b	15,9 a	41,4 a	2,7 b	12,6 a	54,6 a	0,38 b	1,6	4,4
Media	95	449	1821	3,5	16,1	36,1	3,2	13,3	45,1	0,45	1,7	4,7
CV (%)	9,59	8,30	8,61	7,73	7,80	8,66	8,73	7,67	7,85	5,35	8,6	11,4
----- Ano agrícola de 2011/12-----												
Pousio	69 a	645 a	1627 a	2,5 a	21,9 a	44,2 a	2,6 a	21,1 b	53,5 a	0,36 ^{ns}	2,7 a	4,7 a
Feno I	63 a	526 b	1316 b	2,2 a	17,6 a	42,2 a	2,2 a	16,4 c	44,5 a	0,37	2,6 a	3,9 a
Des. 60DAS	78 a	690 a	1585 a	2,8 a	23,9 a	47,6 a	2,7 a	21,0 b	52,5 a	0,44	3,2 a	4,1 a
Des. 45DAS	64 a	653 a	1117 b	2,1 a	20,8 a	35,0 b	2,6 a	26,0 a	40,8 a	0,38	3,2 a	4,2 a
Des. 30DAS	67 a	562 b	868 c	2,3 a	18,7 a	26,5 c	2,7 a	21,6 b	31,7 b	0,41	2,7 a	2,9 a
Des. 15DAS+RF	34 b	235 d	610 d	1,2 b	8,2 c	14,6 d	1,4 b	8,9 d	22,3 b	0,21	1,2 b	2,0 b
Feno II	63 a	527 b	963 c	2,2 a	18,1 a	25,6 c	2,4 a	18,7 b	33,9 b	0,41	2,8 a	2,9 a
Des. 30DAS+RF	57 a	381 c	731 d	2,1 a	13,5 b	22,2 c	2,2 a	13,6 c	27,5 b	0,41	2,3 a	3,0 a
Media	62	527	1102	2,2	17,8	32,2	2,4 a	18,4	38,3	0,37	2,6	3,5
CV (%)	9,78	6,64	8,55	8,27	7,02	8,38	7,78	6,28	11,1	6,40	8,22	12,3

(¹) Estádio fenológico segundo a escala proposta por (Counce et al., 2000) (²) Médias não seguidas de mesma letra diferem pelo Teste Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade, (³) Dias antes da semeadura do arroz irrigado, (⁴) Rolo-faca ^{ns} não-significativo, pelo teste. (⁵) Feno I (florescimento) Feno II (enchimento de grãos).

Tabela 2.3 Estande inicial de plantas (EP) número de colmos planta⁻¹, estatura de planta, peso de mil grãos (PMG), número de grãos panícula⁻¹(NGP), esterilidade de espiguetas (EE), número de panícula m⁻² (PN) e rendimento de grãos (RG) do arroz irrigado em função de manejos da palha do azevém no período de entressafra do arroz irrigado nos anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12. Santa Maria. RS, 2012.

