

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

**DINÂMICA DO BANCO DE SEMENTES DE ARROZ
VERMELHO E CICLAGEM DE NUTRIENTES EM
FUNÇÃO DO MANEJO PÓS COLHEITA DA PALHA
DO ARROZ**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Paulo Fabrício Sachet Massoni

**Santa Maria, RS, Brasil
2011**

PPGAV/UFESM, RS SACHET MASSONI, Paulo Fabrício Mestre 2011

**DINÂMICA DO BANCO DE SEMENTES DE ARROZ
VERMELHO E CICLAGEM DE NUTRIENTES EM FUNÇÃO
DO MANEJO PÓS COLHEITA DA PALHA DO ARROZ**

por

Paulo Fabrício Sachet Massoni

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
2011**

M419d Massoni, Paulo Fabrício Sachet
 Dinâmica do banco de sementes de arroz vermelho e ciclagem de nutrientes em
 função do manejo pós colheita da palha de arroz / por Paulo Fabrício Sachet
 Massoni. – 2011.
 116 f. ; il. ; 30 cm

 Orientador: Enio Marchesan
 Coorientador: Sérgio Luiz de Oliveira Machado
 Coorientador: Leandro Souza da Silva
 Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de
 Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2011

 1. Agronomia 2. Oryza sativa L. 3. Preparo antecipado do solo
 4. Decomposição da palha I. Marchesan, Enio II. Machado, Sérgio Luiz de
 Oliveira III. Silva, Leandro Souza da IV. Título.

 CDU 633.18.03

Ficha catalográfica elaborada por¹ Cláudia Terezinha Branco Gallotti – CRB 10/1109
Biblioteca Central UFSM

¹ © 2011

Todos os direitos autorais reservados a Paulo Fabrício Sachet Massoni. A reprodução de parte ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.
Email: pfmass@hotmail.com

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

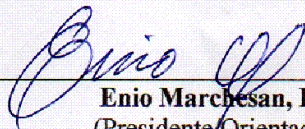
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**DINÂMICA DO BANCO DE SEMENTES DE
ARROZ VERMELHO E CICLAGEM DE
NUTRIENTES EM FUNÇÃO DO MANEJO PÓS
COLHEITA DA PALHA DO ARROZ**

elaborado por
Paulo Fabrício Sachet Massoni

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:



Enio Marchesan, Dr.
(Presidente/Orientador)



Sérgio Luis de Oliveira Machado, Dr.
(UFSM - Co-orientador)



Paulo Regis Ferreira da Silva, Dr.
(UFRGS/IRGA)

Santa Maria, 28 de fevereiro de 2011.

DEDICO

A minha mãe.
Ao meu filho.
Aos meus irmãos.

AGRADECIMENTOS

Ao bom Deus, pela dádiva da vida, a quem agradeço por todas as oportunidades recebidas.

À minha mãe, ao meu filho e aos meus irmãos pelo apoio, carinho, dedicação neste período e pelas horas de convivência que lhes foram suprimidas.

Ao professor Enio Marchesan, pela amizade e ensinamentos, pela compreensão nos momentos difíceis, pelo exemplo de dedicação profissional e pela incontestável orientação por estar presente em todas as etapas, orientando e ajudando a conduzir trabalho da melhor forma possível, onde a orientação não era limitada somente aos aspectos acadêmico-científicos.

À amiga Mara Grohs pela grande amizade, conselhos, exemplos de dedicação, força de vontade e principalmente pela ajuda concedida durante minha passagem pela Universidade Federal de Santa Maria.

Ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão da bolsa de estudo.

À Universidade Federal de Santa Maria, pela infra-estrutura que me permitiu a excelente formação profissional durante estes sete anos de estudo.

À amiga Elisandra Pocojeski, pelo apoio e amizade nos momentos mais difíceis dessa caminhada.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, em especial ao Gustavo Mack Teló, Kelen Souto, Bibiana Morais, Fernando Martins, Marta Dresh, Juliana Lorensi, Cristiane Stecca, Sandra Maziero, pelos vários anos de convivência, troca de experiência e trabalho.

Aos meus co-orientadores e membros da banca professores Sergio Luiz de Oliveira Machado, Leandro Souza da Silva e Paulo Regis Ferreira da Silva, pela amizade, auxílio e incentivo durante o desenvolvimento do projeto.

Ao Setor de Piscicultura da UFSM, em especial a Professora Leila Picolli, pela prestação e disponibilidade do espaço, meus sinceros agradecimentos.

Aos estagiários e ex-estagiários do Setor de Agricultura, em especial aos acadêmicos do curso de Agronomia: Rodrigo Roso, André Gianlupe, Fabrício Rodrigues, Dâmaris Santos, Lucas, Mauricio Oliveira, Fernanda Espindola, Tiago Formentini, Mateus Comasseto, Jonatas

Maciel, Gerson Meneguetti, Rafael Bruck, Christian, Diogo Cezimbra, Guilherme Cassol, Marcos Marchezan, João Paulo Refatti e Mariah Marques, meu agradecimento muito especial.

Aos grandes amigos e ex-colegas do Grupo de Pesquisa em Arroz Irrigado, Silvio Villa, Edinalvo Camargo, Melissa Walter, Rafael Mezzomo, Jaqueline Golombieski, Fernando dos Santos, Tiago Rossato e Diego Arosemena.

Aos meus amigos Eduardo Lourensi, Stefen Pujol, Marciel Redim, Alexandre Doneda, Jorge Betanza, Kelsiney Gomes e Jeferson Gomes, Jefferson Tolfo.

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

Ao funcionário do Departamento de Solos Finamor sempre disposto a ajudar

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

A todos aqueles que não foram lembrados, mas direta ou indiretamente contribuíram para a realização do trabalho e tornaram minha vida em Santa Maria mais feliz e agradável, meu sincero sentimento de gratidão.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1.1- Manejo do solo após a colheita do arroz irrigado. Santa Maria-RS, 2011.....	30
Tabela 1.2- Número total de sementes de arroz vermelho avaliadas pelo teste de tetrazólio em cada data de amostragem de solo. Santa Maria, RS. 2011.	33
Tabela 1.3- Percentagem de sementes dormentes, inviáveis e plântulas de arroz vermelho na superfície do solo durante o período de coleta no ano de 2009, nos tratamentos com lâmina permanente de água, preparo do solo em julho e sem preparo de solo. Santa Maria- RS, 2011.....	39
Tabela 1.4- Percentagem de sementes dormentes, inviáveis e plântulas de arroz vermelho na camada de solo de 0-10 cm de profundidade nos diferentes manejos pós colheita em diferentes períodos de amostragem para o ano de 2009. Santa Maria, RS. 2011.	45
Tabela 1.5- Percentagem de sementes dormentes, inviáveis e plântulas de arroz- vermelho na superfície do solo durante o período de coleta no ano de 2010, nos tratamentos com lâmina permanente de água, com preparo do solo seco em julho e sem preparo de solo. Santa Maria, RS. 2011.	48
Tabela 1.6- Percentagem de sementes dormentes, inviáveis e plântulas de arroz vermelho na camada de solo de 0-10 cm de profundidade nos diferentes manejos pós colheita nos diferentes períodos de amostragem para o ano de 2010. Santa Maria, RS. 2011.	53

CAPÍTULO II

Tabela 2.1- Manejo do solo após a colheita do arroz irrigado em 2009 e 2010. Santa Maria, RS. 2011.	68
Tabela 2.2- Teores médios iniciais de nitrogênio, fósforo e potássio, da matéria seca e do solo nos anos 2009 e 2010. Santa Maria, RS. 2011.	70
Tabela 2.3- Fração lábil (A), taxa de decomposição diária (K_a) e Coeficiente de determinação (R^2), para aos valores medidos de matéria seca remanescente (MSR), em cada tratamento no ano de 2009 e 2010. Santa Maria, RS. 2011.....	78

Tabela 2.4- Fração lábil (A), taxa de decomposição diária (K_a) e Coeficiente de determinação (R^2), para aos valores medidos de nitrogênio remanescente (NR), em cada tratamento no ano de 2009 e 2010. Santa Maria, RS. 2011.....	86
Tabela 2.5- Fração lábil (A), taxa de decomposição diária (K_a) e Coeficiente de determinação (R^2), para aos valores medidos de fósforo remanescente (PR), em cada tratamento no ano de 2009 e 2010. Santa Maria, RS. 2011.....	89
Tabela 2.6- Fração lábil (A), taxa de decomposição diária (K_a) e Coeficiente de determinação (R^2), para aos valores medidos de potássio remanescente (KR), em cada tratamento no ano de 2009 e 2010. Santa Maria, RS. 2011.....	92
Tabela 2.7- Teores de nitrogênio mineral total do solo, por data de amostragem para os tratamentos de manejo da palha de arroz nos anos de 2009 e 2010. Santa Maria, RS. 2011.....	95
Tabela 2.8- Teores de fósforo do solo (mg kg^{-1} de solo) por data de amostragem para os tratamentos de manejo da palha de arroz nos anos de 2009 e 2010. Santa Maria, RS. 2011.	100

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1.1- Percentagem de sementes dormentes, inviáveis e plantas de arroz vermelho na superfície do solo nos tratamentos com lâmina de água permanente (A), sem preparo de solo (C) e com preparo em julho (B) durante os anos de 2009 e 2010. Santa Maria-RS, 2011.35
- Figura 1.2- Percentagem de sementes dormentes, inviáveis e plântulas de arroz vermelho na camada de 0-10 cm de profundidade nos tratamentos com lâmina de água permanente (A), com preparo de solo seco em julho (B) e sem preparo de solo (C) nos anos de 2009 e 2010. Santa Maria-RS, 2011.41
- Figura 1.3- Percentagem de sementes dormentes, inviáveis e plantas de arroz vermelho na camada de 0-10 cm de profundidade nos tratamentos com preparo de solo seco após a colheita (A), após a colheita e em julho com solo seco (B), após a colheita com solo alagado (C) e após a colheita com solo alagado e em julho com solo seco (D) nos anos de 2009 e 2010. Santa Maria-RS, 2011.....43

CAPÍTULO II

- Figura 2.1-Matéria seca remanescente (%) dos resíduos culturais de palha de arroz nos tratamentos sem preparo de solo, com preparo de solo em julho e manutenção de lâmina de água (A e C), e preparo com solo seco pós colheita, pós colheita e em julho com solo seco, preparo pós colheita com solo alagado e preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco (B e D) nos anos 2009 e 2010, em avaliações realizadas a campo até 164 dias após a distribuição dos sacos de decomposição (mesh bags). Santa Maria, RS. 2011.....75
- Figura 2.2- Teores de celulose, (%) dos resíduos culturais de palha de arroz nos tratamentos sem preparo de solo, com preparo de solo em julho e manutenção de lâmina de água (A e C), e preparo com solo seco pós colheita, pós colheita e em julho com solo seco, preparo pós colheita com solo alagado e preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco (B e D) nos anos 2009 e 2010, e teores médios de hemi celulose e lignina (E e F) avaliado aos 0, 82 e 164 dias após a aplicação dos tratamentos nos anos de 2009 e 2010. Santa Maria, RS. 2011.81

- Figura 2.3-Teor de nitrogênio remanescente (%) dos resíduos culturais de palha de arroz nos tratamentos sem preparo de solo, com preparo de solo em julho e manutenção de lâmina de água (A e C), e preparo com solo seco pós colheita, pós colheita e em julho com solo seco, preparo pós colheita com solo alagado e preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco (B e D) nos anos 2009 e 2010, em avaliações realizadas a campo até 164 dias após a distribuição dos sacos de decomposição (mesh bags). Santa Maria, RS. 2011.....84
- Figura 2.4- Teor de fósforo remanescente (%) dos resíduos culturais de palha de arroz nos tratamentos sem preparo de solo, com preparo de solo em julho e manutenção de lâmina de água (A e C), e preparo com solo seco pós colheita, pós colheita e em julho com solo seco, preparo pós colheita com solo alagado e preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco (B e D) nos anos 2009 e 2010, em avaliações realizadas a campo até 164 dias após a distribuição dos sacos de decomposição (mesh bags). Santa Maria, RS. 2011.....88
- Figura 2.5- Teor de potássio remanescente (%) dos resíduos culturais de palha de arroz nos tratamentos sem preparo de solo, com preparo de solo em julho e manutenção de lâmina de água (A e C), e preparo com solo seco pós colheita, pós colheita e em julho com solo seco, preparo pós colheita com solo alagado e preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco (B e D) nos anos 2009 e 2010, em avaliações realizadas a campo até 164 dias após a distribuição dos sacos de decomposição (mesh bags). Santa Maria, RS. 2011.....91
- Figura 2.6- Teor de nitrogênio mineral do solo (mg N kg^{-1} solo) nos tratamentos sem preparo de solo, com preparo de solo em julho e manutenção de lâmina de água (A e C), e preparo com solo seco pós colheita, pós colheita e em julho com solo seco, preparo pós colheita com solo alagado e preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco (B e D) nos anos 2009 e 2010, em avaliações realizadas a campo até 164 dias após a aplicação dos tratamentos. Santa Maria, RS. 2011.....94
- Figura 2.7- Teores de fósforo no solo (mg kg^{-1} de solo) nos tratamentos sem preparo de solo, com preparo de solo em julho e manutenção de lâmina de água (A e C), e preparo com solo seco pós colheita, pós colheita e em julho com solo seco, preparo pós colheita com solo alagado e preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco (B e D) nos anos 2009 e 2010, em avaliações realizadas a campo até 164 dias após a aplicação dos tratamentos. Santa Maria, RS. 2011.98

Figura 2.8- Teores de potássio do solo ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ solo) nos tratamentos com lâmina permanente de água, sem preparo de solo, e preparo do solo em julho (A), e preparo do solo seco pós colheita, pós colheita e em julho com solo seco, preparo pós colheita com solo alagado e preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco (B), nos anos de 2009 e a média geral de todos os tratamentos (C) no ano de 2010. Santa Maria, RS. 2011 102

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1- Temperatura do ar, e do solo (°C) e precipitação (mm) nos tratamentos com preparo pós colheita com solo seco, com solo alagado, e sem preparo de solo, no período de maio a outubro de 2009. Santa Maria, RS. 2011.....	110
APÊNDICE 2- Temperatura do ar, e do solo (°C) e precipitação (mm) nos tratamentos com preparo pós colheita com solo seco, solo alagado, e sem preparo de solo, no período de maio a outubro de 2010. Santa Maria, RS. 2011.....	111
APÊNDICE 3- Temperatura mínima e máxima do ar (°C) e precipitação (mm), no período de 31 de março a 31 de outubro de 2009. Santa Maria, RS. 2011.	112
APÊNDICE 4- Temperatura mínima e máxima do ar (°C) e precipitação (mm), no período de 23 de março a 30 de novembro de 2010. Santa Maria, RS. 2011.....	113
APÊNDICE 5- Temperatura média, máxima e mínima (°C) precipitação pluvial (mm) a cada semana no período de coleta das bolsas de decomposição durante o período em que as mesmas permaneceram no campo, no ano de 2009. Santa Maria, RS. 2011.	114
APÊNDICE 6- Temperatura média, máxima e mínima do ar (°C) precipitação pluvial (mm) a cada semana no período de coleta das bolsas de decomposição durante o período em que as mesmas permaneceram no campo, no ano de 2010. Santa Maria, RS. 2011.	115
APÊNDICE 7- Densidade de plantas de arroz vermelho após dois anos com preparo pós colheita com solo seco (A), preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco (B), lâmina permanente de água (C), sem preparo de solo (D). Santa Maria-RS, 2011.	116

RESUMO

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

DINÂMICA DO BANCO DE SEMENTES DE ARROZ VERMELHO E CICLAGEM DE NUTRIENTES EM FUNÇÃO DO MANEJO PÓS COLHEITA DA PALHA DO ARROZ

AUTOR: PAULO FABRÍCIO SACHET MASSONI
ORIENTADOR: ENIO MARCHESAN
Santa Maria, RS, 28 de fevereiro de 2011.

A incorporação da palha após a colheita do arroz em áreas com a presença de arroz vermelho dificulta a redução do banco de sementes desta invasora, por outro lado, favorece a decomposição da palha e o preparo antecipado da área, o que permite a semeadura no período recomendado. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes preparos do solo pós colheita em áreas cultivadas com arroz irrigado na redução da viabilidade das sementes de arroz vermelho, na decomposição da resteva e na perda de nutrientes. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial, sendo o fator A composto por: [1] lâmina de água permanente, [2] incorporação da palha com preparo do solo seco logo após a colheita, [3] incorporação da palha com preparo do solo alagado após a colheita, [4] incorporação da palha com o solo seco somente em julho, [5] incorporação da palha com solo alagado logo após a colheita e gradagem da área em julho com solo seco, [6] incorporação da palha com solo seco logo após a colheita e gradagem da área em julho com solo seco, [7] sem incorporação. O fator B foi composto pelas diferentes datas de coleta. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas no tempo com quatro repetições. A lâmina de água permanente reduziu as sementes dormentes e inviáveis no decorrer do tempo para aquelas sementes que permaneceram na superfície do solo, assim como quando o solo ficou sem preparo. O preparo após a colheita com solo alagado apresentou redução significativa na dormência e estimulou a germinação e inviabilização das sementes, além de permitir o preparo antecipado do solo para a semeadura do arroz. A menor e a maior decomposição de palha ocorreu no tratamento com manutenção da lâmina de água e com preparo com solo alagado, respectivamente. Nos tratamentos que mantiveram a palha na superfície, houve maior percentagem de fósforo remanescente na palha. Mais de 90% do potássio foi liberado

até os 41 dias após a colheita. Não houve aumento significativo nos teores de nitrogênio, fósforo e potássio do solo ao final do período avaliado. Nenhum dos manejos utilizados foi eficiente em atuar, ao mesmo tempo, na redução do banco de sementes, na maior decomposição da resteva e na menor perda de nutrientes.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, preparo antecipado do solo, decomposição da palha.

ABSTRACT

Master Dissertation
Graduate Program in Agronomy
Universidade Federal de Santa Maria

SEED BANK DYNAMICS OF RED RICE AND CYCLING OF NUTRIENTS IN RELATION TO POST HARVEST MANAGEMENT OF RICE STRAW

AUTHOR: PAULO FABRÍCIO SACHET MASSONI

ADVISOR: ENIO MARCHESAN

Santa Maria, RS, February 28th, 2011.

The incorporation of straw after the rice harvest in areas with the presence of red rice makes it difficult to reduce this weed in the seeds bank. On the other hand, it facilitates the straw's decomposition and advance the preparation of the area, which allows the sowing in the recommended period. The aim of this study was to evaluate the effect of soil tillage after harvest in cultivated areas with rice in reducing the viability of red rice seeds, as in decomposition of stubble, and nutrients losses. Treatments were arranged in a factorial design: the first factor was composed of [1] Standing water level, [2] straw incorporation with dry tillage soon after harvest, [3] straw incorporation with soil preparation flooded after harvest, [4] straw incorporation with dry soil only in July , [5] straw incorporation with soaked soil immediately after harvest and disking the area in July with dry soil, [6] straw incorporation with dry soil soon after harvest and disking of the area in July with dry soil, [7] without incorporation. The B factor was composed by different sampling dates. The experimental design of blocks was performed at random, with split plot with four replications. The maintenance of the water level and the lack of soil preparation reduced dormancy and viability over time for those seeds that remained on the soil surface. The after harvest soil preparation in flooded area showed significant reduction in dormancy, besides stimulating germination and impracticability of seeds, and It also allowed the early soil preparation for rice sowing. The lowest and highest straw decomposition occurred in treatment with maintenance of the irrigation water and soaked soil with preparation, respectively. The treatments that kept the straw on the surface presented a higher percentage of phosphorus remaining in the straw. Over 90% of potassium was released until 41 days after harvest. There was no significant increase in nitrogen, phosphorus and potassium concentration in the soil at the end of the study period. None of the treatments used were effective in reducing the seed bank, nutrients loss and increasing straw decomposition at the same time.

Key words: *Oryza sativa*, early soil preparation, straw decomposition.

SUMÁRIO

JUSTIFICATIVA	22
1. CAPÍTULO I -	24
BANCO DE SEMENTES DE ARROZ VERMELHO SOB DIFERENTES MANEJOS APÓS A COLHEITA DA PALHA DE ARROZ IRRIGADO	
Resumo	24
Abstract	26
Introdução	27
Material e Métodos	29
Resultados e Discussão	34
Ano 2009 (ano I)	34
-Sementes da superfície do solo-	34
- Sementes no perfil de 0-10 cm-	40
Ano 2010 (ano II)	47
-Sementes da superfície do solo-	47
- Sementes do perfil do solo (0-10 cm)-	51
Conclusões	55
Referências Bibliográficas	56
2. - CAPÍTULO II -	61
DECOMPOSIÇÃO DA PALHA DE ARROZ E CICLAGEM DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO SOB DIFERENTES MANEJOS DO SOLO APÓS A COLHEITA	
Resumo	61
Abstract	62
Introdução	63
Características dos solos de várzea.....	63
Dinâmica da decomposição dos resíduos culturais e liberação de nutrientes	63
Influência dos resíduos culturais no preparo antecipado do solo	65
Material e Métodos	66
Instalação e condução do experimento a campo	67
Avaliações e determinações realizadas.....	69

Matéria seca da palha de arroz	69
Caracterização dos resíduos de palha e do solo.....	69
Confecção dos sacos de decomposição (mesh bag)	70
Temperatura do solo do ar e precipitação pluvial.....	71
Teores de nutrientes remanescentes	71
Análise estatística	73
Resultados e Discussão	73
Matéria seca remanescente (MSR).....	73
Celulose, hemicelulose e lignina da matéria seca.....	79
Nitrogênio remanescente da matéria seca	82
Fósforo remanescente da matéria seca	87
Potássio remanescente da matéria seca	90
Nitrogênio mineral do solo.....	93
Fósforo disponível do solo	97
Potássio disponível do solo	101
Conclusões	103
Referências bibliográficas.....	104
APÊNDICES:.....	110

JUSTIFICATIVA

A utilização das áreas de várzea varia de região para região, onde a campanha e fronteira oeste têm como características elevadas produtividades e a capacidade de intercalar o cultivo do arroz com pecuária de corte ou, em menor escala, cultivos alternativos com a cultura da soja ou pousio. Por outro lado a região da depressão central é caracterizada por ter propriedades menores e com cultivo continuado de arroz na mesma área, o que dificulta o controle do arroz vermelho.

Nesta última condição, destaca-se a importância do manejo após a colheita do arroz, com os objetivos de corrigir rastros deixados pela operação de colheita, proporcionar condições para decomposição da resteva, facilitar operações posteriores de preparo do solo e com isso, viabilizar a semeadura da próxima safra na época preferencial. A semeadura na época preferencial é importante, pois desta forma o período reprodutivo da cultura coincidirá com o período de maior disponibilidade de radiação solar da região. Lavouras de arroz semeadas fora da época têm sua produtividade limitada pelas condições meteorológicas desfavoráveis, principalmente pela redução do fluxo de radiação solar no período mais responsivo da planta.

Dentro do manejo após a colheita deverá estar inserida, além da viabilização da semeadura na época preferencial, a preocupação com o destino da palhada do cultivo anterior, com relação à ciclagem de nutrientes no sistema. Entretanto, o ambiente mais úmido com períodos frequentes de inundação, característico das áreas de várzea, dificulta a decomposição do material. Assim, se por um lado ocorre liberação lenta dos nutrientes, por outro, o maior acúmulo de matéria seca sobre a superfície impede que o solo perca umidade. Em consequência, ocorre atraso no preparo da área e implica na semeadura fora do período preferencial. Assim, alternativas de manejo da palha do arroz após a colheita, para que ocorra mais rápida decomposição, viabilizam operações posteriores de adequação do solo e, por consequência, a semeadura na época preferencial.

Constata-se também que, em áreas de uso contínuo de arroz, há aumento da população de plantas daninhas de determinadas espécies, principalmente de arroz vermelho. Como o arroz vermelho apresenta um comportamento diferenciado do arroz cultivado, pelo elevado grau de dormência de sementes, esse fato tem papel fundamental sobre sua persistência no solo. Assim, cria-se um impasse, pois o manejo de incorporação aplicado para a palhada pode não ser o melhor manejo às áreas com presença de arroz vermelho.

Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi de avaliar diferentes manejos de solo realizados após a colheita do arroz, com intuito de reduzir a viabilidade de sementes de arroz vermelho (Capítulo I) e identificar as melhores condições para decomposição da resteva e o retorno de nutrientes ao sistema (Capítulo II), compatibilizando de forma sustentável estes dois cenários.

-CAPÍTULO I -

BANCO DE SEMENTES DE ARROZ VERMELHO SOB DIFERENTES MANEJOS DA PALHA APÓS A COLHEITA DE ARROZ IRRIGADO

Seeds bank of red rice under different post harvest straw managements of flooded rice

Resumo

A incorporação da palha após a colheita do arroz em áreas com a presença de arroz vermelho dificulta a redução do banco de sementes desta invasora, por outro lado, favorece a decomposição da palha e o preparo antecipado da área, o que permite a semeadura no período recomendado. O objetivo do trabalho foi avaliar a interferência de diferentes manejos após a colheita em áreas cultivadas com arroz irrigado na redução da viabilidade de sementes de arroz vermelho. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial, sendo o fator A composto por: [1] lâmina de água permanente, [2] incorporação da palha com preparo do solo seco logo após a colheita do arroz, [3] incorporação da palha com preparo do solo alagado após a colheita, [4] incorporação da palha com o solo seco somente em julho, [5] incorporação da palha com solo alagado logo após a colheita e gradagem da área em julho com solo seco, [6] incorporação da palha com solo seco logo após a colheita e gradagem da área em julho com solo seco, [7] sem incorporação. O fator B foi composto pelas diferentes épocas de amostragem do arroz vermelho no banco de sementes. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições. No tratamento com lâmina de água permanente ocorreu redução de sementes dormentes e inviáveis no decorrer do tempo para aquelas sementes que permaneceram na superfície do solo. O tratamento sem preparo de solo também apresentou redução de 49% das sementes dormentes entre a primeira e a última amostragem. O preparo do solo seco logo após a colheita e o preparo do solo em julho com solo seco não tiveram efeito significativo na redução da percentagem de sementes dormentes e sementes inviáveis. Para o preparo após a colheita com solo alagado e preparo após a colheita com solo alagado e em julho com solo seco, houve redução significativa na dormência e estímulo à germinação e à inviabilização das sementes de arroz vermelho. Estes manejos proporcionaram também que a palha entrasse em contato com o solo e seus decompositores, o que reduziu a quantidade de matéria seca e,

dessa forma, facilita a entrada de máquinas na área e a semeadura antecipada do arroz na época preferencial.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, manejo do solo, planta daninha.

Abstract

The incorporation of straw after the rice harvest in areas with the presence of red rice difficults the reduction of seed bank of this weed, on the other hand, it facilitates the decomposition of straw and advance the preparation of the area, which allows the sowing in the recommended period. The objective of this work was to assess the interference of different management after harvest in cultivated areas with rice in reducing the viability of seeds of red rice. Treatments were arranged in a factorial design: the first factor was composed of [1] standing water level, [2] straw incorporation with dry tillage soon after the rice harvest, [3] straw incorporation in flooded soil tillage after harvest, [4] straw incorporation with dry soil only in July, [5] straw incorporation with soaked soil immediately after harvest and disking the area in July with dry soil, [6] with straw incorporation in dry soil immediately after harvest and disking the area in July with dry soil, [7] without incorporation. Factor B was composed of various sampling periods of red rice in the seed bank. The experimental design of blocks was performed at random, with split plot with four replications. For the treatment with water depth the reduction of dormant seeds was permanent and viable over time for the seeds that remained on the soil surface. The treatment without tillage also reduced to 49% of dormant seeds between the first and last sampling. The preparation of dry soil after harvest and tillage in July with dry soil did not reduce significantly the percentage of dormant seeds and seed number. The preparation after the harvest with flooding and preparation after the harvest with flooding and in July with dry soil, there was a significant reduction in the dormancy and the germination stimulation of seeds and the impracticability of red rice. These management practices also provided that the straw came in contact with the ground and their decomposers, which reduced the amount of dry matter, facilitating the entrance of machinery in the area and planting rice in early season choice.

Keywords: *Oryza sativa*, soil management, weed.

Introdução

A produtividade de arroz no Rio Grande do Sul elevou-se em cerca de duas toneladas por hectare na última década. É um desempenho destacado ao redor do mundo, obtido com a utilização tecnicamente adequada de um conjunto de práticas de manejo. Dentre as principais práticas, está o ajuste da época de semeadura, com o propósito de obter o máximo aproveitamento da insolação incidente durante o período de maior resposta da cultura à radiação solar (SOSBAI, 2007). Entretanto, algumas regiões produtoras do Estado têm dificuldade de operacionalizar esta prática, já que para realizar a semeadura na melhor época é necessário o preparo antecipado do solo e a drenagem da área. Além da dificuldade de drenagem, o excesso de palha produzido pelo arroz retarda a entrada de máquinas na área para realização do preparo do solo e, com isso, pode ocorrer atraso na semeadura do arroz. Assim, o manejo após a colheita da área tem como premissas a regularização da superfície do terreno, a aceleração da decomposição da palha do arroz e o estabelecimento de facilidades de drenagem da área.

Associado à dificuldade do preparo da área em decorrência dos restos culturais, ocorre, em muitas áreas, a problemática da infestação de arroz vermelho, já que as sementes desta invasora têm capacidade de permanecer viáveis no solo por períodos de até 12 anos SMITH JUNIOR (1992). Por outro lado, NOLDIN (1995) e PESKE et al. (1997), caracterizando a longevidade de sementes de arroz vermelho, citam percentuais de germinação inferiores a 5 % de sementes viáveis após dois anos. Tendo a exposição da semente na superfície do solo um fator importante na redução da sua viabilidade, em virtude das alterações que ocorrem na membrana celular das sementes.

Alterações de luminosidade, de temperatura e de umidade do solo em função da quantidade de palha influenciam diretamente a quebra de dormência de sementes. A temperatura é um dos principais fatores que rege as mudanças no banco de sementes e a dormência em condições de campo. Ela está relacionada com a germinação de sementes, como por exemplo, mudanças na amplitude térmica e no potencial hídrico, além da sensibilidade das sementes à luz e a temperaturas alternadas (BATLLA & BENECH-ARNOLD 2007).

Além do efeito da dormência, característico do arroz vermelho, a persistência no solo pode ser favorecida devido à distribuição das sementes no perfil do solo pela frequência de

preparo (LINDQUIST & MAXWELL, 1991), uma vez que o arroz vermelho tem a capacidade de emergir em solos arenosos na profundidade de até 16 cm (HELPERT, 1978).

Nesse sentido, dependendo da prática utilizada no manejo pós colheita da palha, pode-se estar contribuindo para manutenção do banco de sementes e, conseqüentemente, dificultando seu controle. Em trabalho realizado por FOGLIATTO et al. (2010), onde a área foi mantida sob inundação no período pós colheita, houve germinação de 50% da população de arroz vermelho aos 56 dias. Por outro lado, quando mantiveram o solo seco, as sementes levaram 156 dias para atingir 50 % de germinação.

Com isso, a incorporação da palha logo após a colheita pode aumentar a população de plantas daninhas, pois poderá estimular a emergência no início da primavera, momento em que é realizada a semeadura (BIRD et al., 2002). A palha sobre o solo dificulta a emergência e/ou crescimento de várias espécies daninhas, devido ao efeito físico de sombreamento, à redução da amplitude térmica do solo (SEVERINO & CHISTOFFOLETI, 2001) e ao aumento da população de microrganismos que podem infectar as sementes de plantas daninhas.

A manutenção de sementes sobre o solo após a colheita pode ser um fator importante na redução da viabilidade germinativa, pois estas sementes sofreriam com o regime de umidade e a oscilação térmica. Neste sentido, essas variações atuariam diretamente no sistema de membranas, alterando a sua integridade, a qual é vital para a semente (MARCOS FILHO 2005).

O mesmo autor cita que a desorganização das membranas verificada durante a desidratação provoca alteração na estrutura de lipídios e proteínas, que ocasiona perda da permeabilidade seletiva e liberação de parte do conteúdo celular após a reidratação. A perda desses compostos provoca a progressiva inativação de enzimas, causando as rupturas do DNA e RNA, o que altera lentamente o funcionamento da célula impedindo a divisão e o alongamento celular levando a morte da semente.

Todavia, a dormência de sementes de plantas daninhas é muito mais complexa e depende dos estímulos ambientais durante o processo de maturação das sementes, assim como daqueles predominantes após o desligamento das sementes da planta-mãe. Muitas vezes, os fatores que atuam no estabelecimento da dormência são os mesmos que coordenam o processo de germinação. Exemplo disso é a relação que existe entre o ácido giberélico (GA) e abscísico (ABA), pois um atua na quebra de dormência e o outro na indução, porém o que vai determinar a superação da dormência vai ser a relação existente entre estas concentrações

(VIVIAN et al., 2008; GIANINETTI et al., 2008). Essa relação sofre influência da posição em que a sementes se encontra na planta, momento em que a sementes se desligou da planta, período de floração e da temperatura do ar no enchimento de grão. A temperatura é responsável pela velocidade de enchimento de grão que, conseqüentemente afeta a relação entre o GA e ABA que influencia na intensidade da dormência (GUO et al 2004). Em muitos casos, a época de floração e os sistemas de cultivo podem afetar a dinâmica e a intensidade de superação da dormência, afetando, portanto, a velocidade e a intensidade de infestação de espécies de plantas daninhas (GHERSA et al., 1997).

Nesse sentido, a hipótese desenvolvida no presente trabalho é que o manejo do solo pós colheita com o solo alagado em áreas infestadas com arroz vermelho atue na inviabilização do maior número de sementes dessa planta daninha, possibilitando, conjuntamente, a semeadura no período preferencial. Com isso, o objetivo desse trabalho foi avaliar a interferência de diferentes manejos pós colheita em áreas cultivadas com arroz irrigado na evolução do banco de sementes de arroz vermelho, visando identificar o manejo pós colheita com maior influência sobre a redução do banco de sementes de arroz vermelho.

Material e Métodos

O experimento foi instalado a campo, em uma área de várzea sistematizada localizada na área experimental do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), município de Santa Maria - RS, nos anos de 2009 e 2010. O clima da região fisiográfica da Depressão Central do Rio Grande do Sul enquadra-se na classe “Cfa”, subtropical úmido, de acordo com a classificação climática de Köppen (MORENO, 1961), com precipitação pluvial média de 1.616 mm ao ano e altitude de 95 m. O solo do local de instalação do experimento é classificado como Planossolo Háptico eutrófico arênico (EMBRAPA, 2006).

Para obtenção do banco de sementes foi semeado arroz cultivado nos mesmos anos de condução do ensaio, em área infestada com arroz vermelho. O arroz cultivado foi colhido com umidade inferior a 15% para possibilitar o degrane natural do arroz vermelho e do arroz cultivado e, conseqüentemente, o abastecimento do banco de sementes do solo.

A semeadura do arroz convencional, nos dois anos, foi realizada com adubação de base de 12,5 kg ha⁻¹ de N, 37,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 75 kg ha⁻¹ de K₂O. A adubação nitrogenada de cobertura foi composta de 90 kg ha⁻¹ de N dividido em duas épocas: 1ª aplicação - estádio

vegetativo V3-V4, foram aplicados 50 kg ha⁻¹ de N (um dia antes do início da irrigação) e a 2ª aplicação - início da diferenciação do primórdio floral - R0, onde foram aplicados 40 kg ha⁻¹ de N, utilizando uréia como fonte do nutriente. Foi utilizada a escala de COUNCE et al. (2000) para descrever os estádios de desenvolvimento do arroz.

Os tratamentos utilizados neste experimento foram compostos por diferentes manejos do solo após a colheita do arroz irrigado (Tabela 1.1). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições, onde cada unidade experimental apresentava área total de 75 m² (15 x 5m), sendo os tratamentos alocados nas mesmas unidades experimentais durante os dois anos de condução do experimento. O fator A foi composto pelos preparos do solo após a colheita e estavam alocados nas parcelas principais.

Tabela 1.1- Manejo do solo após a colheita do arroz irrigado. Santa Maria-RS, 2011.

Tratamentos	Descrição
1- Lâmina de água	Lâmina de água permanente por todo período de entre safra, sem incorporação da palha de arroz
2- Preparo pós colheita com solo seco	Incorporação da palha de arroz com preparo do solo seco logo após a colheita
3- Preparo pós colheita com solo alagado	Incorporação da palha de arroz com preparo do solo alagado após a colheita
4- Preparo do solo seco em julho	Incorporação da palha de arroz com o solo seco somente em julho
5- Preparo pós colheita solo alagado e em julho com solo seco	Incorporação da palha de arroz com solo alagado logo após a colheita e gradagem da área em julho com solo seco
6- Preparo pós colheita e em julho com solo seco	Incorporação da palha de arroz com solo seco logo após a colheita e gradagem da área em julho com solo seco
7- Sem preparo de solo	Sem incorporação da palha de arroz

Já os níveis do fator B foram os momentos de coleta do banco de sementes de arroz vermelho após a colheita (0, 30, 60, 90, 120, 150 dias após a aplicação dos tratamentos

(DAAT) e estavam alocados nas subparcelas. Os anos foram avaliados separadamente e os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F.

A aplicação dos tratamentos foi realizada com o preparo do solo em duas épocas a cada ano, a primeira denominada manejo pós colheita, realizada após a colheita e a segunda denominada manejo de julho, realizado aproximadamente após três meses após a colheita. As datas do preparo pós colheita (preparo inicial) para o primeiro e segundo ano foram, 11/5/2009 (10 dias após a colheita) e 3/5/2010 (8 dias após a colheita). Já os manejos de julho foram realizados em 29/7/2009 e 10/8/2010 para o primeiro e segundo ano, respectivamente.

A partir do preparo após a colheita (aplicação dos tratamentos) foram realizadas coletas mensais de solo para avaliar o efeito dos tratamentos nas sementes de arroz vermelho. No primeiro anos realizou as amostragens de solo no período de 11/05/2009 à 18/10/2009 e para o segundo ano a partir de 03/05/2010 à 10/10/2010 sendo feita as amostragens aos 0, 30, 60, 90, 120, 150 dias após a aplicação dos tratamentos (DAAT).

Para o tratamento que manteve lâmina de água permanente, à medida que ocorria a infiltração e evaporação, a lâmina de água era repostada, mantendo entre 5 a 10 cm. Porém, aproximadamente 30 a 40 dias antes da última coleta de solo (11/09/2009 e 06/09/2010) drenou-se as unidades experimentais.

Para avaliação do banco de sementes, inicialmente foi demarcada duas áreas amostrais (0,25 x 0,25m), para cada unidade experimental, totalizando 0,125m² por tratamento em cada repetição, sendo efetuada a média das duas áreas amostrais para composição do banco de sementes. Posteriormente à demarcação das áreas, as coletas de solo foram realizadas em torno de 7 a 10 cm de profundidade, para avaliação do número de sementes germinadas, dormentes e inviáveis. O termo sementes germinadas refere-se às plantas de arroz vermelho provenientes do banco de sementes. As áreas demarcadas foram avaliadas mensalmente. À medida que o solo era coletado na área demarcada, demarcava-se novamente outra área para posterior coleta.

O volume de solo analisado para cada tratamento em cada data de coleta era composto de, aproximadamente, 0,05 m³ de solo. Para os tratamentos sem revolvimento do solo, com preparo do solo em julho e aquele que manteve a lâmina de água permanente, foram avaliadas as sementes sobre a superfície do solo e as que estavam no perfil do solo (0-10 cm). Nos demais tratamentos em que havia revolvimento do solo, somente foram consideradas as sementes encontradas na camada de 0 a 10 cm de profundidade.

Após a coleta, as amostras de solo eram lavadas em água corrente e peneiradas em malha de 2 mm, restando assim somente as sementes. O número de sementes encontrado em cada amostra foi representado como porcentagem do total de sementes de cada amostra. Desta forma, o somatório das sementes dormentes, inviáveis e plântulas de arroz vermelho totalizavam 100%.

Posteriormente à lavagem do solo e à separação das sementes, foi realizada a análise de viabilidade através do teste de tetrazólio em todos os tratamentos. O teste de tetrazólio consiste na determinação da capacidade germinativa pela coloração do embrião (RAS, 2009). Para tanto, é utilizado o sal 2,3,5 trifeniltetrazólio (TTC), na concentração de 0,2%, sendo necessário o ajuste do pH da solução em torno de 6 a 8, para que ocorra melhor coloração das sementes.

O número de sementes avaliadas em cada tratamento foi variável com a infestação do banco de sementes por tratamento (Tabela 1.2). As sementes foram preparadas para que a solução de tetrazólio entrasse em contato com o embrião. Dessa forma, foi necessário a remoção da pálea e da lema das sementes e, após embebidas em água destilada por um período de 8 horas, as sementes entravam em contato com a solução de tetrazólio por 4 horas à uma temperatura de 35°C. Após a coloração, a solução de tetrazólio era drenada e as sementes lavadas em água corrente para estacionar o processo.

As sementes foram avaliadas uma a uma e classificadas em viáveis e não viáveis. As sementes viáveis foram consideradas dormentes. Com isso, o banco de sementes foi estratificado da seguinte forma: sementes inviáveis, sementes germinadas, que aqui são denominadas plântulas, e as sementes viáveis que eram consideradas sementes dormentes. Os critérios para a interpretação da viabilidade das sementes foram baseados no estudo das partes vitais do embrião, na tonalidade e uniformidade da coloração. As estruturas observadas nas sementes no teste de tetrazólio foram aquelas presentes na região do embrião composta pelo escutelo, coleótilo, plúmula, raiz seminal, radícula e coleorriza (RAS, 2009).

Tabela 1.2- Número total de sementes de arroz vermelho avaliadas pelo teste de tetrazólio em cada data de amostragem de solo. Santa Maria, RS. 2011.

Ano	Datas de amostragem após a aplicação dos tratamentos						Total
	0	30	60	90	120	150	
2009 (ano I)	12.795	9.206	8.235	9.344	7.832	14.025	61.436
2010 (ano II)	9.936	12.469	9.392	6.335	7.067	6.485	51.684
Total	22.731	21.675	17.627	15.679	14.899	20.510	113.120

Os dados de temperatura do solo foram coletados por meio de um sensor específico para temperatura do solo (probe 108) localizado à profundidade de 3 a 5 cm e ligado a um datalogger, que a cada 5 segundos realizava uma leitura, armazenando a temperatura média de cada hora. Apenas os tratamentos com dois preparos em solo seco, com preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco e o tratamento sem preparo do solo foram monitorados.

Para os dados de precipitação e temperatura do ar os resultados foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (<http://www.inmet.gov.br>), já que a estação meteorológica que monitora e envia os dados meteorológicos da região de Santa Maria está localizada a aproximadamente 600 m do local do ensaio.

As variáveis analisadas de percentagem de sementes dormentes, inviáveis e plântulas de arroz vermelho foram submetidas à análise dos outliers os quais são valores que apresentam grande afastamento do restante dos dados. Esta análise foi realizada através do programa SPSS v.14 pelo teste de Box-plot. Após, os dados foram submetidos ao teste das pressuposições do modelo matemático (normalidade e homogeneidade das variâncias pelo teste de liliefor). Para o fator A, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$) e para o fator B seus resultados foram ajustados em equações pela análise de regressão.

Para os resultados que não atenderam as pressuposições de normalidade e homogeneidade das variâncias foram utilizadas transformações. Os dados de sementes dormentes e inviáveis foram transformados para $yt = \sqrt{y}$ e os demais dados de percentagem de plantas para $yt = \sqrt{(y) + 0,5}$.

Resultados e Discussão

Ano 2009 (ano I)

Sementes da superfície do solo-

Houve diferenças significativas no banco de sementes, em relação aos preparos de solo ao longo do tempo. No tratamento com lâmina de água permanente, ocorreu redução da porcentagem de sementes dormentes e inviáveis no decorrer do tempo para aquelas sementes que permaneceram na superfície do solo (Figura 1.1 A, ano 1) demonstrando ter um comportamento quadrático ao longo do tempo. A redução da dormência foi significativa quando se compara o período de, 150 dias após a aplicação dos tratamentos (DAAT), com diminuição de 69% entre o dia da colheita (0 DAAT) e 150 dias após (Tabela 1.3). Provavelmente, este resultado está atrelado ao fato de que, a partir dos 120 DAAT, ocorreu aumento significativo da porcentagem de sementes germinadas, as quais formaram plantas, em detrimento da diminuição da dormência das sementes. Essa germinação, a partir de 120 DAAT, está intimamente associada à drenagem da água desse tratamento, o que possibilitou, em um curto período de tempo, condições de temperatura e oxigênio no solo para promover a germinação das sementes. Segundo VEASEY et al. (2004), períodos de 60 a 120 dias após a colheita (DAC) são suficientes para que o arroz vermelho supere a dormência, porém, é dependente das condições de temperatura e umidade. Neste sentido, estudos desenvolvidos por VIDOTTO & FERRERO (2000) revelaram que as sementes de arroz vermelho a campo atingem o máximo potencial germinativo aos 153 DAC em ambiente seco. Por outro lado, a germinação de uma população de arroz vermelho que permaneceu sob lâmina de água apresentou 95% de germinação após 136 dias (FOGLIATTO et al. 2010)

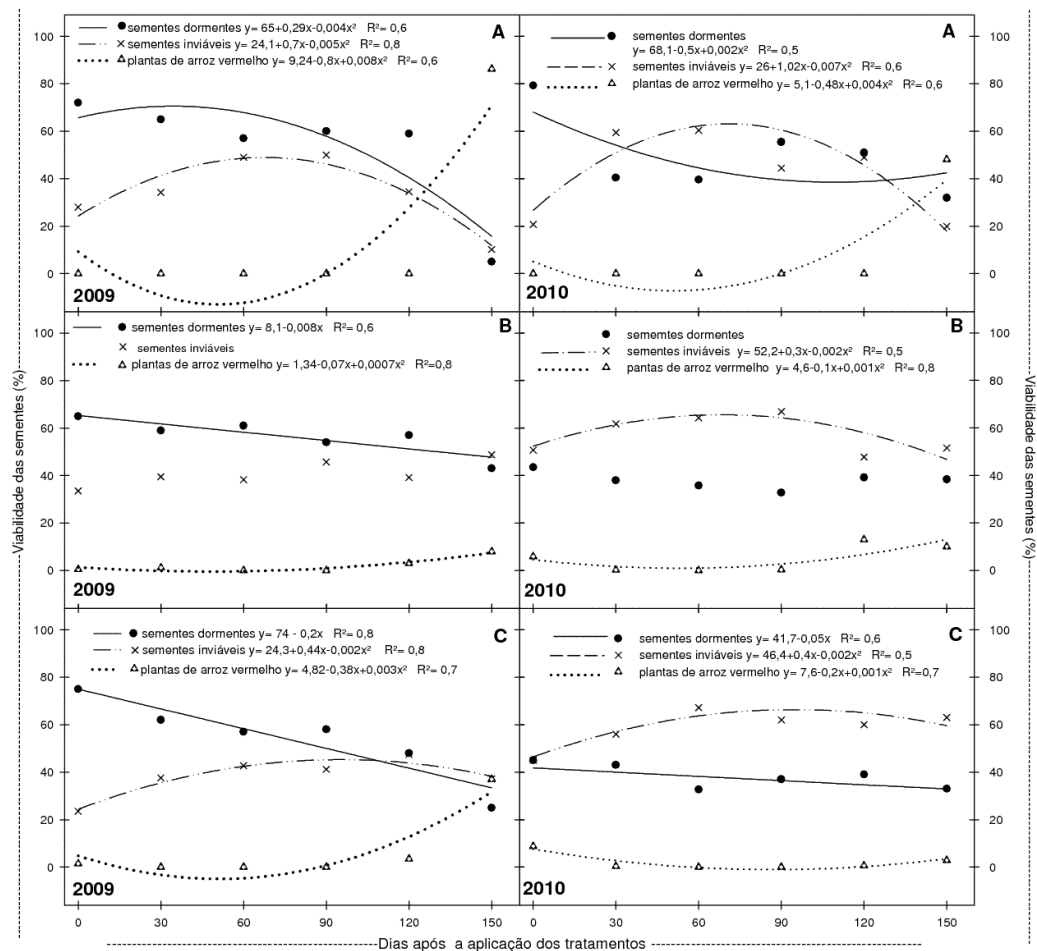


Figura 1.1- Percentagem de sementes dormentes, inviáveis e plantas de arroz vermelho na superfície do solo nos tratamentos com lâmina de água permanente (A), com preparo em julho (B) e sem preparo de solo (C) durante os anos de 2009 e 2010. Santa Maria-RS, 2011.