----- Ano agrícola de 2010/11-----													
TRATAMENTO	EP	-----Colmos planta ⁻¹ -----				----- Estatura planta ⁻¹ -----			PMG	NGP	EE	PN	RG
	Plantas m ⁻²	V4 ⁽¹⁾	V5	V7	V9	V3	V5	V6	g	%	m ⁻²	kg ha ⁻¹	
Pousio	250 b ²	2,0 a	3,5 a	4,3 a	4,2 a	13,3 b	21,1 ^{ns}	34,2 b	25,4 ^{ns}	86 ^{ns}	4,2 ^{ns}	799 ^{ns}	12774 ^{ns}
Feno I	297 a	1,4 b	2,5 b	3,0 b	3,2 b	15,6 a	21,5	35,7 a	25,5	79	4,9	693	12650
Des. 60DAS ³	269 b	1,3 b	2,5 b	3,5 b	3,3 b	13,1 b	19,9	31,7 c	25,9	94	5,2	729	12290
Des. 45DAS	278 a	1,6 b	2,6 b	3,3 b	3,3 b	16,0 a	21,6	34,8 b	26,3	80	6,4	717	11951
Des. 30DAS	296 a	1,4 b	2,5 b	3,2 b	3,5 b	17,6 a	22,7	37,9 a	25,5	79	4,7	735	12244
Des. 15DAS+RF ⁴	184 c	1,8 a	3,4 a	4,8 a	5,0 a	15,5 a	22,0	36,1 a	25,6	98	5,1	740	12091
Feno II	242 b	1,9 a	3,9 a	4,4 a	4,4 a	16,4 a	21,5	36,1 a	25,7	78	6,8	729	12544
Des. 30DAS+RF	289 a	1,5 b	3,0 b	3,4 b	3,5 b	16,4 a	20,7	37,3 a	25,3	92	4,8	730	12470
Media	262	1,6	3,0	3,7	3,8	15,5	21,4	35,5 a	25,6	89	5,3	734	12377
CV (%)	9,09	7,43	9,03	9,38	9,29	7,61	6,08	4,84	3,7	8,4	13,3	12,1	5,59
----- Ano agrícola de 2011/12-----													
Pousio	240 a	2,4 b	3,3 c	4,2 c	3,9 c	12,3 ^{ns}	22,1 ^{ns}	34,7 a	25,5 ^{ns}	86 a	9,5 b	662 b	11269 b
Feno I	226 a	2,4 b	3,1 c	4,7 c	4,8 b	12,8	21,9	34,7 a	26,1	73 b	8,3 b	758 a	11438 b
Des. 60DAS	235 a	2,0 b	3,2 c	4,3 c	4,7 b	12,4	21,5	34,3 a	27,3	82 a	6,5 b	731 a	12296 a
Des. 45DAS	212 b	2,3 b	3,5 c	4,2 c	4,8 b	12,6	22,7	33,9 b	25,9	75 b	7,8 b	667 b	10765 b
Des. 30DAS	202 b	1,5 c	3,9 b	4,5 c	4,5 b	14,0	22,0	33,1 b	26,9	70 b	9,1 b	634 b	10220 c
Des. 15DAS+RF	99 d	2,4 b	4,8 a	5,9 a	6,2 a	12,9	20,4	32,0 b	25,9	69 b	13,1a	544 c	8590 d
Feno II	193 b	2,5 b	3,5 c	5,2 b	5,7 b	11,9	21,4	30,9 b	25,7	73 b	9,4 b	685 b	10024 c
Des. 30DAS+RF	151 c	2,9 a	4,2 b	5,3 b	5,6 b	12,2	22,5	32,4 b	25,0	85 a	12,5a	735 a	10251 c
Media	195	2,3	3,7	5,0	5,2	12,6	21,8	33,28	26,0	76,6	9,5	683	10657
CV (%)	6,8	9,49	8,89	7,74	7,55	7,65	4,55	5,71	3,7	5,74	13,3	7,2	6,79

⁽¹⁾ Estádio fenológico segundo a escala proposta por (Counce et al., 2000) ⁽²⁾ Médias não seguidas de mesma letra diferem pelo Teste Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade, ⁽³⁾ Dias antes da semeadura do arroz irrigado, ⁽⁴⁾ Rolo-faca ^{ns} não-significativo, pelo teste F. Feno I (florescimento), Feno II (enchimento de grãos)

Tabela 2.4 Evolução dos teores de nitrogênio mineral (N), fósforo(P) e potássio (K) no solo (0- 10 cm) em três datas de coleta, em função de manejos da palha do azevém no período de entressafra. Santa Maria. RS, 2012.

TRATAMENTO	----- Teor de N mineral mg kg ⁻¹ -----		
	DATAS ¹		
	15/10/10 ¹	15/10/11 ¹	31/03/12
Pousio	18,55 c	16,04 c	19,54 ^{ns}
Feno (florescimento)	19,83 b	15,60 c	21,07
Des. 60DAS ³	17,74 c	22,15 b	21,81
Des. 45DAS	22,00 b	28,36 a	21,91
Des. 30DAS	26,34 a	31,09 a	24,25
Des. 15DAS+RF ⁴	29,20 a	29,78 a	20,21
Feno (enchimento de grãos)	17,42 c	22,51 b	18,09
Des. 30DAS+RF	29,40 a	27,02 a	20,73
Média	21,8	23,7	20,4
CV(%)	10,84	9,56	9,69
	----- Teor de K mg kg ⁻¹ -----		
Pousio	82,0 b	61,2 d	67,5 a
Feno (florescimento)	60,0 b	55,0 d	60,0 a
Des. 60DAS ³	78,0 b	75,0 d	47,5 b
Des. 45DAS	168,7 a	166,8 a	62,5 a
Des. 30DAS	185,0 a	163,7 a	72,5 a
Des. 15DAS+RF ⁴	85,5 b	75,0 d	65,0 a
Feno (enchimento de grãos)	88,7 b	101,2 c	72,5 a
Des. 30DAS+RF	185,0 a	116,2 b	67,5 a
Média	130,6	96,4	65,6
CV(%)	12,2	14,4	16,4
	----- Teor de P mg kg ⁻¹ -----		
Pousio	24,32 ^{ns}	20,24 ^{ns}	14,95 b
Feno (florescimento)	20,98	16,90	13,37 b
Des. 60DAS ³	16,70	24,59	12,44 b
Des. 45DAS	17,56	25,06	12,70 b
Des. 30DAS	16,07	16,13	18,74 a
Des. 15DAS+RF ⁴	19,63	21,89	14,02 b
Feno (enchimento de grãos)	22,58	15,86	16,00 b
Des. 30DAS+RF	20,20	20,20	14,50 b
Média	24,32	20,24	14,59
CV(%)	15,11	11,56	10,93

⁽¹⁾ Avaliação realizada na data de semeadura do arroz irrigado nas safras de 2010 e 2011

⁽²⁾ Médias não seguidas de mesma letra diferem pelo. Teste Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade, ⁽³⁾ Dias antes da semeadura do arroz irrigado, ⁽⁴⁾ Rolo-faca ^{ns} não significativo, pelo teste F.

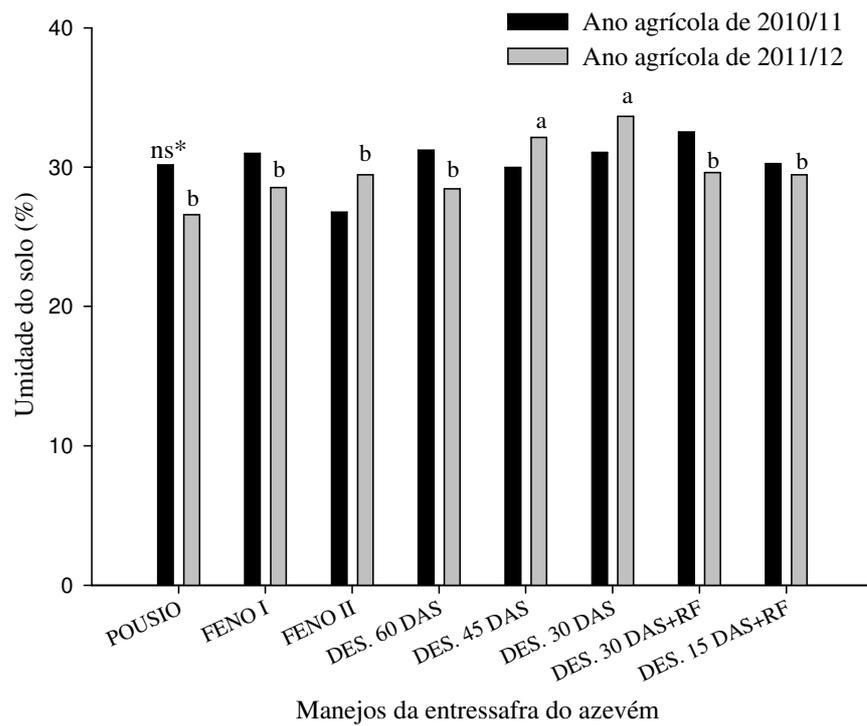


Figura 2.1 Umidade do solo, no momento da semeadura do arroz irrigado nos anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12, em função dos manejos adotados. Santa Maria, RS. 2012.