A maior redução na dormência das sementes foi obtida com o tratamento com lâmina de água permanente (Tabela 1.3), porém, não houve diferença significativa no percentual de sementes inviáveis até aos 120 DAAT. A partir desta data, o efeito da retirada da lâmina de água e o surgimento de condições para germinação, este tratamento demonstrou o menor percentual de sementes inviáveis.

Embora o período pós colheita seja de temperaturas baixas (APÊNDICE 1), as quais dificultam a superação da dormência, o período avaliado foi suficiente para superação da dormência das sementes que permaneceram sob lâmina de água. Em ambiente anaeróbico, algumas alterações podem ocorrer no metabolismo da semente, que pode levar à superação da dormência. Nesse tipo de ambiente, há um aumento na produção de etanol nas células (MAGNESCHI et al., 2009). A maior concentração de etanol nas células e sua relação de lipofilicidade aumentam a desordem na parede celular, que resulta em maior fluidificação da membrana, o que é comparável ao efeito de aumento de temperatura (HALLETT & BEWLEY 2002). No entanto o efeito da temperatura faz com que ocorra na membrana celular a mudança de estado cristalino líquido para gel, à medida que reduz a temperatura. Quando ocorre a transição do estado líquido para um estado amorfo (gel) de consistência mais rígida, o citoplasma assumiria uma consistência de alta viscosidade, suficiente para diminuir ou dificultar reações químicas que exigem difusão molecular para garantir a estabilidade das células (MARCOS FILHO 2005). Dessa forma, essas modificações que ocorrem na membrana em ambiente anaeróbico, podem ter favorecido a superação da dormência neste tratamento.

O tratamento sem preparo de solo (Figura 1.1 C, 2009) também apresentou redução linear na percentagem de sementes dormentes no decorrer dos 150 DAAT, onde na última coleta, 25% das sementes se encontravam dormentes, uma redução de 49% entre a primeira (0 DAAT) e a última coleta (150DAAT).

O tratamento sem preparo do solo apresentou 49% menos plantas de arroz vermelho quando comparado ao tratamento com lâmina de água permanente aos 150 DAAT (Tabela 1.3). Além disso, o surgimento de plantas de arroz vermelho ocorreu em dois períodos neste tratamento, aos 30 DAAT, e a partir dos 120 DAAT, porém com menor intensidade que o tratamento com água. Possivelmente, a germinação que ocorreu aos 30 DAAT está relacionada aos diferentes graus de dormência das sementes que se encontram na mesma planta, pois, segundo FINCH-SAVAGE (2006), a dormência pode estar associada à existência de diferenças de germinabilidade das sementes em função da posição da semente na planta.

Possivelmente as sementes de arroz vermelho que germinaram, nos primeiros 30 DAAT foram sementes que degranaram precocemente e sofreram com oscilações térmicas e de umidade na superfície do solo, estimulando assim a germinação. Aos 120 DAAT, o restante das sementes já teria superado a dormência e apenas aguardavam por condições ambientais favoráveis à germinação.

Deve-se salientar que esses picos de germinação (Figura 1.1 C), principalmente logo após a colheita (30 DAAT), só foram possíveis em função da ausência de preparo do solo, já que esse manejo permite que as sementes permaneçam na superfície do solo e com isso, sofram com a maior amplitude térmica, causando a superação da dormência e posterior germinação e/ou inviabilização das mesmas. É importante salientar que, nesse tratamento, a dormência diminuiu ao longo do tempo em função do aumento do número de sementes inviáveis e número de plantas germinadas, diferentemente do tratamento com água permanente, que não teve influência sobre as sementes inviáveis, apenas germinadas (Tabela 1.3). Nesse tratamento, houve crescimento gradual de forma quadrática na porcentagem de sementes inviáveis até os 150 DAAT, atingindo valores próximos a 40% de sementes inviáveis na superfície do solo nesse momento.

Embora as sementes tenham sofrido redução linear da dormência quando permaneceram sobre a superfície do solo, em um período com baixas temperaturas, a maior redução ocorreu a partir dos 120 DAAT quando as temperaturas do solo ultrapassaram os 15°C, demonstrando que esse resultado está intimamente ligado às alterações do clima e à população de arroz vermelho existente na área, pois sementes de arroz vermelho são induzidas à dormência secundária quando expostas a temperatura superior a 6,8°C e inferiores a 15°C (GIANINETTI et al., 2008).

Para o tratamento com preparo do solo em julho com solo seco (Figura 1.1 B, 2009), houve pequena amplitude na redução das sementes dormentes (22%), sendo esse o manejo que apresentou a menor redução na dormência das sementes e, conseqüentemente, menor porcentagem de plantas (Tabela 1.3). Este comportamento está relacionado ao preparo do solo, pois, no início do período avaliado, as sementes encontravam-se na superfície do solo, sujeitas as variações de umidade e temperatura. Entretanto, a partir do final do mês de julho (90 DAAT) foi realizado o preparo do solo e, conseqüentemente, o enterrio dessas sementes, promovendo a mudança de um ambiente de grandes oscilações de umidade e temperatura para uma condição mais homogênea.

Essas variações de umidade nas sementes proporcionam alternância da conformação da membrana plasmática, que é formada por fosfolipídios e proteínas dispostas em uma camada fluida. As membranas, quando aquecidas pelo aumento da temperatura, podem passar à fase líquida, liberando pequenas quantidades de exsudatos com a hidratação. Por outro lado, quando a hidratação ocorre com temperaturas baixas, a membrana se encontra no estado de gel e maiores quantidades de exsudatos são liberados. Em função disso, os danos na semente são intensos em condições de temperaturas mais baixas (MARCOS FILHO, 2005). Assim, se por um lado as sementes que estavam na superfície do solo tinham suas membranas degeneradas à medida que sofriam com as oscilações de temperatura e umidade, por outro lado, após o preparo do solo, os efeitos negativos da degradação das membranas pelos ciclos de umedecimento e secagem foram minimizados pela profundidade de enterrio das sementes, pois manteve a homogeneidade das condições ambientais.

Esse tratamento não apresentou diferença significativa para a inviabilização das sementes durante o período avaliado, demonstrando dificuldade na redução do banco de sementes, pois incorpora grande quantidade de sementes a uma profundidade variada (0 – 15 cm) em um período com temperaturas baixas inadequadas ao processo germinativo. Mesmo assim, foi semelhante, na última coleta, ao comportamento do tratamento sem preparo de solo (Tabela 1.3).

Em uma visão geral dos resultados, é importante salientar que embora o tratamento com lâmina de água permanente tenha maior efeito sobre a redução na dormência das sementes e a maior percentagem de germinação de plantas, deve se buscar o manejo que atue na inviabilização das sementes antes da formação das plântulas. Desta forma, o manejo com lâmina de água permanente deve vir associado a um efetivo controle das plântulas emergidas após a drenagem da água.

Tabela 1.3- Percentagem de sementes dormentes, inviáveis e plântulas de arroz vermelho na superfície do solo durante o período de coleta no ano de 2009, nos tratamentos com lâmina permanente de água, preparo do solo em julho e sem preparo de solo. Santa Maria- RS, 2011.

Sementes dormentes de arroz vermelho na superfície do solo (%)						
Tratamentos	Dias após a aplicação dos tratamentos					
	0	30	60	90	120	150
Lâmina de água	72 ^{ns}	65 ^{ns}	51 ^{ns}	49 ^{ns}	55 ^{ns}	3c*
Preparo solo seco em julho	65	59	61	54	57	43a
Sem preparo do solo	74	63	57	58	49	25b
CV(%)	29					
Sementes inviáveis de arroz vermelho na superfície do solo (%)						
Lâmina de água	28 ^{ns}	35 ^{ns}	49 ^{ns}	51 ^{ns}	45 ^{ns}	11 b
Preparo solo seco em julho	34	39	39	46	40	48 a
Sem preparo do solo	24	37	43	42	47	38 a
CV(%)	29					
Plântulas de arroz vermelho na superfície do solo (%)						
Lâmina de água	0 ^{ns}	0 ^{ns}	0 ^{ns}	0 ^{ns}	0 ^{ns}	86 a
Preparo solo seco em julho	1	2	0	0	3	8 b
Sem preparo do solo	2	0	0	0	4	37 b
CV(%)	29					

* Médias seguidas da mesma letra minúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey (P≤0,05).

^{ns} Teste F não significativo (p≤0,05)

No contexto atual da lavoura de arroz do RS, buscaram-se cada vez mais semeaduras antecipadas focando o período preferencial (outubro). No entanto, o tratamento com permanência de lâmina de água pode dificultar semeaduras precoces muito próximas da retirada da água e elevações da temperatura do solo, pois, nesse caso, o arroz vermelho germinaria juntamente com o arroz cultivado. Por outro lado, cabe ressaltar aqui também a relação ambiental deste tratamento, onde a manutenção da lâmina de água ou a drenagem tem um forte impacto no ambiente devido ao custo energético para manutenção da lâmina e o

despejo dos sólidos em suspensão carregados pela água. Neste sentido convém relatar que no primeiro ano foram realizadas apenas três reposições de água e no segundo ano apenas uma, onde o baixo volume de água utilizado foi devido ao período de inverno com menor demanda evaporativa e precipitações frequentes.

Por outro lado, o tratamento sem preparo de solo possibilita gradualmente a redução da dormência e inviabilização das sementes, pois permite que as oscilações climáticas alterem o estado de semente dormente para semente inviável. Além disso, este manejo possibilita a emergência de plantas em períodos distintos, em função da temperatura.

Sementes no perfil de 0-10 cm-

Nas figuras 1.2 e 1.3 são apresentadas as percentagens de sementes dormentes, inviáveis e de plântulas do banco de sementes na camada de 0-10 cm de profundidade. Para o tratamento com lâmina de água permanente durante o período de pós colheita (Figura 1.2 A, 2009), o comportamento das sementes dormentes, inviáveis e de plantas de 0 a 10 cm (banco de sementes) foi semelhante àquelas que permaneceram na superfície do solo (Figura 1.1 A, 2009), sendo evidente o mesmo efeito da água nas sementes em diferentes profundidades, onde aos 150 DAAT, após a retirada da água, observou-se 77% de sementes germinadas (Tabela 1.3).

O preparo do solo seco logo após a colheita (Figura 1.3, A 2009) e o preparo do solo em julho com solo seco (Figura 1.2 B 2009) não tiveram efeito significativo na redução da percentagem de sementes dormentes e sementes inviáveis, ao longo do tempo, pois nenhuma equação ajustou-se aos resultados. Para o preparo após a colheita com solo alagado (Figura 1.3 C, 2009) e preparo após a colheita com solo alagado e em julho com solo seco (Figura 1.3 D, 2009), apresentou comportamento quadrático na redução da dormência das sementes, e a partir dos 120 DAAT houve o aumento no surgimento de plântulas.

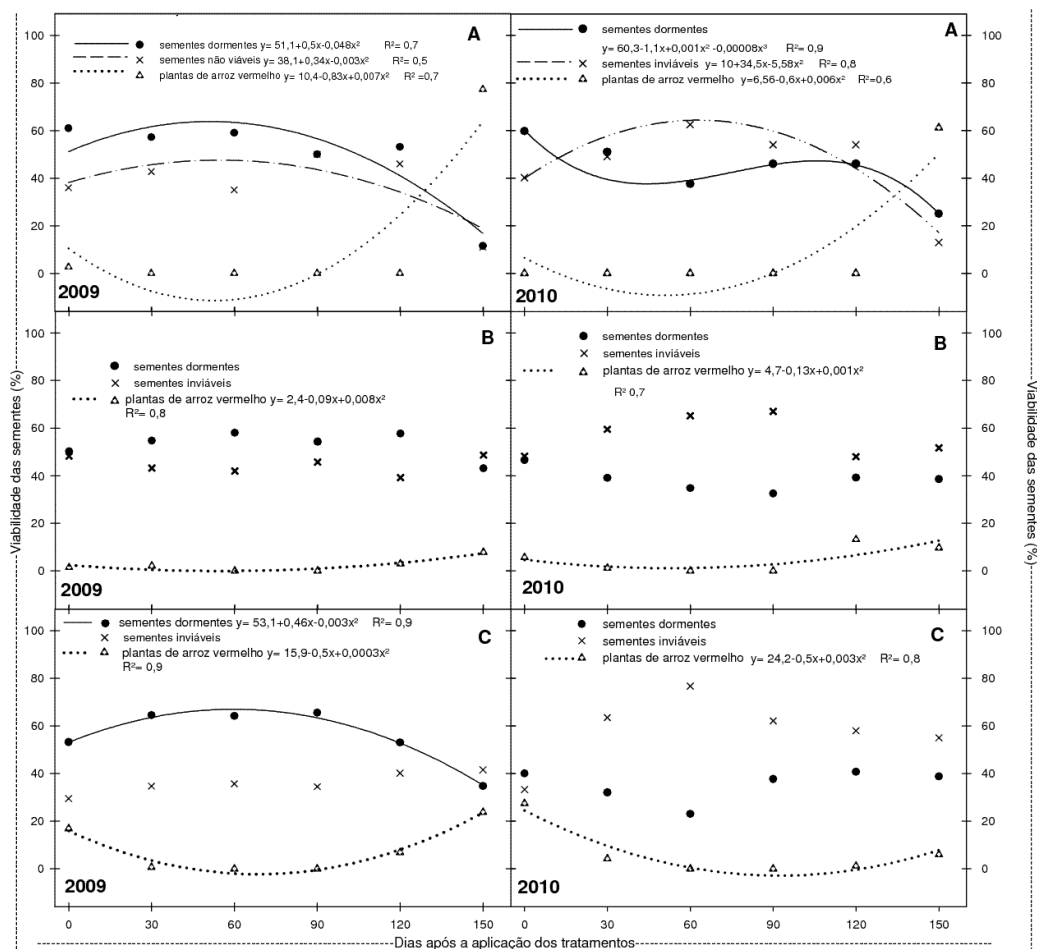


Figura 1.2- Percentagem de sementes dormentes, inviáveis e plântulas de arroz vermelho na camada de 0-10 cm de profundidade nos tratamentos com lâmina de água permanente (A), com preparo de solo seco em julho (B) e sem preparo de solo (C) nos anos de 2009 e 2010. Santa Maria-RS, 2011.

Nesses tratamentos, uma semi-incorporação da palha foi realizada com água através do rolo faca, o que facilita a sua decomposição pelo maior contato da palha com o solo, apesar dessa incorporação ser apenas superficial. Com isso, as sementes são incorporadas superficialmente ao solo e são passíveis de sofrerem com as oscilações de temperatura e umidade e perderem a sua dormência e viabilidade mais facilmente.

O preparo pós colheita e em julho com solo seco (figura 1.3 B, 2009) reduziu a dormência das sementes em 27% dentro dos 150 dias avaliados, sendo menos eficiente apenas do que o preparo com água permanente, o qual reduziu em 50% a dormência das sementes

(Tabela 1.4, 0-10 cm, 2009). Essa diminuição do número de sementes dormentes ocorreu devido o aumento da inviabilização das sementes ao longo de todo o período, ocorrendo assim, uma baixa percentagem de germinação das sementes (plantas) ao longo das avaliações. Mesmo assim, esse é um tratamento que proporciona a incorporação de grande quantidade de sementes.

A diferença que ocorreu na dormência das sementes, quando realizado um preparo ou dois preparos com solo seco (Figura 1.3 A e B, 2009). Embora se acredite que, nestes manejos, ocorra maior dificuldade no controle de arroz vermelho devido à emergência desuniforme, pode-se observar que, para as condições ambientais vigentes no ano avaliado, dois preparos de solo reduzem significativamente a dormência (redução de 27%) comparada com apenas um preparo logo após a colheita.

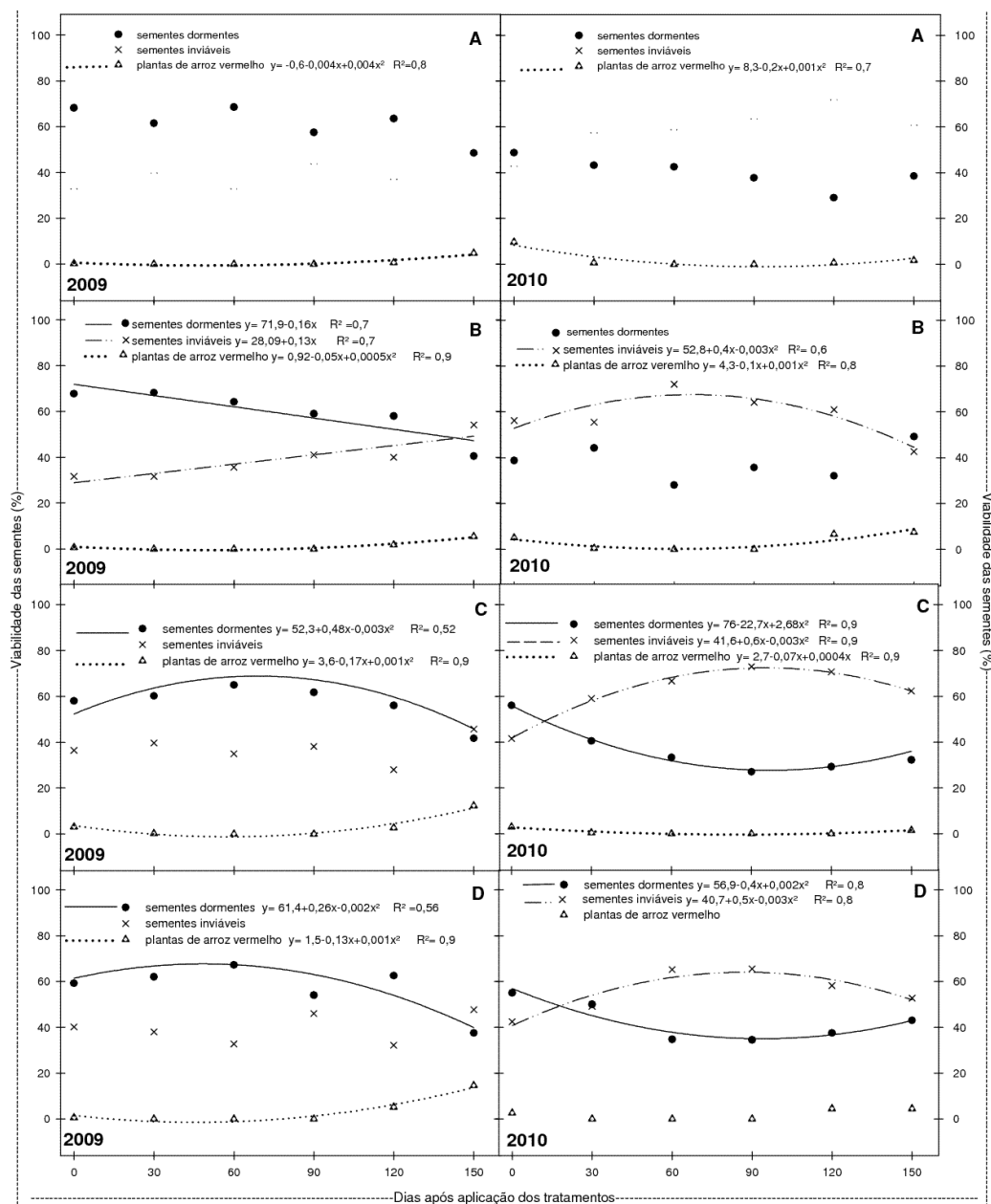


Figura 1.3- Percentagem de sementes dormentes, inviáveis e plantas de arroz vermelho na camada de 0-10 cm de profundidade nos tratamentos com preparo de solo seco após a colheita (A), após a colheita e em julho com solo seco (B), após a colheita com solo alagado (C) e após a colheita com solo alagado e em julho com solo seco (D) nos anos de 2009 e 2010. Santa Maria-RS, 2011.

O revolvimento do solo proporciona maior difusão de gases essenciais para germinação, além das sementes sofrerem estímulos luminosos nos seus fitocromos, enquanto as sementes velhas que já haviam superado a dormência recebem os estímulos necessários à germinação e passam de sementes dormentes a plantas ou a sementes inviáveis. Já as sementes que sofreram com apenas um preparo de solo não recebem estímulo suficiente para germinar e, assim, mantêm sua dormência. Além disso, os aceptores de hormônios estão localizados nas membranas das sementes e a influência de fatores que modificam a estrutura da membrana irá alterar a interação hormônio/aceptor. Portanto, a redução do teor de água, da temperatura e da luminosidade pode substituir o efeito de certos hormônios, causando assim a superação da dormência (MARCOS FILHO, 2005).

Por outro lado, quando o solo permaneceu sem preparo (Figura 1.2 C, 2009), apresentou comportamento quadrático na redução da dormência de sementes (redução de 20%); porém, sem o enterrio de sementes. Este resultado representa o comportamento normal de um sistema sem aporte anual de sementes, onde gradualmente a dormência é superada ocorrendo à germinação.

Diferentemente dos demais sistemas, o tratamento com preparo do solo em julho manteve um nível alto de dormência, possivelmente em função da contribuição das sementes incorporadas ao banco de sementes com o preparo do solo (figura 1.2 B e C, 2009).

Na comparação entre os tratamentos, em cada data de coleta (Tabela 1.4), apenas aos 150DAAT houve diferenças entre os tratamentos quanto à percentagem de sementes dormentes de 0-10 cm, sendo o tratamento com permanência de lâmina de água, o mais eficaz na redução da dormência das sementes (11%). Nesse mesmo tratamento, a porcentagem de sementes inviáveis foi a menor alcançada entre todos os preparos, demonstrando que esse tratamento não é eficaz na inviabilização das sementes. A diminuição da dormência e a menor porcentagem de sementes inviáveis foi reflexo do aumento de temperatura e da retirada da água que ocorreu nesse tratamento, fato este que estimulou a germinação de 77% do banco de sementes aos 150 DAAT.

A flutuação de temperatura entre 10 e 20 °C, segundo CHUNG et al. (2003), induz mais a emergência de plantas de arroz vermelho do que a constância de temperatura de 15 °C. Nesse sentido, pode-se observar, no APÊNDICE 1, que do período entre final de agosto e final de outubro, 90% do tempo a temperatura do solo oscilou entre 15 e 20 °C. Com base no relato de CHUNG et al. (2003), acredita-se que o fator temperatura foi a principal causa da superação da dormência e estímulo à germinação.

Tabela 1.4- Percentagem de sementes dormentes, inviáveis e plântulas de arroz vermelho na camada de solo de 0-10 cm de profundidade nos diferentes manejos pós colheita em diferentes períodos de amostragem para o ano de 2009. Santa Maria, RS. 2011.