⁽¹⁾ Médias não seguidas de mesma letra diferem pelo Teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, ^{ns} não significativo, pelo teste Dessecação antes da semeadura (DAS), rolo faca (RF), Feno florescimento (FENO I), Feno enchimento de grãos (FENO II).

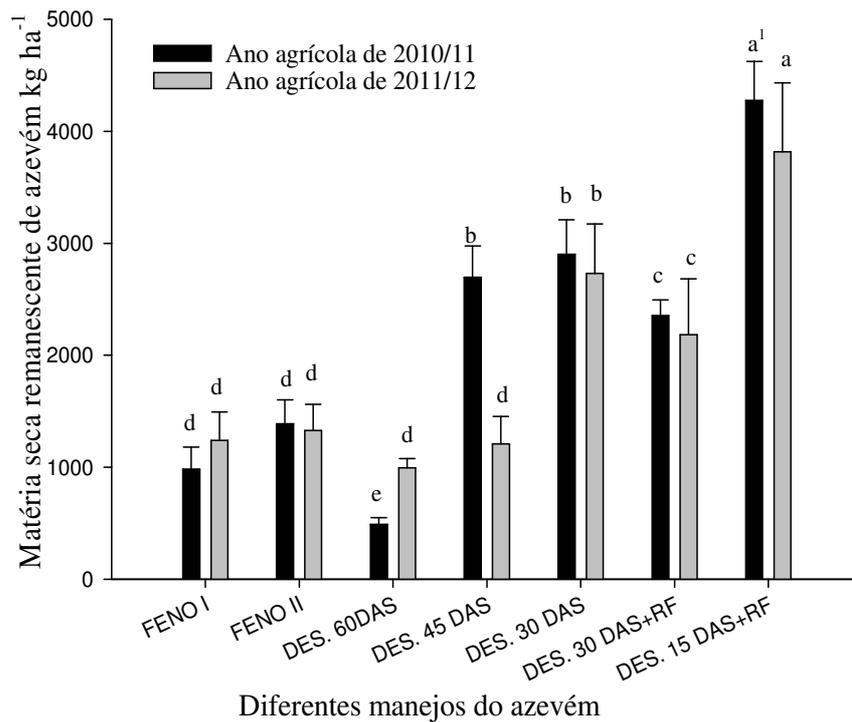


Figura 2.2 Matéria seca remanescente da parte aérea de azevém no momento da semeadura do arroz irrigado em função de diferentes manejos realizados na entressafra, do arroz na safra de 2010/11 e 2011/12. Santa Maria, RS, 2012.

⁽¹⁾ Médias não seguidas de mesma letra diferem pelo Teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, ^{ns} não significativo, pelo teste Dessecação antes da semeadura (DAS), rolo faca (RF), Feno florescimento (FENO I), Feno enchimento de grãos (FENO II).

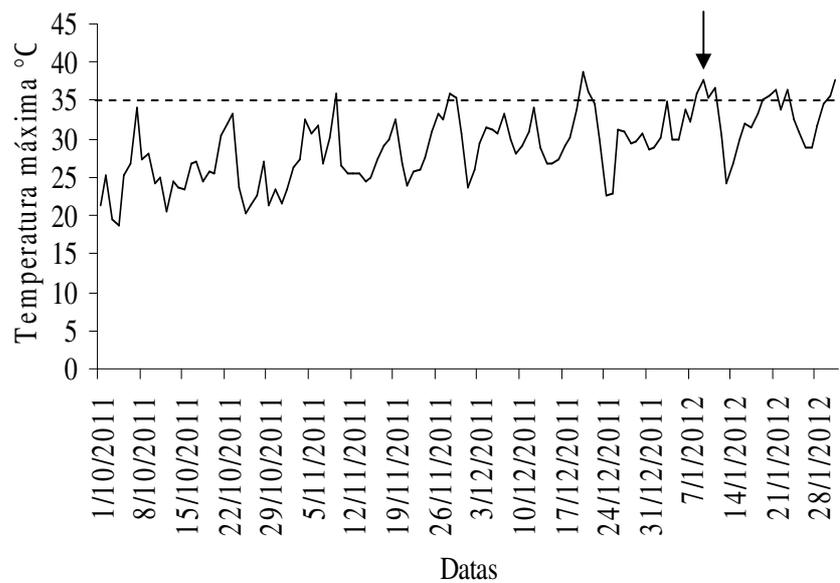


Figura 2.3 Temperatura máxima do ar e data da antese do arroz irrigado representado pela seta na safra 2011/12. Santa Maria, RS, 2012.