Sementes dormentes de arroz vermelho do banco de sementes 0-10cm - (%)						
Tratamentos	Dias após a aplicação dos tratamentos					
	0	30	60	90	120	150
Lâmina de água	61 ^{ns}	57 ^{ns}	59 ^{ns}	50 ^{ns}	53 ^{ns}	11b
Preparo pós colheita c/solo seco	68	61	68	57	63	48a
Preparo pós colheita c/solo alagado	61	60	65	61	56	41 a
Preparo solo seco em julho	50	54	58	54	57	43 a
Preparo pos colheita c/ solo alagado + preparo em julho c/ solo seco	59	62	67	54	62	37 a
Preparo pós colheita e em julho c/ solo seco	67	68	64	59	58	40 a
Sem preparo do solo	54	64	64	65	53	34 a
CV(%)	25					
Sementes inviáveis de arroz vermelho do banco de sementes 0-10cm - (%)						
Lâmina de água	36 ^{ns}	42 ^{ns}	41 ^{ns}	50 ^{ns}	46 ^{ns}	11b
Preparo pós colheita c/solo seco	31	38	31	42	35	47 a
Preparo pós colheita c/solo alagado	36	39	35	38	41	46 a
Preparo solo seco em julho	48	43	42	45	39	49 a
Preparo pos colheita c/ solo alagado + preparo em julho c/ solo seco	40	38	32	46	32	48 a
Preparo pós colheita e em julho c/ solo seco	32	31	35	41	40	55 a
Sem preparo do solo	29	35	35	34	40	42 a
CV(%)	27					
Plantas de arroz vermelho do banco de sementes 0-10cm - (%)						
Lâmina de água	2,6 b	0 ^{ns}	0 ^{ns}	0 ^{ns}	0 c	77a
Preparo pós colheita c/solo seco	0,2 b	0	0	0	0,7 bc	4,8c
Preparo pós colheita c/solo alagado	3,1 b	0,1	0	0	2,7 abc	12,3c
Preparo solo seco em julho	1,5 b	2,1	0	0	3,1 abc	7,8c
Preparo pos colheita c/ solo alagado + preparo em julho c/ solo seco	0,6 b	0	0	0	5,2 ab	14,9bc
Preparo pós colheita e em julho c/ solo seco	0,6 b	0	0	0	1,8 abc	5,4c
Sem preparo do solo	16,9a	0,7	0	0	6,9 a	23,8b
CV(%)	47					

* Médias seguidas da mesma letra minúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey (P≤0,05).

^{ns} Teste F não significativo (p≤0,05)

Aos 150 DAAT, o tratamento sem preparo do solo foi o segundo com maior percentagem de plantas, assim como aos 0 DAAT. Este comportamento pode estar relacionado com a distribuição das sementes no perfil do solo, onde as sementes que estavam mais próximas da superfície tiveram condições ambientais para germinar. Por outro lado, os tratamentos onde o solo foi revolvido e ocorreu a inversão de camadas com a incorporação das sementes em diferentes profundidades, a falta de alternância da temperatura e/ou temperatura adequada foram às possíveis causas para o retardamento na superação da dormência, tornando estas sementes fontes futuras de infestação. A liberação da dormência das sementes de arroz vermelho tem correlação direta com a profundidade de enterrio (CHUNG et al., 2003), assim, quanto maior profundidade no solo em que a semente se encontra, maior será o período necessário para a superação da dormência.

A germinação e surgimento de plantas ocorreram após o período de inverno, a partir dos 120 DAAT, porém, com base na avaliação de temperatura do solo (APÊNDICE 1) foram necessários aproximadamente 27 dias (25/08 – 21/09) de temperatura do solo superior a 15 °C para ocorrer essa situação.

Este resultado se relaciona com a pesquisa realizada por GIANINETTI et al. (2008) onde a temperatura de 15 °C pode induzir a dormência secundária em arroz vermelho. Por sua vez, a interação entre a dormência e a temperatura provoca a extensão no período de germinação. Então, à medida que a dormência primária ou secundária vai sendo superada, através do aumento da temperatura, ocorre o início da germinação. Entretanto, um período de 27 dias de temperaturas superiores aos 15°C para superação da dormência, é variável a cada ano em decorrência do efeito da indução e superação da dormência através da temperatura, umidade e carga genética das sementes.

Porém, em anos com períodos prolongados de temperaturas do solo inferiores a 15 °C, é possível adotar medidas de manejo diferenciadas para áreas infestadas com arroz vermelho, como semeaduras antecipadas à emergência do arroz vermelho. Segundo SHIVRAIN et al. (2009), o arroz vermelho tem menor uniformidade de emergência que arroz cultivado, desta forma, semeaduras antecipadas e irrigação precoce podem fazer parte da estratégia de manejo de baixo custo para o controle do arroz vermelho. Porém, é importante salientar que os tratamentos com maior impacto no banco de sementes são os que mantêm a palha e as sementes na superfície do solo após a colheita, sendo estes os motivos pelos quais se acredita no maior efeito na diminuição do banco de sementes.

Contudo, em anos com precipitações acima da média, a palha sobre o solo proporcionaria menor perda de umidade se tornando um empecilho para a adoção de práticas de semeaduras antecipadas, ou até mesmo semeaduras dentro do período preferencial.

Desta forma, em determinados cenários que apresentem elevada precipitação, convém adotar manejo do solo que permita a incorporação superficial da palha com solo alagado, que aumenta o contato palha com o solo, além de reduzir possíveis rastros de máquinas e imperfeições no terreno. Assim, as sementes seriam mantidas mais próximas da superfície, num ambiente favorável a germinação e superação da dormência ou inviabilização, além de possibilitar operações mecanizadas para a semeadura no período preferencial.

Ano 2010 (ano II)

Sementes da superfície do solo-

O comportamento das sementes de arroz vermelho na superfície do solo em função dos tratamentos pós colheita no ano de 2010 foram semelhantes ao do ano anterior, diferindo apenas na amplitude de resposta (Figura 1.1, 2010). Das sementes de arroz vermelho que permaneceram na superfície do solo aos 150 DAAT, 31% apresentavam-se dormentes no tratamento com lâmina permanente de água (Figura 1.1 A, 2010), com redução de 48% entre a primeira e a última coleta, diferentemente do ano anterior, que demonstrou redução de 69%. Do mesmo modo, a percentagem de sementes que deram origem a plantas alcançou aproximadamente 48% na última coleta aos 150 DAAT, valor este também inferior ao primeiro ano. Mesmo assim, o tratamento com lâmina permanente de água proporcionou valores maiores quando comparado com os demais tratamentos que mantiveram as sementes na superfície do solo (Tabela 1.5). Esse resultado pode estar relacionado às condições meteorológicas mais favoráveis à superação de dormência, que possivelmente tenha ocorrido no ano anterior (ano I).

Neste contexto, alguns autores citam que é considerado como redução do banco de sementes quando há germinação de sementes, ataque de patógenos, enterrio profundo das sementes, predação de animais e aves aquáticas, as quais desempenham papel importante na redução das sementes de plantas daninhas em campos alagados durante o inverno (DELOUCHE et al., 2007; VIVIAM et al., 2008). No entanto, embora este tratamento tenha potencial para redução do banco de sementes, a manutenção da água e o acúmulo de palha na

superfície do solo, pode comprometer o preparo do solo subsequente em tempo hábil para semeadura no período preferencial.

Tabela 1.5- Percentagem de sementes dormentes, inviáveis e plântulas de arroz- vermelho na superfície do solo durante o período de coleta no ano de 2010, nos tratamentos com lâmina permanente de água, com preparo do solo seco em julho e sem preparo de solo. Santa Maria, RS. 2011.

Sementes dormentes de arroz vermelho na superfície do solo (%)						
Tratamentos	Dias após a colheita					
	0	30	60	90	120	150
Lâmina de água	79 ^{ns}	41 ^{ns}	49 ^{ns}	55 ^{ns}	51 ^{ns}	31c
Preparo solo seco em julho	44	37	36	32	39	38a
Sem preparo do solo	45	43	32	37	39	33b
CV(%)	30					
Sementes inviáveis de arroz vermelho na superfície do solo (%)						
Lâmina de água	21 ^{ns}	59 ^{ns}	60 ^{ns}	45 ^{ns}	49 ^{ns}	21 b
Preparo solo seco em julho	50	62	64	67	48	52 a
Sem preparo do solo	46	57	67	63	60	64 a
CV(%)	23					
Plântulas de arroz vermelho na superfície do solo (%)						
Lâmina de água	0 ^{ns}	0 ^{ns}	0 ^{ns}	0 ^{ns}	0 ^{ns}	48 a
Preparo solo seco em julho	6	0,2	0	0,3	13	10 b
Sem preparo do solo	9	0,4	0	0	0,6	2,9 b
CV(%)	53					

* Médias seguidas da mesma letra minúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

^{ns} Teste F não significativo ($p \leq 0,05$)

Para as sementes que permaneceram na superfície do solo durante todo período avaliado (Figura 1.1C, 2010) houve redução significativa na dormência das sementes, sendo, no entanto, menor que a do ano anterior. Acredita-se que a menor redução da dormência das

sementes neste ano, possivelmente, seja reflexo das condições climáticas experimentadas pelas sementes ainda quando ligadas à planta mãe. Ao contrário do primeiro ano, aos 0 DAAT, 45% das sementes eram dormentes, indicando alguma alteração no período anterior ao da coleta inicial. Além disso, essa alteração também pode ter proporcionado uma dormência mais profunda, ocasionando maior dificuldade na sua superação e, conseqüentemente, menor redução da dormência ao final dos 150 DAAT.

Neste sentido, CHANG & TAGUMPAY (1973) citam que a dormência é governada por poligenes e seus efeitos podem ser diferenciados para cada população, pois são afetados pelas condições ambientais durante o desenvolvimento das sementes. Além disso, GU et al. (2008) relatam que a indução à dormência primária ocorre aos 20 dias após a antese. Porém, esses mesmos autores (GU et al., 2005) citam que a intensidade da luz na aquisição de dormência primária, com altas e baixas temperaturas durante o desenvolvimento de sementes, tende a aumentar e reduzir a dormência, respectivamente. Segundo WAN et al. (2004) temperaturas superiores a 30°C durante a floração e a maturação induzem a dormência profunda, por outro lado, temperaturas inferiores a 20°C não induz a uma dormência significativa.

Alguns genótipos, entretanto, têm dormência constante em diferentes temperaturas e outros têm menor dormência sob condições de temperatura relativamente baixa (GU et al., 2006). Esse fato reflete que a dormência das sementes de arroz vermelho, além de ser fortemente influenciada pelas condições meteorológicas de cada ano, também sofre influência ainda quando ligadas à planta mãe, sendo assim, não somente as condições meteorológicas, mas também a carga genética de cada indivíduo ajudam a governar a intensidade da dormência nas sementes.

Apesar da manutenção da palha na superfície do solo não ser eficiente no estímulo à superação da dormência neste ano, aos 150 DAAT alcançou valores próximos a 60% de sementes inviáveis, possivelmente reflexo das oscilações de temperatura e precipitações que provocam a alternância de hidratação e desidratação das sementes que atuam na desordem nas membranas celulares.

O preparo do solo em julho com solo seco (Figura 1.1 B, 2010) incorporou ao solo grande quantidade de sementes novas e dormentes. Assim, no período de 150 DAAT não apresentou diferenças significativas na redução da dormência das sementes. Porém, o comportamento das sementes inviáveis foi crescente até aos 90 DAAT, quando se realizou a

incorporação das sementes ao solo, estando à redução da porcentagem de sementes inviáveis intimamente ligadas ao preparo do solo.

Aos 150 DAAT o tratamento com lâmina de água permanente apresentou o menor número de sementes inviáveis, diferindo dos demais tratamentos, como consequência de ter apresentado a maior porcentagem de plantas. A germinação é um reflexo da superação da dormência e viabilidade das sementes, proporcionando redução do banco de sementes. Dessa forma, a retirada da água neste tratamento concentrou 48% da germinação das sementes em um único período, enquanto que o preparo do solo em julho com solo seco proporcionou 10% de germinação e 2,9% na ausência de preparo. Apesar de esse último tratamento ter apresentado uma baixa germinação comparada aos demais, diferiu estatisticamente somente do tratamento com água permanente. Possivelmente, a baixa porcentagem de germinação desse tratamento está associada a elevada porcentagem de sementes inviáveis, que acabou reduzindo a porcentagem de sementes aptas a germinar. Com isso, o principal benefício que esse tratamento agrega é a inviabilização das sementes que permanecem sobre a superfície, sendo interessante adotar o sistema de semeadura direta para o cultivo subsequente, pois as sementes permanecerão sujeitas as oscilações climáticas na superfície do solo, o que favorecerá a sua inviabilização. Pois, segundo HOSOI et al. (2010), o arroz vermelho presente na superfície do solo após dois anos perde totalmente a capacidade germinativa.

Além disso, as sementes na superfície do solo sofrem com maiores amplitudes térmicas, onde há evidências suficientes que mostram que a temperatura do solo é um dos principais fatores que governam as mudanças sazonais no nível de dormência do banco de semente, o qual produz mudanças no comportamento germinativo. No caso de temperaturas variáveis, há maior sensibilidade aos estímulos em relação ao alívio da dormência através de maior amplitude térmica entre a temperatura máxima e a mínima, a qual reduz a dormência da maioria dos indivíduos da população e aumenta a inviabilização das sementes (BENECH-ARNOLD et al. 2000).

Por outro lado, em virtude da temperatura do solo ter sido amena no segundo ano, o preparo do solo em julho, embora tenha apresentado resultados muito próximos daquele sem preparo, apresenta dificuldade da superação da dormência devido o enterrio das sementes, refletindo na distribuição da germinação ao longo do tempo, como citado anteriormente.

Sementes do perfil do solo (0-10 cm)-

A figura 1.2 apresenta a percentagem de sementes dormentes, inviáveis e plântulas na profundidade de 0-10cm. As sementes dormentes, que permaneceram sob lâmina permanente de água (Figura 1.2 A, 2010), apresentaram efeito significativo na superação da dormência com o passar do tempo. Por outro lado, entre os 120 e 150 DAAT, 60% das sementes que formavam o banco de sementes germinaram. Se por um lado houve efeito positivo na redução do banco de sementes, por outro, esse resultado dificulta a semeadura na época preferencial em decorrência do acúmulo de palha e conseqüente retenção de água no solo. Neste sentido, SHIVRAIN et al. (2009) relatam que em áreas com presença de arroz vermelho o atraso na semeadura causa maiores perda de rendimento em virtude do aumento da infestação do arroz vermelho, já que apresenta a germinação distribuída ao longo do tempo. Além disso, o atraso também causaria menor aproveitamento da radiação solar.

No preparo do solo após a colheita e no preparo em julho, ambos com solo seco (Figura 1.3 A e Figura 1.2 B, 2010), não houve resposta significativa para percentagem de sementes dormentes e inviáveis. Isto está relacionado com o enterrio das sementes logo após a colheita e em julho, período insuficiente, entre a colheita e o preparo, para que as sementes adquirissem condições de temperatura e umidade para superação da dormência.

Para os tratamentos com preparo do solo alagado após a colheita e após a colheita e em julho com solo seco (Figura 1.3 C e D, 2010), foi observado o mesmo comportamento quadrático, entretanto, um preparo após a colheita proporciona maior redução na dormência das sementes, concordando com os resultados obtidos no primeiro ano, pois mantém as sementes mais próximas da superfície do solo, as quais sofreram mais com a amplitude térmica.

Outro aspecto interessante no preparo pós colheita com solo alagado é a alta percentagem de sementes inviáveis. Este fato é atribuído a temperatura do solo, já que no ano anterior, que apresentou temperaturas mais baixas, não houve efeito significativo no aumento das sementes inviáveis. Considera-se essa hipótese como verdadeira, uma vez que as sementes que estão próximas da superfície do solo sofrem mais com as oscilações de temperatura e o aumento de temperatura mantém mais ativo o metabolismo das sementes. Como esse processo é consumidor de energia, após várias oscilações de temperatura a inviabilização das sementes é a conseqüência. Além disso, nesse tratamento é interessante observar o efeito da temperatura na mudança do comportamento da dormência. A temperatura

do solo mais alta do segundo ano promoveu a maior redução da dormência nos primeiros 60 DAAT, entretanto no primeiro ano o efeito foi inverso, com a maior redução a partir dos 120 DAAT, confirmando que em temperaturas baixas a superação da dormência é retardada (GIANINETTI et al., 2008).

O preparo após a colheita com solo alagado, além de permitir a redução da dormência e estimular a germinação e inviabilização das sementes, proporciona que a palha entre em contato com o solo e seus decompositores, o que promove a redução da quantidade de matéria seca, e dessa forma facilita a entrada de máquinas na área e a semeadura antecipada.

Quando o solo seco foi revolvido após a colheita, após a colheita em julho, somente em julho ou na ausência de preparo do solo, não houve diferença significativa na redução de sementes dormentes na profundidade de 0-10 cm (Figura 1.3 A e B, 2010; Figura 1.2 B e C, 2010, respectivamente).

Na comparação dos tratamentos realizada nas datas de coleta (Tabela 1.6), somente a partir de 120 DAAT houve diferenças entre os preparos quanto a sementes dormentes e inviáveis. O tratamento com lâmina permanente de água apresentou diferença significativa dos demais tratamentos para percentagem de sementes inviáveis (13%).

Tabela 1.6- Percentagem de sementes dormentes, inviáveis e plântulas de arroz vermelho na camada de solo de 0-10 cm de profundidade nos diferentes manejos pós colheita nos diferentes períodos de amostragem para o ano de 2010. Santa Maria, RS. 2011.

Sementes dormentes de arroz vermelho do banco de sementes 0-10cm - (%)						
Tratamentos	Dias após a aplicação dos tratamentos					
	0	30	60	90	120	150
Lâmina de água	59 ^{ns}	51 ^{ns}	37 ^{ns}	46 ^{ns}	46a	25 ^{ns}
Preparo pós colheita c/solo seco	48	43	42	37	29b	39
Preparo pós colheita c/solo alagado	56	40	34	27	29b	34
Preparo solo seco em julho	46	39	34	32	39ab	39
Preparo pos colheita c/ solo alagado + preparo em julho c/ solo seco	55	50	34	34	37ab	43
Preparo pós colheita e em julho c/ solo seco	38	44	28	35	32b	50
Sem preparo do solo	40	32	23	37	40ab	38
CV(%)	39					
Sementes inviáveis de arroz vermelho do banco de sementes 0-10cm - (%)						
Lâmina de água	40 ^{ns}	49 ^{ns}	62 ^{ns}	54 ^{ns}	54ab	13b
Preparo pós colheita c/solo seco	41	56	57	62	70a	59a
Preparo pós colheita c/solo alagado	41	59	65	73	70a	62 a
Preparo solo seco em julho	48	59	65	67	48ab	51 a
Preparo pos colheita c/ solo alagado + preparo em julho c/ solo seco	42	49	65	65	58ab	52 a
Preparo pós colheita e em julho c/ solo seco	56	55	72	64	61ab	42 a
Sem preparo do solo	33	63	76	62	58ab	55 a
CV(%)	27					
Plantas de arroz vermelho do banco de sementes 0-10cm - (%)						
Lâmina de água	0c	0 ^{ns}	0 ^{ns}	0 ^{ns}	0c	61a
Preparo pós colheita c/solo seco	9,7b	0,7	0	0	0,7bc	1,7c
Preparo pós colheita c/solo alagado	3bc	0,5	0	0	0c	2,5c
Preparo solo seco em julho	5,7b	1,2	0	0,2	13,2a	9,7b
Preparo pos colheita c/ solo alagado + preparo em julho c/ solo seco	2,7bc	0	0	0	4,5abc	4,5bc
Preparo pós colheita e em julho c/ solo seco	5b	0,5	0	0	6,7ab	7,5bc
Sem preparo do solo	27a	4,2	0	0	1,2bc	6bc
CV(%)	32					

* Médias seguidas da mesma letra minúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey (P≤0,05).

^{ns} Teste F não significativo (p≤0,05)

Por sua vez, este mesmo tratamento, na mesma coleta, favoreceu a germinação de 61% das sementes, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, corroborando com os dados do ano anterior. Este resultado confirma o fato de que as sementes, após um período de aproximadamente 120 dias imersas em água, mantêm elevada germinabilidade e a retirada da água após esse período estimula a quebra da dormência e consequente germinação das sementes.

Na última coleta, realizada aos 150 DAAT, o tratamento que permaneceu sem preparo do solo apresentou baixa percentagem de plantas, provavelmente em função da alta percentagem de plantas apresentada na primeira coleta (27%) associada à elevada percentagem de sementes inviáveis, (55% ao final das avaliações), demonstrando assim, ser um tratamento eficiente em reduzir o banco de sementes de arroz vermelho.

Em termos gerais, pode-se observar que as sementes de arroz vermelho que permanecem sobre a superfície do solo seco ou sob lâmina de água perdem a sua dormência e viabilidade com maior intensidade quando comparadas àquelas enterradas. Neste contexto, observa-se que a maior alteração nas características fisiológicas das sementes é causada pela temperatura e umidade.

Para entendimento completo do banco de sementes é preciso analisá-lo como um todo, sem estratificações. Para os dois anos de estudo, o comportamento dos tratamentos foram semelhantes, com alterações apenas na amplitude da resposta, provavelmente em virtude da temperatura do solo. Nesse sentido, os resultados sugerem que o tratamento que manteve a lâmina de água permanente e aquele que ficou sem revolvimento do solo ou o tratamento com preparo após a colheita com solo alagado (rolo faca) são os tratamentos mais promissores na inviabilização das sementes e/ou redução da dormência com formação de plantas.

Porém, para controle e redução do banco de sementes do arroz vermelho, é necessária a adoção de medidas complementares, pois somente o manejo da área após a colheita não é eficiente para a eliminação das sementes de arroz vermelho ou de plântulas formada. Por outro lado, a permanência de lâmina de água ou a falta de preparo mantêm a umidade no solo, tornando-se um empecilho ao preparo da área em uma condição de semeadura antecipada.

Conclusões

A lâmina permanente de água concentra a emergência do arroz vermelho após a retirada da água.

O preparo com o solo seco após a colheita e o preparo do solo seco em julho mantém a dormência, e não têm efeito na inviabilização das sementes.

A partir dos 120 dias após a aplicação dos tratamentos os efeitos na redução da dormência, inviabilização das sementes e germinação começam a ser mais efetivos.

O preparo após a colheita com solo alagado (rolo faca) reduz o banco de sementes, atuando na redução da dormência de sementes, no aumento de sementes inviáveis, e da germinação de plantas, demonstrando potencial para redução do banco de sementes, além de permitir o preparo antecipado do solo.

Referências Bibliográficas

AGOSTINETTO D. et al. Arroz vermelho: ecofisiologia e estratégias de controle. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, p.341-349, 2001.

AVILA, L. A. et al. Banco de sementes de arroz vermelho em sistemas de semeadura de arroz irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, p.773-777, 2000.

BALLARE, C. L.; CASAL, J. J. Light signals perceived by crop and weed plants. **Field Crops Res.**, v. 67, n. 2, p. 149-160, 2000.

BATTLA, D., BENECH-ARNOLD, R.L. Predicting changes in dormancy level in weed seed soil banks: implications for weed management. **Crop Protection**. v.26, p.189-197. 2007.

BENECH-ARNOLD RL et al. Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. **Field Crops Research**, v.67 p.105–122. 2000.

BIRD, J. A. et al. Long-term studies find benefits, challenges in alternative rice straw management, **CALIFORNIA AGRICULTURE**, p. 69-75, 2002.

CARMONA, R.; VILLAS BÔAS, H.D. da C. Dinâmica de sementes de *Bidens pilosa* no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.3, p.457-463, 2001.

CHANG T. T., TAGUMPAY O. Inheritance of grain dormancy in relation to growth duration in 10 rice crosses. **Sabrao Newsletter**, v.5 p.87–94, 1973.

CHUNG, N. J., PAEK, N. C. Photoblastism and ecophysiology of seed germination in weedy rice. **Agronomy Journal**, v.95, n.1, p.184-190. 2003.

COUNCE, P. A.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, v.40, p.436-443, 2000.

DELOUCHE, J.C. et al. Weedy Rices e Origin, Biology, Ecology and Control, In: **FAO Plant Production and Protection Paper**, v.188, p.85-86, 2007.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

FAO. 2003. Weed management for developing countries. Addendum 1, by, R. Labrada, ed. Rome. (Disponível em <http://www.fao.org>).

FERRERO A.; VIDOTTO F. Shattering ability of red rice seeds in cultural conditions. In: **Proceedings of 50th International Symposium on Crop Protection**, Gent, p.839-843, 1998.

FINCH-SAVAGE W.E.; LEUBNER-METZGER G. Seed dormancy and the control of germination. **New Phytologist**, v.171, p.501–523, 2006.

FOGLIATTO, S. et al. Effects of winter flooding on weedy rice (*Oryza sativa* L.). **Crop Protection**, v.29 p.1232-1240, 2010.

FREITAS, T.F.S. et al. Produtividade de arroz irrigado e eficiência da adubação nitrogenada influenciadas pela época da semeadura. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v.32, n.6, p.2397-2405, 2008.

GHERSA, C. M.; et al. Using seed dormancy for crop and forage production. **Journal Production Agricultur**. v.10, n.1, p.111- 117, 1997.

GIANINETTI A.; COHN M.A. Seed dormancy in red rice. XIII: Interaction of dry-afterripening and hydration temperature. **Seed Science Research**, v.18, p.151–159, 2008.

GU X.Y., et al. Dormancy genes from weedy rice respond divergently to seed development environments. **Genetics**, Pittsburgh, v.172 p.1199–1211, 2006.

GU X.Y., TURNIPSEED E. B.; FOLEY M. E. The *qsd12* locus controls offspring tissue-imposed seed dormancy in rice. **Genetics**, Pittsburgh, v.179, p.2263-2273, 2008.

GU, X.Y., CHEN, Z. C.; FOLEY, M. Inheritance of Seed Dormancy in Weedy Rice. **Crop Science**, v.43, p.835-843, 2003.

GU, X.Y., KIANIAN S. F. M. FOLEY, Seed Dormancy Imposed by Covering Tissues Interrelates to Shattering and Seed Morphological Characteristics in Weedy Rice. **Crop Science**, v. 45 p.948-955, 2005.

GU, X.Y., KIANIAN S. F.; FOLEY M. E. Phenotypic selection for dormancy introduced a set of adaptive haplotypes from weedy into cultivated rice. **Genetics**, Pittsburgh, v.171 p.695–704. 2005.

GULDEN, R. H. et al. Secondary seed dormancy prolongs persistence of volunteer canola in western Canada. **Weed Science**, v.51, p.904-913, 2003.

GUO L. et al., QTL analysis of seed dormancy in rice (*Oryza sativa* L.). **Euphytica** v.140 p.155–162, 2004.

HALLETT BP, BEWLEY JD. Membranes and seed dormancy: beyond the anesthetic hypothesis. **Seed Science Research**, v.12 p.69–82. 2002.

HELPERT, C. W. Dormancy, Germination and Emergence of Red Rice (*Oryza sativa* L.). M.S. thesis. Texas A&M University, College Station, TX. p.92, 1978.

HOSOI J., et al. Viability Dynamics of Overwintering Seeds of Weedy Rice in Nagano Prefecture Placed on Soil Surface and Buried in Soil. **Japan Journal Crop Science**, v.79 n.3 p.322-326, 2010.

JAKELAITIS, A. et al. Dinâmica populacional de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo nas culturas de milho e feijão. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.1, p.71-79, 2003.

LINDQUIST, J.L.; MAXWELL, B.D. The horizontal dispersal pattern of weed seed surrogates by farms machinery. Proc. North Center. **Weed Science**, v.46, p.108-109, 1991.

MAGNESCHI L.; PERATA P. Review: Rice germination and seedling growth in the absence of oxygen. **Annals of Botany**, v.103 p.181–196, 2009.

MARCOS FILHO, M. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. Secretaria da Agricultura. **Divisão de Terras e Colonização**, Porto Alegre, 1961.

NOLDIN, J. A. et al. Characterization, seed longevity, and herbicide sensitivity of red rice (*Oryza sativa* L.) ecotypes, and red rice control in soybeans [*Glycine max* (L.) Merr.]. 1995. 218 f. Thesis (Ph.D in Agronomy). Texas A&M University, College Station, 1995.

PEREIRA, F.A.R.; VELINI, E.D. Sistemas de cultivo no Cerrado e dinâmica de populações de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, p.355-363, 2003.

PESKE, S.T., et al. Sobrevivência de sementes de arroz vermelho depositadas no solo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.3, no 1, p. 17-22, 1997.

SCHWANKE, A.M.L et al. Caracterização morfológica de ecótipos de arroz daninho (*Oryza sativa*) provenientes de áreas de arroz irrigado. **Planta Daninha**, Viçosa, v.26, n.2, p.249-260, 2008.

SEVERINO, F. J.; CHRITOFFOLETI, P. J. Efeitos de quantidades de fitomassa de adubos verdes na supressão de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.19, n.2, p.223-228, 2001.

SHIVRAIN V. K., et al. Red Rice (*Oryza sativa*) Emergence Characteristics and Influence on Rice Yield at Different Planting Dates. **Weed Science**, v.57, p.94–102, 2009.

- SMITH JUNIOR, R.J. Red rice control. *Agribusiness Worldwide*, p.18-23, 1992.
- SOUZA, P. R. Alguns aspectos da influência do clima temperado sobre a cultura do arroz irrigado no sul do Brasil. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.43, n.389, p.9-11, 1990.
- VAUGHAN, D.A. et al. Asian rice and weedy rice evolutionary perspectives. In: J. Gressel, ed. **Crop ferality and volunteerism**, p. 257–277. Boca Raton, USA, CRC Press. 2001.
- VEASEY E. A. et al. Variation in the loss of seed dormancy during after-ripening of wild and cultivated rice species. **Annals of Botany**, v.94, p. 875–882, 2004.
- VIDOTTO, F.; FERRERO, A. Germination behavior of red rice (*Oryza sativa* L.) seeds in field and laboratory conditions. **Agronomy**, v.20, p.375-382, 2000.
- VIVIAN, R., et al. Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência – Breve Revisão. **Planta Daninha**, Viçosa, v.26, n.3, p.695-706, 2008.
- VOLL, E.; et al. Dinâmica do banco de sementes de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo de solo. **Planta Daninha**, Viçosa, v.19, n.2, p.171-178, 2001.
- WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. de. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.4 p.1184-1192, 2008.
- WAN J. M. et al., Quantitative Trait Loci Associated with Seed Dormancy in Rice. **Crop Science** v. 45 n. 2, p.712-716 2004.
- YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 1981. 269p.

- CAPÍTULO II -

DECOMPOSIÇÃO DA PALHA DE ARROZ E CICLAGEM DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO SOB DIFERENTES MANEJOS DO SOLO APÓS A COLHEITA

Decomposition of rice straw and cycling of nitrogen, phosphorus and potassium in soil managements after the harvest

Resumo

Dentro do manejo após a colheita está inserida, além da viabilização da semeadura na época preferencial, a preocupação com o destino da palhada do cultivo anterior, com relação à ciclagem de nutrientes no sistema. Entretanto, o ambiente mais úmido com períodos frequentes de inundação, característico das áreas de várzea, dificulta a decomposição do material e liberação dos nutrientes. O objetivo do trabalho foi determinar o efeito de manejos após a colheita de áreas de arroz na decomposição da palha e na ciclagem de nutrientes. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial sendo o fator A composto por: [1] lâmina de água permanente, [2] incorporação da palha com preparo do solo seco logo após a colheita, [3] incorporação da palha com preparo do solo alagado após a colheita, [4] incorporação da palha com o solo seco somente em julho, [5] incorporação da palha com solo alagado logo após a colheita e gradagem da área em julho com solo seco, [6] incorporação da palha com solo seco logo após a colheita e gradagem da área em julho com solo seco, [7] sem incorporação. O fator B foi composto pelas diferentes datas de coleta. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas no tempo com quatro repetições. A decomposição da palha de arroz demonstrou ter duas fases, uma fase inicial rápida, seguida de outra mais lenta. Ocorreu menor decomposição no tratamento com manutenção da lâmina de água permanente, assim como maior concentração de nitrogênio remanescente. Ocorreu variação na taxa de decomposição diária, sendo maior nos tratamentos com a incorporação da palha com solo seco. Para os teores de hemicelulose e lignina nenhum preparo de solo foi eficiente na sua redução. Nos tratamentos que mantiveram a palha na superfície, houve maior percentagem de fósforo remanescente na palha. Mais de 90% do potássio foi liberado até os 41 dias após a colheita. Não houve aumento nos teores de nitrogênio, fósforo e potássio no solo ao final do período avaliado.

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

Abstract

Within the post-harvest management is inserted, besides the feasibility of preferential seeding time, the concern with the destination of previous crop stubble, in relation to nutrient cycling in the system. However, the environment more humid with frequent periods of flooding, a characteristic of lowland areas, complicates the decomposition of the material and the nutrient release. The objective of this work was to determine the effect of management practices after harvest of rice area in straw decomposition and nutrient cycling. The treatments were arranged in factorial factor A being composed of: [1] standing water level, [2] straw incorporation with dry tillage soon after harvest, [3] straw incorporation with flooded soil preparation after harvest, [4] straw incorporation with dry soil only in July, [5] straw incorporation with soaked soil immediately after harvest and disking the area in July with dry soil, [6] straw incorporation with dry soil soon after harvest and disking the area in July with dry soil, [7] without incorporation. The factor B was composed of the different sampling dates. The experimental design of blocks was performed at random, with split plot with four replications. The decomposition of rice straw showed two phases, an initial rapid phase, followed by a slower one. Decomposition occurred under the treatment with maintenance of constant water level, as well as higher concentration of nitrogen remaining. There was a variation in the daily rate of decomposition, being higher in treatments with straw incorporation with dry soil. The treatments that kept the straw on the surface remained with a higher percentage of phosphorus maintained in the straw. Over 90% of potassium was released until 41 days after harvest. There was no increase in the levels of nitrogen, phosphorus and potassium in the soil at the end of the study period.

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

Introdução

Características dos solos de várzea

A sustentabilidade dos agrossistemas é diretamente influenciada pela forma de manejo dos solos e das culturas, pois altera os atributos físicos, químicos e biológicos (CARNEIRO et al. 2009). Na cultura do arroz irrigado, a grande produção de palha aliada à ocorrência de temperaturas baixas e elevadas precipitações, dificultam a decomposição dos restos culturais no período pós colheita. Devido a isso, o solo se mantém úmido por um longo período, dificultando o preparo da área e a semeadura do arroz no período preferencial no próximo cultivo.

A manutenção da umidade do solo é favorecida pelas características de origem dos solos de várzea, que têm camada subsuperficial com baixa permeabilidade, além do uso intensivo de máquinas e implementos agrícolas para preparo do solo, que contribui para desestruturação do solo. A formação de camadas compactadas e adensamento do solo provocam redução do volume de poros, aumentando assim, a densidade do solo e, conseqüentemente, tornando o ambiente mal drenado. Dessa forma, o ambiente de várzea tem como característica natural a drenagem deficiente ocasionada pela topografia predominantemente plana, aliada às suas características físicas e, principalmente, a condutividade hidráulica quase nula no horizonte B. As características peculiares desses solos tornam seu manejo de extrema complexidade, sendo que o preparo do solo em condições de umidade excessiva altera atributos físicos do solo como densidade do solo, macro e micro porosidade (GOMES; MAGALHÃES 2004). Assim, o excesso de palha presente na superfície do solo, aliado às suas características, dificulta o preparo do solo e também a decomposição dos resíduos culturais que causa o atraso no preparo da área e, conseqüentemente, a semeadura fora do período preferencial.

Dinâmica da decomposição dos resíduos culturais e liberação de nutrientes

A cobertura do solo com restos vegetais contribui para a manutenção e equilíbrio dos nutrientes no solo, como a elevação dos teores de matéria orgânica, CTC, permitindo melhor utilização dos insumos agrícolas (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009). Porém, as características dos resíduos influenciam a taxa de decomposição devido às diferentes concentrações de glicose, celulose e lignina (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Além disso, o ambiente é um componente que exerce grande influência na decomposição da palha. Os elementos meteorológicos, como o regime térmico e pluvial influenciam a quantidade, qualidade e a taxa de decomposição dos resíduos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), sendo que qualquer alteração no ambiente que promova a aeração do solo acelera a decomposição. Com isso, nos ambientes de várzea que apresentam dificuldade na decomposição de restos vegetais em razão da má drenagem, torna-se necessária a busca de práticas alternativas de manejo, como a incorporação da palha após a colheita, com vistas a acelerar a decomposição e facilitar a semeadura subsequente, assim como retornar a maior quantidade de nutrientes ao solo. A busca por um sistema integrado, com decomposição da palha, retorno dos nutrientes da palha ao solo e a liberação gradual para a cultura subsequente é fundamental para sustentabilidade do sistema de produção de arroz irrigado ao longo do tempo.

Os resíduos podem ser utilizados para aumentar a produtividade quando incorporado ao solo, já que sua decomposição aumenta os teores de nutrientes. Isso ocorre devido à composição da palha de arroz que apresenta 0.5–1.5% N, 0.2–1.0% P e 0.8–1.0% K (MONGKOL & ANAN, 2006). Quando incorporado ao solo, a palha proporciona à liberação de 22,5 a 59,4 % do fósforo entre a quinta e a 23ª semana, já a liberação do potássio atinge o percentual de 79% após a 5ª semana (MISHRA et al. 2001, YADVINDER-SINGH et al., 2010).

Devido à liberação dos nutrientes da palha do arroz após três anos com incorporação, houve o aumento da produtividade, tendo o efeito de dilaceração da palha como o principal fator para sua rápida decomposição e mineralização (POLTHANEE et al. 2008). Neste sentido, a incorporação da palha durante cinco anos consecutivos, aumentou a eficiência do uso do N, pois demonstrou que o N estava sendo estabilizado no solo e liberado lentamente após os anos (EAGLE et al., 2000).

Assim, a incorporação da palha de arroz aumenta a fertilidade do solo, em especial a quantidade de nitrogênio, pois a incorporação mineralizou, pelo menos 24% do nitrogênio da sua constituição além, de aproximadamente 14% do nitrogênio ficar disponível para o próximo cultivo (TAKAHASHI et al., 2003). Em função da contribuição do nitrogênio contido na palha do arroz, a sua incorporação durante cinco anos consecutivos reduziu em 25 kg ha⁻¹ de nitrogênio a dose do fertilizante aplicado (LINQUIST et al., 2006).

Com isso, a incorporação da palha possibilita maior taxa de recuperação de N pela imobilização e posterior mineralização e, assim, contribui para o aumento da disponibilidade

de N para o próximo cultivo (BIRD et al., 2001). Dessa forma, além de auxiliar na dinâmica do nitrogênio no solo, reduz sua lixiviação pela imobilização microbiana devido à sua relação C/N, além de favorecer a estabilidade dos agregados do solo (SHINDO & NISHIO, 2005).

Nas condições dos solos de várzea com os ciclos de umedecimento e secagem, a população microbiana e os processos por eles influenciados também sofrem alterações.

A mineralização e a imobilização do nitrogênio sofrem influência direta das condições ambientais e do manejo do solo. Nos solos de várzea, há pouca capacidade retenção de água no perfil, pois apresenta logo abaixo do horizonte A o horizonte Bt, com textura argilosa que confere a característica de baixa permeabilidade. Assim quanto mais próximo da superfície estiver o horizonte Bt, menor será a capacidade de armazenar água no solo. Em contrapartida, em períodos chuvosos se tem dificuldade de drenagem, pois a camada de impedimento limita a percolação da água. Com isso, torna o ecossistema várzea ora um ambiente com excesso de água ora com falta de água o que favorece a perda do nitrogênio.

Neste contexto, devido à dificuldade de decomposição da matéria orgânica em ambientes de várzea, em alguns países produtores de arroz adota-se a prática da queima da palha do arroz para eliminar pragas e doenças e facilitar o preparo do solo, porém não se leva em consideração o efeito da alta temperatura no solo na dinâmica dos minerais e na atividade microbiana. Uma alternativa para redução da área queimada é através da conscientização dos produtores para incorporação da palha, tanto com solo seco ou inundado. Este manejo acrescenta ao sistema maior quantidade de carbono e nitrogênio, devido a decomposição da palha e biomassa microbiana, BIRD et al. (2002). Entretanto, BIJAY-SINGH et al., (2008) relatam que existem efeitos significativo na produtividade quando é incorporada ou não a resteva do arroz, porém este efeito é dependente de vários fatores, como a característica do solo e a quantidade de palha adicionada.

Influência dos resíduos culturais no preparo antecipado do solo

Nas áreas produtoras de arroz no Rio Grande do Sul vem se buscando cada vez mais a otimização dos custos de produção pelo uso de medidas eficientes no aumento da produtividade sem oneração do custo de produção. Uma das práticas de manejo utilizadas é a semeadura no período preferencial para proporcionar à cultura a máxima radiação no período mais responsivo da planta. No entanto, para isso é necessário reduzir a quantidade de palha na superfície do solo, favorecendo assim a perda de água por evaporação e, conseqüentemente, o

preparo do solo. Porém, com o aumento da produtividade e da intensidade de cultivo, a produção de palha e sua decomposição tem se tornado um problema.

A alta relação C/N da palha de arroz e um ambiente anaeróbio limitam a decomposição do grande volume de palha produzido, pois o solo apresenta um grupo restrito de decompositores adaptados a este ambiente (MOREIRA & SIQUEIRA 2006). A maior porção destes restos culturais são formados por uma matriz lignocelulolítica (BIANCHINI Jr. et al., 2008), que se constitui principalmente de celulose, lignina e hemicelulose. Entretanto, para que ocorra a decomposição dos polímeros que compõem a fração lignocelulolítica, é necessária a produção de enzimas extras celulares, por fungos e bactérias que agem em conjunto na degradação desta fração em ambientes aquáticos (ROMANI, 2006)

O manejo da palha em solo mal drenado deve ser feito com certa antecedência da semeadura, pois grande quantidade de palha aumenta a concentração dos produtos oriundos da atividade anaeróbia, devido a falta de drenagem interna do perfil e ou estagnação da lâmina de água, o que reduz a matéria seca e o rendimento de grãos de arroz irrigado (OLK et al., 1996). Entretanto, o desenvolvimento de melhores práticas de manejo é dificultada pela falta de compreensão integrada dos processos envolvidos, uma vez que cada prática adotada sofre influência do tipo de solo, topografia, cultivo anterior, entre outros fatores. Assim, o preparo do solo após a colheita pode ser efetivo no retorno de nutrientes ao solo. Porém, em áreas com histórico de arroz vermelho esta prática favorece a conservação da viabilidade de sementes de arroz vermelho.

Assim, busca-se identificar práticas agrícolas que se insiram num sistema de manejo do solo e de palha do arroz, que possibilite a sua rápida decomposição, ao mesmo tempo em que os nutrientes presentes na palha não sejam perdidos. Com isso, o objetivo do trabalho foi determinar a melhor forma de preparo do solo e de incorporação da palha que possibilite maior decomposição aliado a menor perda de nutrientes.

Material e Métodos

Para atender ao objetivo do estudo foi desenvolvido um experimento a campo, o qual constou de diversas etapas, descritas a seguir. Num primeiro momento, o experimento serviu de base para obtenção de matéria seca para confecção de sacos de decomposição (mesh bag) e, a partir de então, simulou a decomposição do material ao longo do tempo sob influência dos diferentes manejos. Também, aliada a decomposição do material vegetal, determinou-se a

liberação de nutrientes ao sistema. Para obtenção destes resultados foram necessárias avaliações e determinações ao longo do estudo, as quais forneceram os dados necessários para interpretação dos resultados.

Instalação e condução do experimento a campo

O experimento foi instalado a campo, durante os anos de 2009 e 2010, no mesmo local, em uma área de várzea sistematizada localizada na área experimental do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), município de Santa Maria - RS. O sorteio dos tratamentos foi o mesmo para os dois anos avaliados. O clima da região fisiográfica da Depressão Central do Rio Grande do Sul enquadra-se na classe “Cfa”, subtropical úmido, de acordo com a classificação climática de Köppen (MORENO, 1961), com precipitação pluvial média de 1.616 mm ao ano e altitude de 95 m. O solo do local de instalação do experimento é classificado como Planossolo Háptico Eutrófico Arênico (EMBRAPA, 2006).

Para produção de matéria seca utilizada neste estudo, realizou-se a semeadura do arroz nos anos de 2009 e 2010, com a adubação de base com 12,5 kg ha⁻¹ de N, 37,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 75 kg ha⁻¹ de K₂O e a aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura dividido em duas épocas: 1ª aplicação - estágio vegetativo V3-V4, sendo aplicados 50 kg ha⁻¹ de N um dia antes da entrada d'água na área e a 2ª aplicação na diferenciação da panícula – R1, quando foram aplicados 40 kg ha⁻¹ de N, utilizando uréia como fonte do nutriente. Foi utilizada a escala de COUNCE et al. (2000) para descrever os estádios de desenvolvimento do arroz. A cultivar de arroz irrigado utilizada foi a IRGA 417, com densidade de semeadura de 100 kg ha⁻¹. A semeadura foi realizada dentro do período recomendado para a região e seguiu a recomendação da SOSBAI (2007) para os tratamentos culturais.

Os tratamentos utilizados neste experimento foram compostos por diferentes manejos do solo e incorporação da palha após a colheita do arroz irrigado (Tabela 2.1). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições.

O fator A foi composto pelos diferentes preparos do solo após a colheita (Tabela 2.1) e estavam alocados nas parcelas principais. Já os níveis do fator B foram compostos por diferentes momentos de coleta dos sacos de decomposição (mesh beg) após a colheita (0, 41, 82, 123 e 164 dias após aplicação dos tratamentos (DAAT) e estavam alocados nas

subparcelas. Os anos foram avaliados separadamente e os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F.

Tabela 2.1- Manejo do solo após a colheita do arroz irrigado em 2009 e 2010. Santa Maria, RS. 2011.

Código	Tratamentos
1 -Lâmina de água	Lâmina de água permanente por todo período de entre safra, sem incorporação da palha de arroz
2 -Preparo pós colheita solo seco	Incorporação da palha de arroz com preparo do solo seco logo após a colheita
3 -Preparo pós colheita solo alagado	Incorporação da palha de arroz com preparo do solo alagado após a colheita
4 -Preparo do solo seco em julho	Incorporação da palha de arroz com o solo seco somente em julho
5 -Preparo pós colheita solo alagado e em julho com solo seco	Incorporação da palha de arroz com solo alagado logo após a colheita e gradagem da área em julho com solo seco
6 -Preparo pós colheita e em julho com solo seco	Incorporação da palha de arroz com solo seco logo após a colheita e gradagem da área em julho com solo seco
7 -Sem preparo de solo	Sem incorporação da palha de arroz

Os tratamentos foram aplicados dez e oito dias após a colheita para os anos de 2009 e 2010 respectivamente. A aplicação dos tratamentos foi realizada em duas épocas, uma após a colheita e a outra, denominada manejo de julho, realizada aproximadamente após três meses da colheita. As datas do preparo pós colheita (preparo inicial) para o primeiro e segundo ano foram, 11/05/2009 e 03/05/2010; já o manejo de julho foi realizado em 29/07/2009 e 10/08/2010 para o primeiro e segundo ano, respectivamente.

Avaliações e determinações realizadas

Matéria seca da palha de arroz

A matéria seca da palha do arroz foi obtida no estágio de maturação (R9), porém havia a mistura de genótipos de arroz vermelho, já que a área cultivada era infestada com esta espécie de planta daninha. Dessa forma não foi considerado como palha de cultura pura. Foram coletadas 0,25 m² da palha de arroz por unidade experimental para confecção dos sacos de decomposição. Após a colheita dos grãos, nas mesmas datas da aplicação dos tratamentos foi determinada a quantidade de matéria seca (palha) produzida por hectare para os dois anos avaliados.