↓ (indica período de florescimento do arroz irrigado)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação da cultura do azevém no sistema de sucessão ao arroz irrigado pode exercer influência positiva no meio ambiente e na cadeia produtiva orizícola no Estado do Rio Grande do Sul, como visto nesse estudo.

Os diferentes manejos realizados na cultura do azevém na entressafra são eficientes para intensificar a ciclagem de nitrogênio, fósforo e potássio, com isso prover maior sustentabilidade em solos de várzea, visto o acúmulo desses nutrientes pela planta do azevém na pós-colheita do arroz irrigado. Além disso, o azevém possibilita uma alternativa de renda ao produtor rural pela produção de feno dessa forrageira no período de entressafra da cultura do arroz irrigado. De modo geral, dos nutrientes analisados, apenas o potássio apresentou aumento no teor no solo após as diferentes épocas de dessecação do azevém.

A dessecação do azevém mais próxima à data de semeadura pode afetar o estabelecimento e o acúmulo de nutrientes pela cultura do arroz irrigado, além de diminuir o rendimento de grãos dessa cultura. Desse modo, a dessecação do azevém deve ser realizada 60 dias antecedendo a semeadura do arroz irrigado, para não prejudicar o rendimento de grãos do arroz irrigado.

Mediante essa informação, a tomada de decisão dentro do manejo da lavoura orizícola torna-se condicionada a fatores meteorológicos, tipo de solo, operacional e econômico e não somente a fatores relacionados ao manejo do azevém na entressafra do arroz irrigado.

REFERÊNCIAS

AHRENS, W.H. **Herbicide handbook**. 7.ed. Champaign: Weed Science Society of America, 1994. 352p.

BROOKS, E.S. et al. Long-term sediment loading trends in the Paradise Creek watershed. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.65, p.331-341, 2010.

ÇELIK, H. et al. Potassium as an intensifying factor for iron chlorosis. **Journal Agricultural Biological**, v.12, p.359-364, 2010.

CHERR, C.M. et. Al. Green manure approaches to crop production: a synthesis. **Agronomy Journal**, v.98, p.302-319, 2006.

CONAB. Acompanhamento de safra brasileira de grãos, janeiro 2012. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_01_10_10_53_02_boletim_graos_4_o_levantamento>. Acesso em 05de maio 2012.

COCIU, A.I. et al. Tillage system effects on input efficiency of winter wheat, maize and soybean in rotation. **Romanian agricultural research**, v.27, p.81-87, 2010.

DA ROS, A. O & AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, n.1, p.135-140, 1996.

DEUBEL, A., et al. Long-term effects of tillage on stratification and plant availability of phosphate and potassium in a loess chernozem. **Soil & Tillage Research**, v.117, p.85-92, 2011.

IBGE. Indicadores agropecuários: produção agrícola. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr_201201> . Acesso em: 05 maio. 2012.

GAO, S. et al. Impact of rice straw incorporation on soil redox status and sulfide toxicity. **Agronomy Journal**, Madison, v.96, p.70-76, 2004.

GUPTA R. K, et al. Yield and phosphorus transformations in a rice-wheat system with crop residue and phosphorus management. **Soil Science Society of America**, v.71, p.1500-1507, 2007.

HAHANDEH, H.; et al. Phosphorus relationships to manganese and iron in rice soils. **Soil Science Baltimore**, v.168, p.489-500, 2003.

LI, H. et al. Nitrogen mineralization in paddy soils of the Taihu Region of China under anaerobic conditions: dynamic and model fitting. **Geoderma**, v.115, p.161-175, 2003.