Caracterização dos resíduos de palha e do solo

Antes da aplicação dos tratamentos, foi realizada a caracterização dos resíduos da palha e do solo (Tabela 2.2). Para caracterização da matéria seca da palha tomou-se uma amostra de material em cada tratamento definido como quantidade inicial de matéria seca. O material foi seco em estufa a 65 °C até massa constante, sendo posteriormente pesado e moído em moinho Wiley, equipado com peneira de 40 mesh. Nesta matéria seca foram realizadas as seguintes determinações: concentrações de fósforo (P), potássio (K) e nitrogênio total (N) conforme métodos descritos em Tedesco et al. (1995); celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e lignina (LIG), conforme métodos descritos em VAN SOEST (1963).

Para as demais coletas dos sacos de decomposição, realizadas ao longo do período de execução do experimento, foram adotados os mesmos procedimentos e métodos. Porém, como os sacos eram retirados do solo houve necessidade de um procedimento para retirada das impurezas que estavam aderidas aos sacos. Para isto, foi retirada uma fração de 1 g de matéria seca, a qual foi incinerada em mufla a 550 °C durante 6 h para determinação de cinzas, expressando-se a matéria seca livre da contaminação com solo, conforme procedimento descrito por CHRISTENSEN (1985).

Tabela 2.2-Teores médios iniciais de nitrogênio, fósforo e potássio, da matéria seca e do solo nos anos 2009 e 2010. Santa Maria, RS. 2011.

Teores na matéria seca		Teores no solo	
2009	2010	2009	2010
	Nitrogênio (g kg^{-1})		Nitrogênio (g kg^{-1})
4,9	4,8	7,9	12,6
	Fósforo (g kg^{-1})		Fósforo (mg kg^{-1})
2,0	1,7	18,2	15,8
	Potássio (g kg^{-1})		Potássio ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$)
23,3	21,2	0,33	0,16
	Matéria seca adicionada por ano (kg ha^{-1})		pH H_2O (1:1)
7098	7477	5,0	5,5
			M.O. (m/v)
		1,8	2,0
			Argila (m/v)
		20	21
			Textura (classe)
		3	3
			CTC efetiva ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$)
		6,1	7,8

Confecção dos sacos de decomposição (mesh bag)

Foram confeccionados 112 sacos de decomposição, de tela de nylon (com 2mm de malha). As dimensões foram ajustadas para cada tratamento em função da quantidade de palha determinada em cada unidade experimental. Assim, as dimensões dos sacos variaram de 11x20cm até 22x20cm. O enterrio ou não dos sacos de decomposição, variou com o tratamento, sendo que alguns permaneceram na superfície do solo e outros foram enterrados a uma profundidade aproximada de 5 a 10 cm. A coleta foi realizada em intervalos de 41 dias, retirando um saco por parcela e determinando seu peso. A diferença entre o peso inicial e o final foi usado para calcular a taxa de decomposição em função do tempo correspondente a cada manejo proposto.

A partir do preparo pós colheita foram realizadas coletas dos sacos de decomposição e de solo. Iniciou as coletas aos dez e oito dias após a colheita para o primeiro e segundo ano respectivamente (11/05/2009 e 03/05/2010) sendo a última coleta realizada 22/10/2009 no primeiro ano e 14/10/2010 para o segundo ano. As datas de coleta correspondem aos intervalos de 0, 41, 82, 123, 164 dias após aplicação dos tratamentos (DAAT) Para o tratamento em que se manteve lâmina de água permanente, à medida que ocorria a infiltração

e a evaporação, a lâmina de água era repostada, mantendo-a entre 5 a 10 cm. Porém, aproximadamente aos 30 a 40 dias antes da última coleta de solo, respectivamente em 11/09/2009 e 06/09/2010, drenaram-se as unidades experimentais.

Temperatura do solo, do ar e precipitação pluvial

Os dados de temperatura do solo foram coletados por meio de um sensor específico para temperatura do solo (probe 108), localizado a uma profundidade de 3 e 5 cm e ligado a um datalogger que, a cada 5 segundos, realizava uma leitura, armazenando a temperatura média de cada hora. Apenas os tratamentos com dois preparos em solo seco, com preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco e o sem preparo do solo foram monitorados.

Para os dados de precipitação e temperatura do ar os dados foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (<http://www.inmet.gov.br>), já que a estação meteorológica que monitora e envia os dados meteorológicos da região de Santa Maria está localizada a aproximadamente 600 m da área experimental.

Teores de nutrientes remanescentes

Foram determinadas os teores de N, P e K na matéria seca remanescente (MSR) dos resíduos culturais de cada coleta e calculadas as quantidades remanescentes de: nitrogênio (NR), fósforo (PR), potássio (KR). Foram realizadas cinco determinações, aos 0, 41, 82, 123, 164 dias após aplicação dos tratamentos (DAAT) sendo suas percentagens de nutrientes remanescentes estimadas através do ajuste de modelos de regressão não lineares aos valores observados, conforme proposto por WIEDER; LANG (1982). O modelo ajustado tem a seguinte equação matemática:

$$MSR, NR, PR, KR = A e^{-kat} + (100-A) \quad \text{Equação (1)}$$

em que MSR, NR, PR, KR = percentagem de matéria seca remanescente, nitrogênio remanescente, fósforo remanescente e potássio remanescente no tempo t (dias); ka = taxas constantes de decomposição da matéria seca e de liberação de N, P, K do compartimento facilmente decomponível (A) e do compartimento recalcitrante (100-A), respectivamente. O

modelo considera que a MS, N, P e K dos resíduos culturais podem ser divididos em dois compartimentos. No modelo assintótico (Eq. 1), apenas a MS, N, P, K do compartimento facilmente decomponível (A) são transformados, diminuindo exponencialmente com o tempo, fazendo parte deste compartimento a celulose, açúcares, proteínas, entre outros. A MS, N, P, K do segundo compartimento (100-A) são considerados recalcitrantes e, por isso, não sofrem transformação no período de tempo considerado. A escolha do modelo foi feita com base na análise de variância e nos valores do coeficiente de determinação (R^2), o qual indica o grau de associação entre o modelo ajustado e os valores observados.

Para extração e determinação do N, P, K, da massa seca da palha seguiu-se a metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995), sendo que a extração destes deu-se com digestão ácida ($H_2SO_4 + H_2O_2$). A determinação do nitrogênio foi realizada com destilador de arraste de vapor semi-micro Kjeldahl, com NaOH 10 mol L⁻¹. Para o potássio, a partir da diluição do extrato, realizou-se a leitura em fotômetro de chama, e, para o fósforo, utilizou-se o espectrofotômetro para realização da leitura, com comprimento de onda de absorbância de 882nm.

A determinação dos teores de celulose, hemicelulose e lignina realizou-se aos 0, 82 e 164 DAAT, utilizando a técnica de determinação de fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), sendo utilizadas as técnicas descritas por VAN SOEST (1963) para FDA e VAN SOEST; WINE (1967) para a determinação de FDN. Foi realizada a partir da FDA pelo método do ácido sulfúrico a 72% (VAN SOEST 1963), seguida por incineração do resíduo obtido a 500°C por 4 horas para obtenção da percentagem de lignina do resíduo. Sequencialmente, as determinações da celulose e hemicelulose foram realizadas por diferença de peso entre a FDN e a FDA.

Coletas e análise do solo

As coletas de solo foram realizadas com trado calador, espaçadas a cada 41 dias, sendo que de cada unidade experimental, foram retiradas quatro subamostras de solo, acondicionadas em um mesmo saco plástico, as quais constituíam uma amostra única.

Para extração e determinação dos teores de N e K disponível foram utilizadas a metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995). Para o P, seguiu-se a metodologia descrita por MURPHY; RILLEY (1962). O N mineral total correspondeu à soma dos teores de N-NH₄

e $\text{N-NO}_3 + \text{N-NO}_2$, obtidos pela destilação da solução extraída do solo com $\text{KCL } 1 \text{ mol L}^{-1}$. O P e o K disponível foi extraído pelo método de Mehlich-1 que consiste da adição de H_2SO_4 $0,0125 \text{ mol L}^{-1} + \text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1}$ à uma alíquota de solo.

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise dos outliers, os quais são valores que apresentam grande afastamento do restante dos dados. Esta análise foi realizada pelo programa SPSS v.14, pelo teste de Box-plot. Após, os dados foram submetidos ao teste das pressuposições do modelo matemático (normalidade e homogeneidade das variâncias pelo teste de liliefors). Para o fator A, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$) e para o fator B foram ajustadas equações pela análise de regressão, para a variável celulose, hemicelulose e lignina e para os teores no solo de nitrogênio, fósforo e potássio. Para os teores de nitrogênio, fósforo e potássio da palha da massa seca remanescente, depois de aplicado o teste F aplicava-se o modelo matemático descrito na equação 1.

Resultados e Discussão

Matéria seca remanescente (MSR)

A cinética de decomposição dos resíduos culturais apresentou um padrão semelhante em todos os tratamentos, (Figura 2.1 A e B). A decomposição demonstrou ter duas fases, uma fase inicial, rápida, seguida de outra mais lenta. Nos tratamentos com preparo após a colheita com solo alagado (Figura 2.1 B), não ficou evidente essas duas fases, na redução da massa seca remanescente (MSR), onde ao final do período avaliado alcançou valores próximos a 45% de MSR. No entanto, embora esse tenha sido o menor valor alcançado no final dos 164 dias avaliados, isso representa que pouco menos da metade dos 7098 kg ha^{-1} de massa seca adicionada não havia sido decomposta.

A cinética apresentada em duas fases, uma rápida e outra lenta, está relacionada com a composição bioquímica do material em decomposição. O declínio rápido reflete os hidratos de carbono facilmente decomponíveis, proteínas e outros compostos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Por outro lado, a taxa de decomposição mais lenta posteriormente reflete a fração mais recalcitrante que não é facilmente atacada pela atividade microbiana.

Na figura 2.1 A, o tratamento sem preparo de solo, que manteve a palha na superfície durante todo período, apresentou elevada taxa de decomposição nos primeiros 41 dias avaliados. Isto se relaciona à temperatura do solo e à posição da palha na superfície, pois, quando os resíduos são aplicados na superfície, as condições de temperatura e umidade são diferentes das encontradas quando os resíduos são incorporado ao solo (QUEMADA et al., 2004), o que provoca diferente efeito no processo de decomposição.

A menor decomposição ocorrida no período no tratamento com manutenção da lâmina de água permanente (60% MSR) foi dependente do ambiente anaeróbico (Figura 2.1 A), já que esse ambiente proporciona baixo rendimento energético aos decompositores e, assim, menor produção de massa microbiana (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006) em função da falta de oxigênio. Além disso, o oxigênio é rapidamente consumido com a saturação do solo e que o oxigênio da água difunde-se no solo até à profundidade de, cerca de, 10 mm, o que mantém uma camada oxidada de poucos milímetros na superfície do solo, sendo que o restante do perfil permanece reduzido, sem presença de oxigênio, exceto a região da rizosfera (SANTOS et al., 2008). A MSR dos tratamentos com palha na superfície com solo seco (sem preparo e com preparo em julho (Figura 2.1 A) atingiu valor semelhante ao tratamento que manteve lâmina permanente de água.

No tratamento com preparo do solo em julho, que tem a desestruturação da palha juntamente com a incorporação ao solo, há um aumento da superfície de contato para o ataque microbiano. Porém, embora este tratamento teoricamente promova maior decomposição, nas condições do ensaio não foi observado isto, ficando semelhante ao tratamento que manteve a palha na superfície (Figura 2.1 A e B). Este comportamento sugere que o excesso de umidade, pela alta quantidade de chuvas no período de inverno proporcionou pequenas diferenças no processo de decomposição entre os tratamentos. Exemplo disso é o tratamento com lâmina de água permanente e o tratamento sem preparo de solo, tendo suas taxas de decomposição muito próximas, podendo ser atribuído ao excesso da precipitação neste período (Anexo 3). Aliado a isso, as características dos solos de várzea que apresentam uma camada de impedimento com diferente textura, dificulta a drenagem e mantém o solo excessivamente úmido, diminuindo a atividade microbiana.

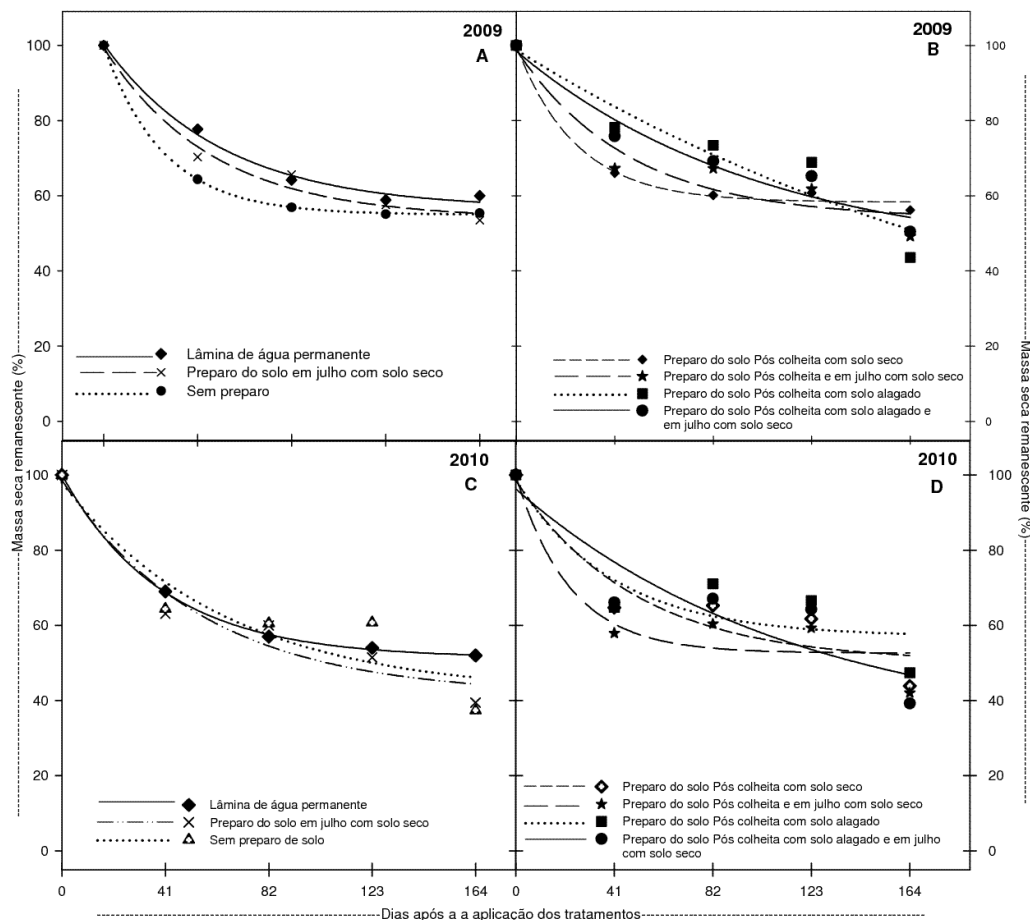


Figura 2.1-Matéria seca remanescente (%) dos resíduos culturais de palha de arroz nos tratamentos sem preparo de solo, com preparo de solo em julho e manutenção de lâmina de água (A e C), e preparo com solo seco pós colheita, pós colheita e em julho com solo seco, preparo pós colheita com solo alagado e preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco (B e D) nos anos 2009 e 2010, em avaliações realizadas a campo até 164 dias após a distribuição dos sacos de decomposição (mesh bags). Santa Maria, RS. 2011.

Convém salientar a diferença ocorrida nos tratamentos com preparo do solo seco em relação ao preparo com solo alagado (Figura 2.1 B). Pode-se observar que até os 123 dias após a colheita (DAAT), o preparo do solo seco teve maior redução na MSR. Porém, após

esse período, os tratamentos com preparo do solo alagado após a colheita demonstraram maior redução, atingindo 43% MSR no tratamento com um preparo após a colheita com solo alagado. Esse resultado pode estar relacionado à temperatura do solo, já que nesses tratamentos a palha é parcialmente incorporada (com o rolo faca), permanecendo próxima à superfície. Soma-se a isso, períodos do dia com temperaturas favoráveis, que promovem o aquecimento da superfície do solo, o que favoreceu o desenvolvimento microbiano e, conseqüentemente, a decomposição. Os tratamentos com preparo do solo seco, embora tenham dilacerado a palha incorporando-a a maiores profundidades, também tiveram sua taxa de decomposição reduzida pelo excesso de precipitação no período de 164 dias avaliados, chegando a 1235 mm, o que tornou o ambiente deficiente em oxigênio durante boa parte do período.

No APÊNDICE 1 associa-se a elevada precipitação com as temperaturas baixas registradas no período, o que dificultou a decomposição da palha incorporada. Desse modo, os tratamentos com preparo do solo seco alcançaram valores finais de decomposição próximos de 50%. Com o trabalho de LINQUIST et al., (2006) que, em estudo realizado com decomposição de palha de arroz, encontraram valor de matéria seca remanescente de 57% quando incorporada a palha ao solo por um período de oito meses.

Os resultados obtidos de matéria seca remanescente estão intimamente relacionados às condições de precipitação e temperaturas registradas semanalmente e apresentados no APÊNDICE 2. Praticamente todas as semanas no período de inverno (julho-setembro) ocorreram precipitações, sugerindo que o lençol freático manteve-se sempre superficialmente, o que condicionou condições de anaerobiose ao solo, reduzindo assim, a atividade dos decompositores.

No segundo ano do experimento, em 2010, realizado no mesmo local, apresentou o mesmo comportamento do ano anterior a cinética de decomposição da MS (Figura 2.1 C e D, 2010) para todos os tratamentos. Porém, os valores de MSR foram inferiores ao primeiro ano, fato que está associado às maiores temperaturas ocorridas no período avaliado (APÊNDICE 2). Dessa forma, o aumento da temperatura acentuou o metabolismo microbiano favorecendo a decomposição.

A alta relação C/N encontrada na palha de arroz neste estudo, também favorece a imobilização. Assim, em ambientes com deficiência de nitrogênio, como é o caso dos solos de várzea que apresentam fertilidade natural de média a baixa (GOMES; PAULETTO 1999) e a alta relação C/N, dos resíduos há um retardo no processo de decomposição (AITA et al.,

2003). A dificuldade de decomposição nas áreas de várzea é confirmada quando se compara a taxa de decomposição constante (k_a) de solos de várzea com a de solos bem drenados. MOORHEAD AND SINSABAUGH (2006) relatam que encontraram valores de taxa de decomposição de até próximo de $0,1 \text{ dia}^{-1}$, variando conforme o tipo de resíduo cultural e com a interação com os microrganismos do solo.

Neste estudo, foram encontrados valores semelhantes aos relatados em áreas de várzea com drenagem deficiente. Na tabela 2.3 constam os parâmetros dos modelos ajustados aos valores medidos de MSR, onde se pode observar que os modelos escolhidos apresentam alto coeficiente de determinação, para todos os tratamentos. Os valores de k_a , o qual determina a taxa de decomposição diária, variaram de $0,01$ a $0,04 \text{ dia}^{-1}$, sendo o maior valor alcançado nos tratamentos em que se realizou a incorporação da palha com solo seco. Por outro lado, os menores valores de decomposição foram obtidos nos tratamentos com presença de água. Isso ocorreu em função do ambiente desfavorável à decomposição microbiana, onde se tem baixos rendimentos energéticos e produção de biomassa microbiana.

Os tratamentos com preparo de solo alagado tenham obtido a mesma constante de decomposição ($k_a = 0,01$) daquele que permaneceu com lâmina permanente de água, a diferença entre eles está na percentagem de MS, precisamente na fração mais facilmente decomponível (A) (Tabela 2.3). Nesse sentido, os tratamentos com rolo faca obtiveram decomposição mais lenta que os demais, com maior quantidade de MS na fração facilmente decomponível, o que resultou em menor percentagem de MSR no final do período. Possivelmente essa diferença em decomposição esteja relacionada à fração solúvel em água (DA ROS & AITA, 1996), o que devido à dilaceração da palha dentro d'água (com o rolo faca) e posterior drenagem, facilitou a maior carreamento destes compostos.

Desta forma, a maior percentagem de MS no compartimento mais facilmente decomponível (A) e a menor MSR no final do período avaliado, foram consequências do manejo do solo do solo e da palha.

No segundo ano do experimento, pode-se observar que as taxas de decomposição (K_a) (Tabela 2.3) demonstraram a mesma variação do ano anterior, $0,01$ a $0,04 \text{ dia}^{-1}$, sendo o preparo do solo pós colheita e em julho com solo seco o tratamento que apresentou a maior taxa de decomposição. No entanto, mesmo tendo o maior K_a , esse não foi o tratamento que alcançou a menor quantidade de MS (Figura 2.1 D), assim como no primeiro ano. Isso está atrelado à maior fração mais facilmente decomponível (A) presente na MS, já que o tratamento com preparo pós colheita com solo alagado teve maior redução na MSR,

alcançando valores de 65% na fração facilmente decomponível, com taxa de decomposição de apenas 0,03 dia⁻¹. Este mesmo comportamento foi observado quando foi mantida a lâmina permanente de água em detrimento dos tratamentos que mantiveram a palha na superfície do solo (tabela 2.3), pois a taxa de decomposição (K_a) foi maior no tratamento irrigado, porém com menor percentual na fração lábil (A). Assim, acarretou menor MSR quando mantida a palha na superfície do solo.

Tabela 2.3- Fração lábil (A), taxa de decomposição diária (K_a) e Coeficiente de determinação (R^2), para aos valores medidos de matéria seca remanescente (MSR), em cada tratamento no ano de 2009 e 2010. Santa Maria, RS. 2011.

Tratamentos	A (%)	K_a dia ⁻¹	R^2
-Lâmina de água	43	0,010	0,99
-Preparo pós colheita c/solo seco	41	0,040	0,99
-Preparo pós colheita c/solo alagado	55	0,010	0,89
-Preparo solo seco em julho	45	0,020	0,96
-Preparo pos colheita c/ solo alagado + preparo em julho c/ solo seco	55	0,010	0,94
-Preparo pós colheita e em julho c/ solo seco	45	0,020	0,91
-Sem preparo do solo	45	0,030	0,99
			-----2010-----
-Lâmina de água	48	0,025	0,99
-Preparo pós colheita c/solo seco	48	0,020	0,87
-Preparo pós colheita c/solo alagado	41	0,025	0,79
-Preparo solo seco em julho	57	0,018	0,90
-Preparo pos colheita c/ solo alagado + preparo em julho c/ solo seco	65	0,030	0,80
-Preparo pós colheita e em julho c/ solo seco	47	0,044	0,78
-Sem preparo do solo	56	0,015	0,80

De forma geral, observou-se que a diferença existente na MSR está fortemente relacionada à fração mais facilmente decomponível (fração lábil (A), já que essa fração apresenta compostos solúveis que são facilmente degradáveis, como açúcares, amido e proteínas, sendo rapidamente utilizadas pelos decompositores, ao contrário da fração recalcitrante composta por gorduras, ceras, taninos e lignina que são decompostos a taxas lentas. Com isso, observou-se que, quanto maior a fração lábil (A), menor é a MSR. Embora os tratamentos tenham o mesmo tipo de palha, a diferença na decomposição esta associada aos diferentes preparos do solo, pois altera a posição da palha em relação ao perfil do solo favorecendo ou não a decomposição. Além disso, a intensidade e o regime de temperatura e umidade atuam diretamente na fração lábil, com o favorecimento ou não da atividade dos decompositores.

Celulose, hemicelulose e lignina da matéria seca remanescente

Na figura 2.2 estão apresentados os teores de celulose, hemicelulose e lignina no decorrer do período avaliado para o primeiro e segundo anos. Na figura 2.2 A 2009, observa-se que no tratamento com manutenção da lâmina de água apresentou a maior redução dos teores de celulose diferentemente daqueles com a permanência da palha na superfície do solo. Esses resultados da decomposição dos compostos bioquímicos seguem a mesma cinética e explicação da decomposição da MSR. Porém, em ambientes anaeróbios, existe a ação de enzimas que quebram as fibras em açúcares redutores, que podem ser convertidos a ácidos orgânicos e, estes por sua vez, podem ser mineralizados até CH_4 e CO_2 (GALE, 1992), sendo necessária a ação em conjunto de fungos e bactérias na decomposição em ambientes aquáticos (ROMANI, 2006).

No entanto, é importante salientar que a pequena diferença encontrada entre os tratamentos com lâmina de água e os que mantiveram a palha na superfície do solo é em decorrência de regime de chuvas, que comprometeu a atividade microbiana dos tratamentos sem lâmina de água, e à menor área de contato entre os decompositores e a palha.

As maiores reduções nos percentuais de celulose foram obtidas nos tratamentos com incorporação da palha com o solo alagado confirmando o mesmo comportamento da redução da MSR (Figura 2.2 B). As ligações das fibras de celulose são feitas por ligações fracas e ligações fortes, sendo que a decomposição em ambiente anaeróbio é completamente diferente daquelas em ambiente aeróbio. Em ambiente aeróbio, várias enzimas agem no processo de

decomposição da celulose, porém atuam na mesma ligação entre as moléculas de celulose. Já em ambiente anaeróbio, a comunidade microbiana produz uma grande molécula, conhecida como celulosoma, que funciona como um complexo multiproteico que possui, em sua superfície, diversas enzimas hidrolíticas que hidrolisam os polissacarídeos vegetais (XIMENES; FÉLIX, 2003).

Para os teores de hemicelulose nenhum preparo de solo apresentou diferenças significativas na sua redução (Figura 2.2 E). Essa falta de resposta pode ser explicada pela composição da hemicelulose, por polissacarídeos com ligações em diferentes posições. Devido a sua heterogeneidade de ligações, é necessária a atuação em conjunto de várias enzimas para sua decomposição, onde cada tipo de enzima atua em um tipo de ligação (POLIZELI et al., 2005).

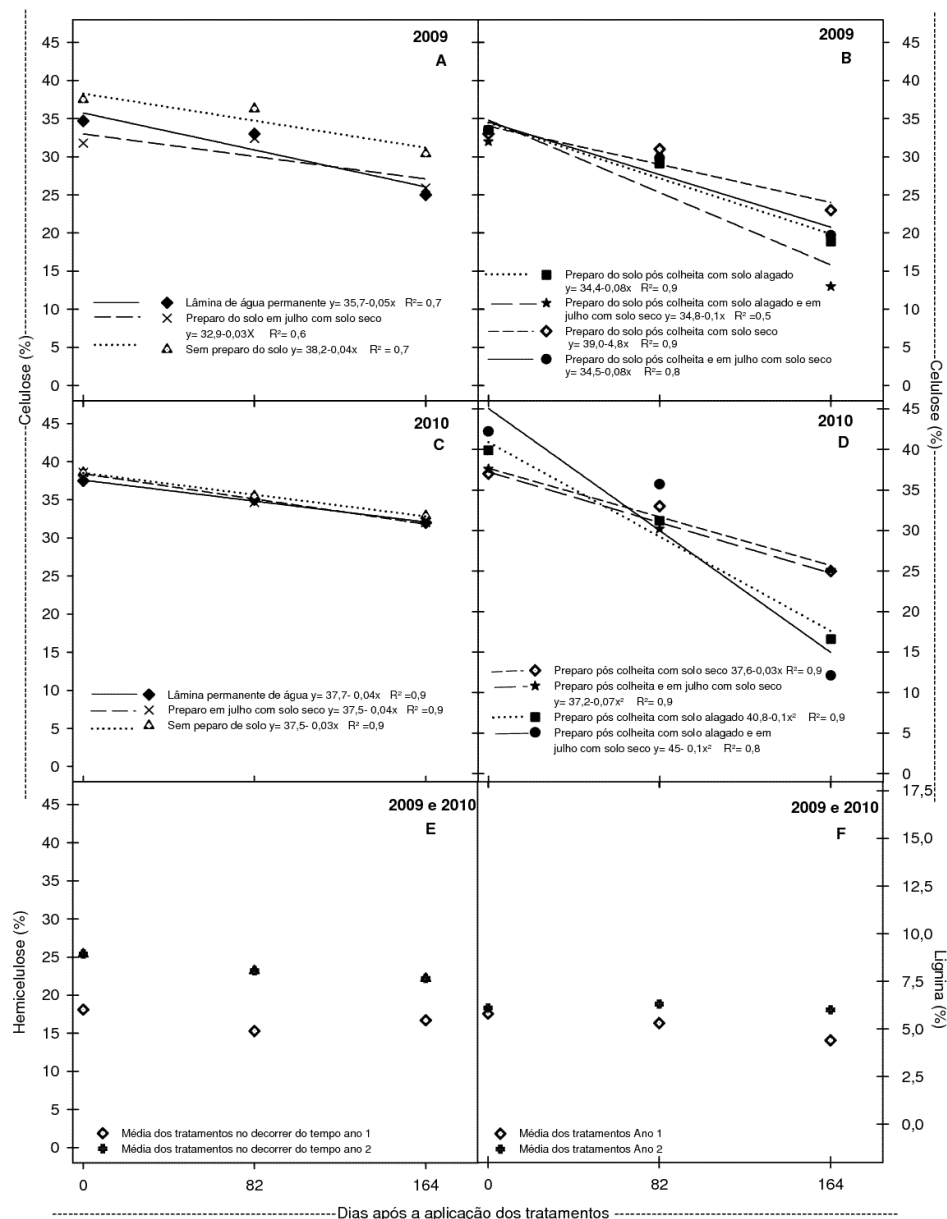


Figura 2.2- Teores de celulose, (%) dos resíduos culturais de palha de arroz nos tratamentos sem preparo de solo, com preparo de solo em julho e manutenção de lâmina de água (A e C), e preparo com solo seco pós colheita, pós colheita e em julho com solo seco, preparo pós colheita com solo alagado e preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco (B e D) nos anos 2009 e 2010, e teores médios de hemicelulose e lignina (E e F) avaliados aos 0, 82 e 164 dias após a aplicação dos tratamentos nos anos de 2009 e 2010. Santa Maria, RS, 2011.

Neste sentido, é possível que tenha ocorrido falta de condições adequadas de temperatura e umidade na produção de alguma enzima essencial na decomposição de hemicelulose.

Para a lignina também não houve redução dos teores em função das diferentes formas de preparo do solo em áreas de várzea (Figura 2.2 F). É importante salientar que, da mesma forma que a hemicelulose, a lignina necessita de várias enzimas para sua decomposição, pois têm na sua estrutura vários anéis aromáticos que dificultam a atividade efetiva dos decompositores, tornando este composto mais recalcitrante. Por sua vez, em ambiente anaeróbio a decomposição da lignina ocorre de forma mais lenta, pela falta de oxigênio (OLK et al., 1996). Embora os resultados desse estudo não tenham demonstrado diferenças significativas no período de tempo avaliado, entende-se que há necessidade de um período de avaliação maior para que as diferenças possam ser expressivas entre os preparos de solo.

No segundo ano, os percentuais finais de MSR refletiram a atividade decompositora nos teores de celulose (Figura 2.2 C e D, 2010). Foram observadas as maiores reduções quando houve a incorporação da palha após a colheita, sendo o preparo com solo alagado após a colheita e em julho com solo seco, o que apresentou a maior redução. Isso pode estar relacionado à drenagem do solo após o preparo do solo alagado, onde a drenagem pode ter transportado compostos solúveis em água mais facilmente decomponíveis. Assim, os decompositores podem ter iniciado o processo de decomposição a partir da celulose. Por outro lado, no tratamento com solo seco a atividade microbiana atuou primeiro nos compostos solúveis em água e, posteriormente na celulose, que é um composto de alto peso molecular e, por isso, insolúvel em água (MOREIRA; SIQUEIRA 2006). Para hemicelulose e lignina (Figura 2.2 E e F, 2010) não houve diferenças significativas, assim como no primeiro ano, possivelmente por esses compostos serem mais recalcitrantes que a celulose.

Nitrogênio remanescente da matéria seca

O nitrogênio remanescente (NR), expresso como percentagem do inicial, seguiu o mesmo comportamento observado para a matéria seca remanescente (MSR) (Figura 2.3), apresentando duas fases distintas, uma rápida onde foi liberado grande parte do nitrogênio e outra com liberação mais lenta. Com manutenção da lâmina de água houve a maior concentração de nitrogênio, possivelmente em função da sua decomposição anaeróbia,

proporcionando valores próximos a 80% do NR ao final do período avaliado (Figura 2.3 A, 2009).

Os valores obtidos com a MSR foram muito próximos e estão relacionados com os teores de nitrogênio no tecido vegetal. Dessa forma o N apresentou o mesmo comportamento que a MS, porém com amplitude maior para os tratamentos que mantiveram a palha na superfície com solo seco em detrimento daquele que manteve a lâmina de água. Entende-se que em ambiente anaeróbio a população microbiana é restrita a poucas espécies o que diminui a decomposição e a liberação de nutrientes como o N. Além disso, os processos de assimilação do carbono e geração de energia são menos eficientes, pois ocorre a oxidação parcial do substrato. Dessa forma, esses processos tornam limitantes para os decompositores pelo baixo rendimento energético resultando em maior percentagem de NR.

Nos tratamentos com incorporação da palha (Figura 2.3 B, 2009), o menor teor de NR foi obtido com a incorporação com solo alagado, atingindo valores próximos a 40%. Já a incorporação da palha com solo seco manteve 50% do NR ao final dos 164 dias avaliados. Entretanto, quando a incorporação da palha foi realizada com solo seco, a taxa de liberação de nitrogênio foi à maior nos primeiros 41 DAAT, o que reflete em maiores perdas desse nutriente para o ambiente. Essa cinética de liberação do N poderá acarretar problemas ambientais pela lixiviação de nitrato (NO_3^-), pela emissão de N_2O via desnitrificação e pela volatilização de amônia. Além da contaminação ambiental, essas perdas de N reduzem o potencial da matéria seca como fonte de N às culturas comerciais em sucessão.

Em se tratando de ciclagem de nutrientes, a implantação de culturas de inverno como o azevém, que é uma das poucas espécies que melhor se adaptam a condições de várzea, se torna uma alternativa para aproveitamento do nitrogênio liberado. Porém, o período de maior liberação de N não coincide com o período de maior demanda em N pelas culturas comerciais cultivadas em sucessão, pois as maiores perdas de N pelos diferentes processos deverão ocorrer na fase inicial de decomposição dos resíduos culturais. Dessa forma a recomendação feita por diversos autores como, por exemplo, GIACOMINI et al. (2004), que para aumentar a eficiência no aproveitamento do N liberado pelos resíduos culturais e reduzir as perdas de N para o ambiente, a semeadura das culturas em sucessão deve ser realizada o mais rápido possível após o manejo da palha. Entretanto, deve-se salientar que um dos objetivos do manejo de solo é a redução da quantidade de palha. A implantação de uma nova cultura vem de encontro a esse objetivo.

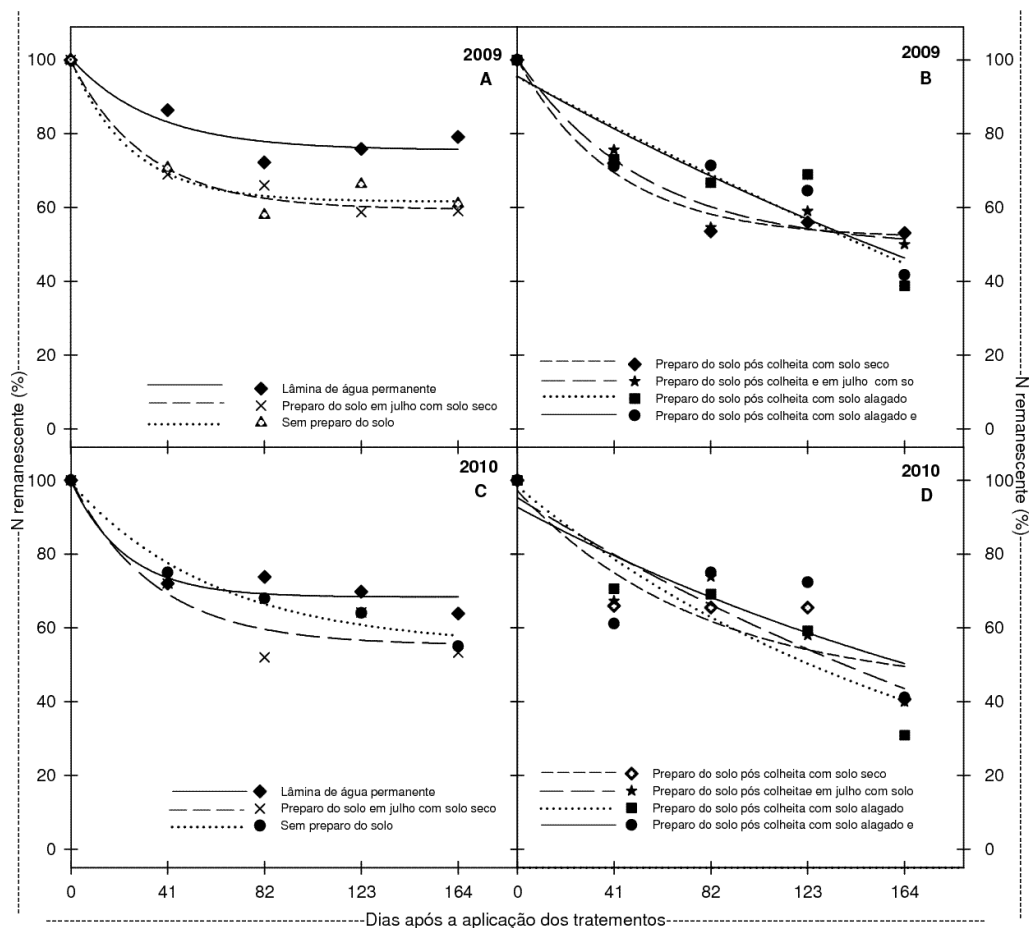


Figura 2.3-Teor de nitrogênio remanescente (%) dos resíduos culturais de palha de arroz nos tratamentos sem preparo de solo, com preparo de solo em julho e manutenção de lâmina de água (A e C), e preparo com solo seco pós colheita, pós colheita e em julho com solo seco, preparo pós colheita com solo alagado e preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco (B e D) nos anos 2009 e 2010, em avaliações realizadas a campo até 164 dias após a distribuição dos sacos de decomposição (mesh bags). Santa Maria, RS. 2011.

O tratamento com permanência de lâmina de água alcançou uma taxa de decomposição elevada (0,029), comparado com aos demais (Tabela 2.4). Porém este tratamento apresentou a menor fração de nitrogênio disponível no compartimento mais facilmente decomponível, o que se refletiu em maior quantidade de NR. Por outro lado, os

menores teores de NR obtidos foram nos tratamentos com preparo do solo alagado, entretanto eles não apresentaram as maiores taxas de decomposição, mas alcançaram em média 40% de N, na fração facilmente decomponível (A).

Embora o tratamento que manteve a palha na superfície e o com preparo do solo alagado (Figura 2.1 A e B) tenham apresentado valores próximos de MSR, os valores de NR variaram em torno de 20% (Figura 2.3 A e B), essa diferença mostra o efeito da incorporação dos resíduos próximo à superfície do solo. Nesse mesmo sentido, os tratamentos com preparo do solo seco, onde a palha permaneceu incorporada em maior profundidade, apresentaram a maior quantidade de NR comparado com incorporação com solo alagado (Figura 2.3 B). As diferenças obtidas são explicadas, em parte, pela menor superfície de contato entre a palha e o solo, causando assim, menor oferta de carbono e nitrogênio para os organismos decompositores no tratamento que manteve a palha na superfície. O tratamento com preparo de solo seco, embora a palha tenha maior área de contato devido à sua incorporação à maior profundidade, em um período com temperaturas baixas e elevada precipitação, manteve o lençol freático elevado, retardando assim a decomposição da palha.

No segundo ano, os resultados de NR seguiram a cinética de decomposição da MSR, sendo o nitrogênio presente na palha liberado em duas fases (Figura 2.3 C e D, 2010), uma mais rápida e outra mais lenta, de forma similar ao que ocorreu no primeiro ano. Entretanto, nos tratamentos com incorporação da palha após a colheita, esta cinética não foi tão evidente, pois demonstrou menor curvatura da curva (Figura 2.3 D). Por sua vez, o preparo pós colheita com solo alagado apresentou ao final do período 30% de NR, refletindo a maior taxa de decomposição ($0,05 \text{ dia}^{-1}$) e maior percentagem (65%) na fração mais facilmente decomponível (A) (Tabela 2.4). A incorporação com solo alagado pós colheita e em julho com solo seco também seguiu o mesmo comportamento.

Tabela 2.4- Fração lábil (A), taxa de decomposição diária (Ka) e Coeficiente de determinação (R²), para os valores medidos de nitrogênio remanescente (NR), em cada tratamento no ano de 2009 e 2010. Santa Maria, RS. 2011.

Tratamentos	A (%)	K _a	R ²
		-----dia ⁻¹ -----	
-----2009-----			
-Lâmina de água	24	0,029	0,88
-Preparo pós colheita c/solo seco	48	0,024	0,98
-Preparo pós colheita c/solo alagado	40	0,010	0,84
-Preparo solo seco em julho	40	0,031	0,98
-Preparo pos colheita c/ solo alagado + preparo em julho c/ solo seco	43	0,020	0,87
-Preparo pós colheita e em julho c/ solo seco	51	0,019	0,96
-Sem preparo do solo	38	0,040	0,90
-----2010-----			
-Lâmina de água	31	0,044	0,94
-Preparo pós colheita c/solo seco	54	0,013	0,82
-Preparo pós colheita c/solo alagado	65	0,050	0,88
-Preparo solo seco em julho	45	0,029	0,91
-Preparo pos colheita c/ solo alagado + preparo em julho c/ solo seco	55	0,040	0,61
-Preparo pós colheita e em julho c/ solo seco	48	0,030	0,86
-Sem preparo do solo	44	0,016	0,97

Devido a maior temperatura ocorrida no segundo ano, que pode ter proporcionado maior atividade microbiana e, conseqüentemente, maior produção de enzimas extracelulares. Essas enzimas atuam no primeiro processo de quebra de polímeros orgânicos para formação de monômeros, os quais serão utilizados para produção de energia e aumento da biomassa (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Além disso, a dilaceração da palha dentro da água com posterior drenagem reduziram os compostos solúveis em água, incentivando assim os decompositores atuarem nos compostos insolúveis mais recalcitrantes.

Por outro lado, a manutenção da lâmina de água demonstrou uma elevada taxa de decomposição da palha. Entretanto, apresentou o menor percentual disponível na fração mais

facilmente decomponível (31%) no segundo ano e o maior percentual de nitrogênio remanescente (aproximadamente 70%) (Tabela 2.4, Figura 2.3 C).

Assim, em suma, a liberação de N está intimamente ligada à redução da MSR, assim como ao teor de umidade do solo, onde o preparo do solo seco apresentou a maior liberação de N nos primeiros 41 dias. Por outro lado, a manutenção da lâmina de água manteve grande parte do nitrogênio na palha. Esse tratamento, no entanto, tem o inconveniente de dificultar o preparo do solo antecipado.

Fósforo remanescente da matéria seca

A resposta da liberação do fósforo da palha no tratamento com lâmina permanente de água (Figura 2.4 A, 2009) teve comportamento linear decrescente diferentemente dos demais tratamentos, que demonstraram duas fases distintas, embora esse comportamento não tenha sido tão evidente como do N. No segundo ano, a cinética foi semelhante (Figura 2.4 C e D, 2010), porém, em função de temperaturas mais elevadas comparadas ao primeiro ano, houve melhores condições para desenvolvimento microbiano, diminuindo as percentagens de PR.

Para este estudo, ficou evidente que nos tratamentos que mantiveram a palha na superfície no primeiro ano, houve maior percentagem de PR (aproximadamente 30%), comparado aos demais tratamentos com incorporação da palha ao solo, no primeiro ano. Também se pode observar que da fase inicial até 41 dias após a colheita houve a maior liberação do P. Isso se deve a liberação do fósforo solúvel em água, que é prontamente disponível e à alta correlação com a velocidade de decomposição dos resíduos (GIACOMINI et al., 2003). A liberação do P nos tratamentos com incorporação da palha ao solo a partir dos 123 DAAT apresentou, em média, 40 a 50% de PR. No entanto, a partir dessa avaliação foi constatada a elevação da temperatura máxima (APÊNDICE 2), reduzindo PR nesses tratamentos ao final do período, atingindo valores de 15 a 25%. Isso representa que grande parte do fósforo foi imobilizado pelos decompositores ou se encontra adsorvido permanecendo indisponível, para a cultura sucessora. Se o fósforo tivesse maior velocidade de liberação inicial seguida de uma liberação mais lenta, possivelmente o fósforo imobilizado seria mineralizado a tempo da cultura sucessora aproveitá-lo.

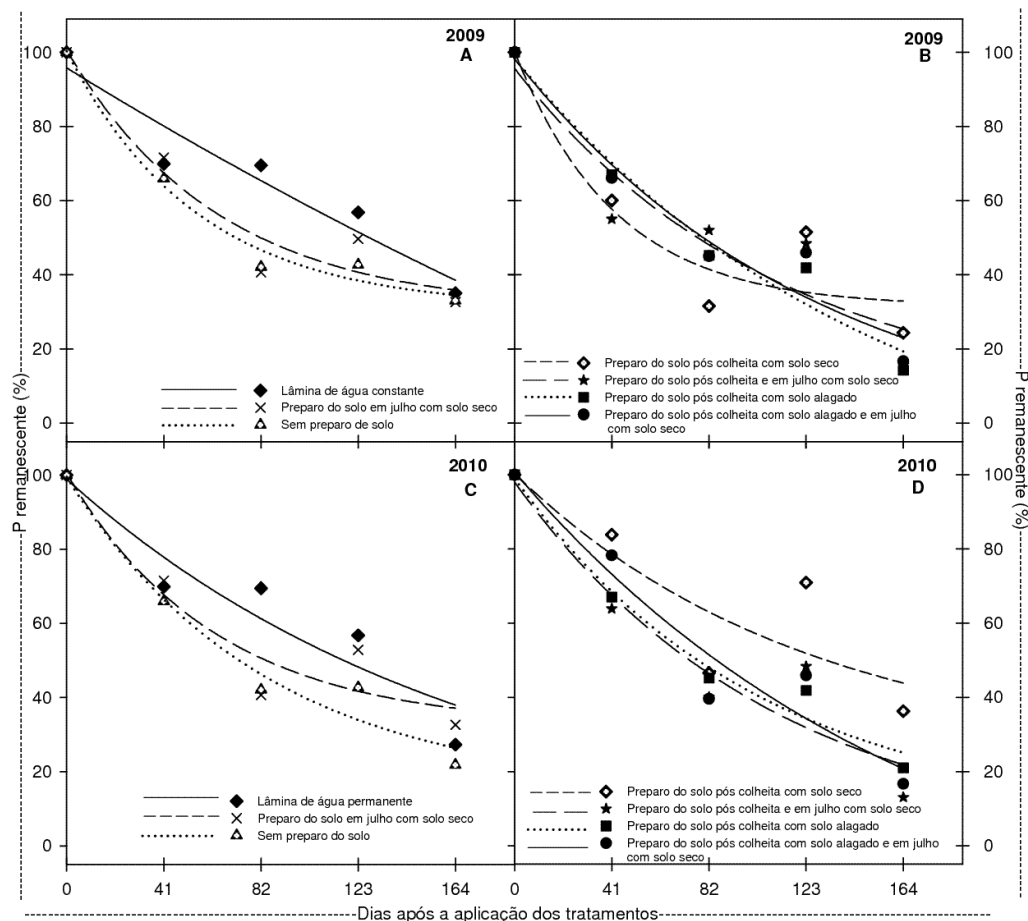


Figura 2.4- Teor de fósforo remanescente (%) dos resíduos culturais de palha de arroz nos tratamentos sem preparo de solo, com preparo de solo em julho e manutenção de lâmina de água (A e C), e preparo com solo seco pós colheita, pós colheita e em julho com solo seco, preparo pós colheita com solo alagado e preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco (B e D) nos anos 2009 e 2010, em avaliações realizadas a campo até 164 dias após a distribuição dos sacos de decomposição (mesh bags). Santa Maria, RS. 2011.