LIU, J.X et al. Some agronomic and nutritional characteristics for potassium-efficient rice genotypes under low potassium stress. **Plant Nutrition and Fertilizer Science**, v.9, n.190-195. 2003.

MARCHESI, R. D. et al. Manejo da palha do azevém para cultivo do arroz irrigado em sucessão ao azevém. 2010. **Dissertação (mestrado)** - Programa de Pós Graduação em Fitotecnia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macro-nutrients. In: Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. San Diego: **Academic**, p.229-312, 1995.

MCLAUGHLIN M. J, et al. Phosphorus cycling in wheat-pasture rotations. I. The source of phosphorus taken up by wheat. **Australian Journal of Soil Research**, v.26, p.323-332, 1988.

MENEZES, V. G. et al. Semeadura direta de genótipos de arroz irrigado em sucessão a espécies de cobertura de solo no inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.1107-1115, 2001.

NAHAS E.; CENTURION, J. F.; Efeito das características dos solos sob os microrganismos solubilizadores de fosfatos e produtores de fosfatases. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n.1, p.43-48, 1994.

PATRICK, S. K. et. al. Nitrogen economy of flooded rice soils. Dordrecht: Martinus **Nijhoff Publishers**. V. 186, p. 117-130. 1986.

PAVINATO, A. et al. Resíduos culturais de espécies de inverno e o rendimento de grãos de milho no sistema de cultivo mínimo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.9, p.1427-1432, 1994.

PERVEZ, H. et al. The interactive effects of potassium nutrition on the uptake of other nutrients in cotton (*Gossypium hirsutum L.*) under an arid environment. **Journal of the Chemical Society of Pakistan**, v.28, p.256-265, 2006.

PIERZYNSKI, G. M. et al. Chemistry, cycling, and potential movement of inorganic phosphorus in soils. **Journal soil science society of America**, p.53-86, 2005.

PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged. soils. *Adv. Agron* 24:29-96, 1972.

ROSOLEM, C. A. et al. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1033-1040, 2006.

RANNO S. K. et al. Capacidade de adsorção de fósforo em solos de várzea do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.1, p.21-28, 2007.

REDDY, K. N. et al. Effects of cereal and legume cover crop residues on weeds, yield, and net return in soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v.15, p.660-668, 2001.

SANTI, A. et al. Adubação nitrogenada na aveia preta: influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Do solo**, v.27, p.1075-1083, 2003.

SCHMIDT, F. et al. Resíduos de azevém na superfície de um Planossolo alagado e seus efeitos na concentração de nutrientes na solução do solo e em plantas de arroz. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.7, p.2080-2086, 2009.

SILVERNAIL, A. F. et al. Residual nitrogen and kill date effects on winter cover crop growth and nitrogen content in a vegetable production system. **Hort Technology**, v.11, p. 219-225, 2001.

SINGH et al. Placement effects on rice residue decomposition and nutrient dynamics on two soil types during wheat cropping in rice–wheat system in northwestern India. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.88, p.471-480, 2010.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TEIXEIRA M. et al. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milho e sorgo. R. Bras. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.35, p.867-876, 2011.

VEZZANI, F.M. Qualidade no sistema solo na produção agrícola. 2002. **Tese (Doutorado em Ciência do Solo)** Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2002.

VICTORIA, R. L. et. al. Microbiologia do solo. Campinas: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p.105-119, 1992.

VIEIRA, V.M. et al. Manejo da adubação Nitrogenada no arroz irrigado em sucessão ao azevém. 2010. **Dissertação (mestrado)** - Programa de Pós Graduação em Fitotecnia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

VIZZOTTO V. R. et al. Efeito do pisoteio bovino em algumas propriedades físicas do solo de várzea. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.6, p.965-969, 2000.

ZHANG Q. et al. Studies on nutrient uptake of rice and characteristics of soil microorganisms in a long-term fertilization experiment for irrigated rice. **Journal of Zhejiang University Science**, v.2, p.147-154, 2005.

ZULKARNAIN, W.M. et al. Rice growth and yield under rain shelter house as influenced by different water regimes. **International Journal of Agriculture and Biology**, v.11, n.566-570, 2009.