Os tratamentos com preparo do solo seco após a colheita e em julho e o preparo do solo alagado e em julho com solo seco, e o preparo com solo alagado após a colheita, foram os preparos que apresentaram a maior taxa de decomposição (Tabela 2.5) e a maior fração no compartimento mais facilmente decomponível (A), conseqüentemente, o menor valor de PR. Isso pode estar relacionado à fração mais facilmente decomponível (fração lábil) composta de

açúcares, amido e proteínas, que são mais facilmente atacados pelos decompositores (WIEDER; LANG, 1982). Além disso, esses tratamentos com preparo de solo e incorporação e desestruturação da palha favorecem o ataque microbiano.

Tabela 2.5- Fração lábil (A), taxa de decomposição diária (K_a) e Coeficiente de determinação (R^2), para os valores medidos de fósforo remanescente (PR), em cada tratamento no ano de 2009 e 2010. Santa Maria, RS. 2011.

Tratamentos	A (%)	K_a dia ⁻¹	R^2
	-----2009-----		
-Lâmina de água	84	0,02	0,92
-Preparo pós colheita c/solo seco	68	0,023	0,87
-Preparo pós colheita c/solo alagado	65	0,06	0,96
-Preparo solo seco em julho	70	0,016	0,93
-Preparo pos colheita c/ solo alagado + preparo em julho c/ solo seco	72	0,08	0,94
-Preparo pós colheita e em julho c/ solo seco	90	0,09	0,86
-Sem preparo do solo	69	0,018	0,98
-----2010-----			
-Lâmina de água	98	0,06	0,88
-Preparo pós colheita c/solo seco	76	0,08	0,73
-Preparo pós colheita c/solo alagado	92	0,01	0,97
-Preparo solo seco em julho	68	0,01	0,91
-Preparo pos colheita c/ solo alagado + preparo em julho c/ solo seco	75	0,06	0,92
-Preparo pós colheita e em julho c/ solo seco	85	0,01	0,90
-Sem preparo do solo	84	0,012	0,96

Dessa maneira, o fósforo contido no tecido vegetal, principalmente no vacúolo da célula (MARSCHNER, 1995), é liberado com seu rompimento, sendo esse processo muito influenciado pela intensidade de preparo do solo. Além disso, o volume de precipitação pluvial pode ter favorecido a lixiviação do fósforo solúvel em água, o qual é constituído de fósforo inorgânico (Pi) e monoésteres. Dessa maneira, apenas o fósforo não solúvel em água

teria permanecido nos resíduos culturais, o qual é altamente dependente da população microbiana para sua mineralização (FROSSARD et al., 1995).

No segundo ano, os parâmetros dos modelos ajustados para liberação do P da matéria seca (Tabela 2.5) mostram que o preparo pós colheita com o solo alagado e o preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco apresentaram valores altos na fração mais facilmente decomponível (A), e assim o menor PR ao final do período avaliado, independentemente da taxa de decomposição (K_d). Porém, o mecanismo pelo qual ocorrem alterações na taxa de decomposição parece estar associado a uma mudança na relação das porções labéis e recalcitrantes, as quais sofrem influência do regime de temperatura e umidade (WIEDER & LANG, 1982).

Além disso, a mudança na proporção da fração mais facilmente decomponível pode ser influenciada pelo diferentes manejos da palha, ou seja, a desestruturação da palha com solo alagado e posterior drenagem ou a incorporação da palha com solo seco a maior profundidade ou a manutenção da palha na superfície do solo, alteram a utilização de compostos solúveis e compostos facilmente degradados como açúcares, amidos e proteínas, sendo rapidamente utilizados pelos decompositores. Os mais recalcitrantes por sua vez, como celulose, gorduras, ceras e ligninas, serão perdidos em taxas relativamente lentas (WIEDER; LANG, 1982). Com isso, a palha dilacerada perde rapidamente os compostos solúveis em detrimento da palha intacta, alterando dessa forma a velocidade de decomposição.

Potássio remanescente da matéria seca

Se por um lado, o fósforo tem necessidade da atividade de decompositores para sua mineralização, por outro lado, a dinâmica do potássio foi diferenciada. A liberação do potássio (K) do tecido vegetal, no primeiro e segundo ano, foi extremamente rápida (Figura 2.5 A, B, C, D), pois 90% do K contido na palha foi liberado até aos 41 DAAT, concordando com resultados obtidos por YADVINDER-SINGH et al. (2010). Além disso, em todos os tratamentos obtiveram a mesma cinética de liberação, devido às características desse elemento, já que não faz parte de nenhum componente estrutural da planta (MARSCHNER, 1995) sendo facilmente disponibilizado. A percentagem de K no compartimento mais facilmente decomponível (A) foi alta (acima de 90%) com taxas de decomposição superiores a $0,04 \text{ dia}^{-1}$ (Tabela 2.6). Houve, no entanto, elevada precipitação pluvial durante o período, o que aumentou a lixiviação do potássio. GIACOMINI et al. (2003) relatam que

aproximadamente 70% do tecido vegetal de diferentes espécies tem a presença de potássio solúvel em água, o que facilita a sua lixiviação com a precipitação.

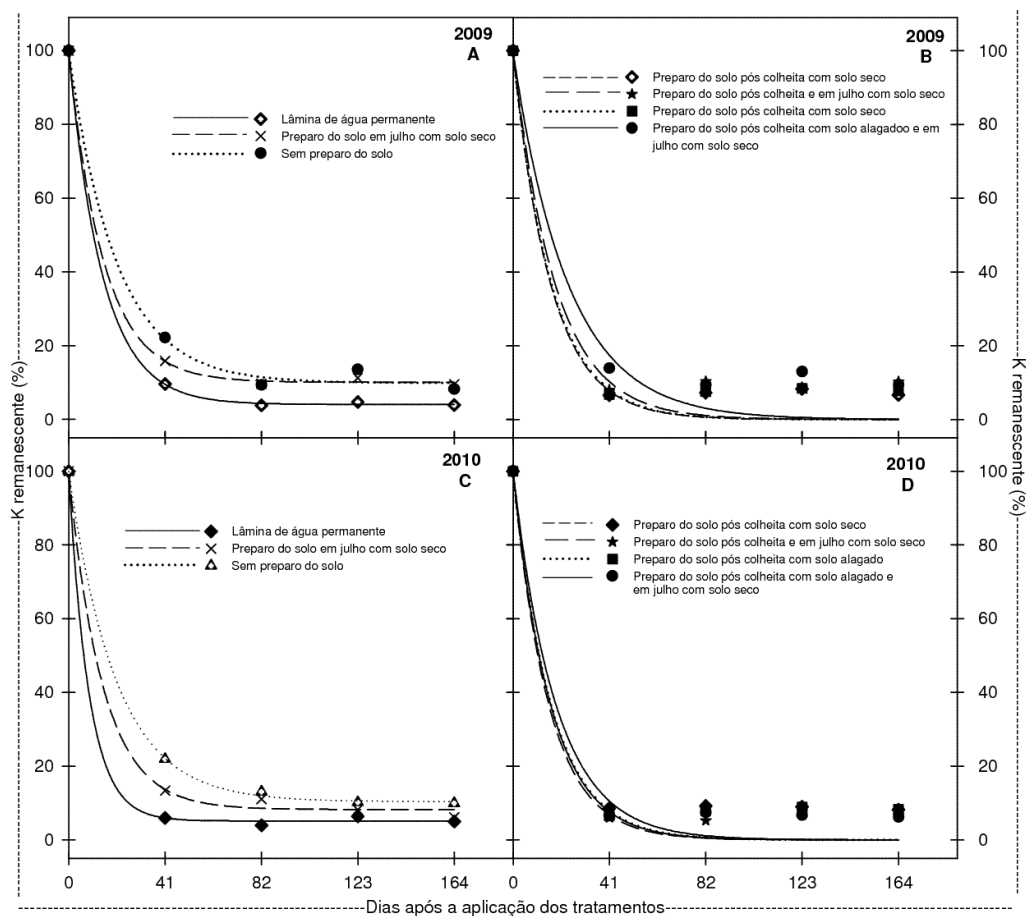


Figura 2.5- Teor de potássio remanescente (%) dos resíduos culturais de palha de arroz nos tratamentos sem preparo de solo, com preparo de solo em julho e manutenção de lâmina de água (A e C), e preparo com solo seco pós colheita, pós colheita e em julho com solo seco, preparo pós colheita com solo alagado e preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco (B e D) nos anos 2009 e 2010, em avaliações realizadas a campo até 164 dias após a distribuição dos sacos de decomposição (mesh bags). Santa Maria, RS. 2011.

Ao se relacionar esse resultado com a ciclagem de potássio e redução de sua lixiviação nas áreas de cultivo de arroz, a utilização de uma cultura de inverno é uma alternativa desejada, uma vez que, independentemente do manejo proposto, este elemento é perdido rapidamente.

Tabela 2.6- Fração lábil (A), taxa de decomposição diária (K_a) e Coeficiente de determinação (R^2), para os valores medidos de potássio remanescente (KR), em cada tratamento no ano de 2009 e 2010. Santa Maria, RS. 2011.

Tratamentos	A (%)	K_a -----dia ⁻¹ -----	R^2
-Lâmina de água	95	0,07	0,99
-Preparo pós colheita c/solo seco	99	0,062	0,97
-Preparo pós colheita c/solo alagado	99	0,061	0,97
-Preparo solo seco em julho	89	0,067	0,99
-Preparo pos colheita c/ solo alagado + preparo em julho c/ solo seco	99	0,043	0,95
-Preparo pós colheita e em julho c/ solo seco	99	0,056	0,95
-Sem preparo do solo	90	0,04	0,99
		-----2010-----	
-Lâmina de água	94	0,01	0,99
-Preparo pós colheita c/solo seco	99	0,055	0,96
-Preparo pós colheita c/solo alagado	99	0,062	0,97
-Preparo solo seco em julho	91	0,069	0,99
-Preparo pos colheita c/ solo alagado + preparo em julho c/ solo seco	99	0,063	0,98
-Preparo pós colheita e em julho c/ solo seco	99	0,066	0,98
-Sem preparo do solo	89	0,049	0,99

De forma geral, com base nos resultados obtidos para a palha do arroz, pode-se inferir que para uma rápida decomposição, visando possibilitar a semeadura no período

recomendado, a incorporação da palha com solo alagado foi a forma mais eficiente para reduzir a MSR, influenciando diretamente o teor de umidade do solo, permitindo assim a entrada na área no momento adequado para a operação de semeadura. Entretanto, se o objetivo for a ciclagem de nutrientes da MS este preparo de solo foi o sistema que liberou maiores teores de N e K para o solo. Como o potássio pode ser perdido do sistema, a utilização de plantas de cobertura exerce o papel de “capturar” os nutrientes, disponibilizando-os para o próximo cultivo.

Por outro lado, a manutenção da lâmina permanente de água manteve próximo de 60% a MSR, o que dificulta o preparo do solo para o próximo cultivo em função da manutenção da umidade do solo por parte da palha. Essa situação é agravada quando há períodos chuvosos no inverno. Porém, esse tratamento conservou 80% do nitrogênio na palha, o que favorece a decomposição rápida desses resíduos no momento da retirada da água quando o metabolismo microbiano volta a ser predominantemente aeróbio.

Nitrogênio mineral do solo

No primeiro ano o teor de nitrogênio mineral do solo (N) (Figura 2.6), houve um aumento de forma quadrática para todos os tratamentos. Este comportamento não revela, no entanto, a dinâmica característica do N, em que primeiramente ocorreria a fase de imobilização, para posterior mineralização. Esse resultado pode ter sido influenciado pelo intervalo de tempo entre a primeira e a segunda coleta (41 dias), período suficiente para que ocorresse a imobilização e a posterior mineralização, já que no período inicial a temperatura superior a 15°C estava favorável ao desenvolvimento microbiano.

A partir dos 82 DAAT, em todos os tratamentos, houve redução do nitrogênio mineral, em decorrência da menor mineralização, refletindo em menor taxa de decomposição, possivelmente influenciada pelas condições adversas de umidade e temperatura. A ocorrência frequente de precipitações pluviais contribui para as perdas de N pela lixiviação ou desnitrificação do nitrato em sítios anaeróbios (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Outro fator importante é a proximidade dos valores iniciais de N total comparativamente com os valores finais. Todos os tratamentos apresentaram valores crescentes até os 82 DAAT, apresentando dessa avaliação em diante, diferenças entre os preparos, uma vez que o manejo pós colheita com solo alagado apresentou o menor teor de nitrogênio no solo (Tabela 2.7). Esse fato pode estar relacionado à menor taxa de

decomposição liberação de NR apresentada por este tratamento (Tabela 2.3 e 2.4) e, conseqüentemente, menor mineralização. Para essa avaliação (82 DAAT), as maiores concentrações de nitrogênio foram obtidas com o preparo do solo seco após a colheita e em julho, após a colheita com solo alagado e em julho com solo seco e o tratamento sem preparo, devido às suas maiores taxas de decomposição.

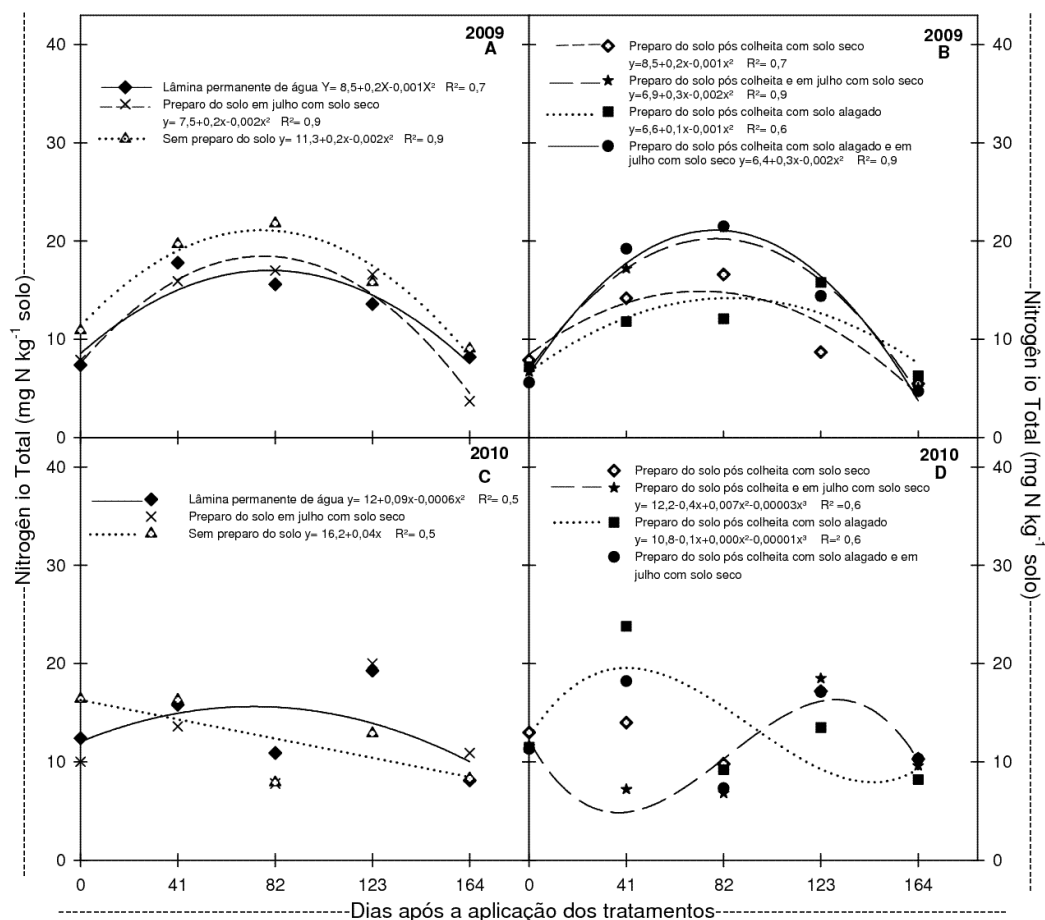


Figura 2.6- Teor de nitrogênio mineral do solo (mg N kg⁻¹ solo) nos tratamentos sem preparo de solo, com preparo de solo em julho e manutenção de lâmina de água (A e C), e preparo com solo seco pós colheita, pós colheita e em julho com solo seco, preparo pós colheita com solo alagado e preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco (B e D) nos anos 2009 e 2010, em avaliações realizadas a campo até 164 dias após a aplicação dos tratamentos. Santa Maria, RS. 2011.

Tabela 2.7- Teores de nitrogênio mineral total do solo, por data de amostragem para os tratamentos de manejo da palha de arroz nos anos de 2009 e 2010. Santa Maria, RS, 2011.

Nitrogênio mineral total (mg N kg ⁻¹ solo)					
Tratamentos	-----2009-----				
	Dias após aplicação dos tratamentos				
	0	41	82	123	164
-Lâmina de água	7,4 ^{ns}	17,8ab	15,6ab	13,7ab	8,2 ^{ns}
-Preparo pós colheita c/solo seco	7,9	14,2ab	16,6ab	8,7b	5,5
-Preparo pós colheita c/solo alagado	7,2	11,8b	12,1b	15,8ab	6,3
-Preparo solo seco em julho	7,9	15,9ab	17,0ab	16,6a	3,7
-Preparo pos colheita c/ solo alagado + preparo em julho c/ solo seco	5,6	19,2ab	21,5a	14,4ab	4,7
-Preparo pós colheita e em julho c/ solo seco	6,7	17,2ab	21,4a	14,4ab	5,1
-Sem preparo do solo	10,9	19,7a	21,8a	15,8ab	9,0
CV(%)			34		
-----2010-----					
-Lâmina de água	12,4 ^{ns}	15,8b	10,9 ^{ns}	19,3 ^{ns}	8,1 ^{ns}
-Preparo pós colheita c/solo seco	13,8	14b	9,8	17,2	10,3
-Preparo pós colheita c/solo alagado	10,5	23,8a	9,2	13,5	8,2
-Preparo solo seco em julho	10	13,6b	7,8	20,0	10,9
-Preparo pos colheita c/ solo alagado + preparo em julho c/ solo seco	11,3	18,2ab	7,3	17,1	10,3
-Preparo pós colheita e em julho c/ solo seco	13,7	16,3ab	4,6	18,4	11,3
-Sem preparo do solo	16,4	16,3ab	7,9	12,9	8,3
CV(%)			13,6		

* médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem pelo teste de tukey (p≤ 0,05)

^{ns} não diferem a nível de 0,05% de probabilidade.

Esse resultado leva a crer que, devido às maiores taxas de decomposição, o nitrogênio é mineralizado mais rapidamente. Porém, a perda de nitrogênio nesses tratamentos também foi elevada, podendo esse resultado estar associado à maior atividade dos decompositores com o revolvimento do solo e a aeração, possibilitando, dessa forma, maiores perdas por oxidação da matéria orgânica e por nitrificação (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Além disso, o preparo do solo provoca a inversão das camadas, sendo que as maiores concentrações de N estão presentes na superfície. Dessa forma, essa concentração é diluída no perfil do solo até a profundidade de trabalho do equipamento utilizado para revolvimento.

Há relato na literatura, em estudo de longa duração, que sugere que a incorporação da palha de arroz aumente o nitrogênio mineral do solo em ambientes de várzea (LINQUIST et al., 2006). Porém, nas condições do experimento, não foi observado ao final de 164 dias a elevação dos níveis de nitrogênio mineral do solo.

Na figura 2.6 C e D está apresentado o comportamento do nitrogênio total do solo no segundo ano. Não houve diferenças ao longo do tempo entre a maioria dos tratamentos, diferentemente do que aconteceu no ano anterior. Embora ocorresse essa variação durante os anos, o resultado final foi semelhante, uma vez que nenhum tratamento demonstrou acréscimo em seus valores ao final do período.

Cabe ressaltar que o aumento ocorrido nos teores de nitrogênio quando o preparo pós colheita foi realizado com solo alagado (Figura 2.6 D, 2010 e Tabela 2.7) nos primeiros 41 DAAT pode estar relacionado ao ambiente anaeróbio e consequente consumo do NO_3^- pelos decompositores, nesse ambiente reduzido, pois em ausência de oxigênio, ocorre a seleção de decompositores adaptados a esse ambiente. Dessa forma, há redução do número de decompositores devido à adversidade ambiental e pelo baixo poder energético das reações que ocorrem para geração de massa microbiana. Com isso, no ambiente anóxico não ocorre a nitrificação do N mineralizado acumulando-se na forma de NH_4 devido à redução dissimilatória do nitrato para amônio por bactérias específicas como o gênero *Clostridium*, (MOREIRA & SIQUEIRA 2006).

Por outro lado, a redução que ocorreu quando o preparo foi realizado pós colheita e em julho com solo seco pode estar relacionado com o regime de chuvas. Embora neste ano houvesse a redução de 37% no volume de chuva comparado com o ano anterior, o volume foi melhor distribuído, mantendo assim, o solo por um período maior com umidade suficiente para que ocorresse a desnitrificação (APÊNDICE 6).

Devido às grandes variações que o nitrogênio tem no solo, o qual sofre influência de vários fatores como umidade, temperatura, pH, entre outros (NOVAIS et al., 2007), a informação mais relevante que se deve considerar é que não ocorreu acréscimo nos teores de nitrogênio no final do período avaliado.

O comportamento do nitrogênio no solo demonstrou uma fase de crescimento, seguido por um decréscimo, onde atingiu valores próximos aos iniciais, caracterizando a baixa contribuição dos tratamentos para o N mineral do solo neste sistema produtivo. As perdas ocorridas por nitrificação e desnitrificação ocorrem simultaneamente no solo de várzea em período de elevada precipitação. O amônio (NH_4) formado a partir da mineralização do N orgânico sofre nitrificação, formando NO_3 que pode ser lixiviado ou difundir-se para sítios reduzidos e sofrer desnitrificação, sendo perdido na forma de N_2O e N_2 . Outra forma que reforça a explicação à falta de resposta do aporte de palha aos teores de N, foi o surgimento de plantas espontâneas que pelo seu crescimento ajudam a reduzir os teores de N do solo. Dessa forma surge mais uma evidência da necessidade de implantação de rotação e sucessão de cultura na várzea na intenção de aproveitar o N liberado da MSR antes que seja perdido.

Fósforo disponível do solo

Da mesma forma que ocorrem perdas de nitrogênio por vários processos, como lixiviação e volatilização, o fósforo presente no solo também está sujeito a perdas. Porém, não da mesma forma que o nitrogênio. As perdas consideradas para este nutriente é pela ligação com outros elementos como ferro, alumínio e cálcio (NOVAIS et al., 2007). Neste contexto, pode-se observar na figura 2.7 o comportamento do fósforo do solo nos diferentes tratamentos. A decomposição da palha e a elevação dos teores de fósforo no solo não apresentaram uma relação direta, pois apenas em dois tratamentos demonstraram acréscimo em seus valores (sem preparo e preparo pós colheita e em julho com solo seco), demonstrando diferenças significativas no decorrer do tempo.

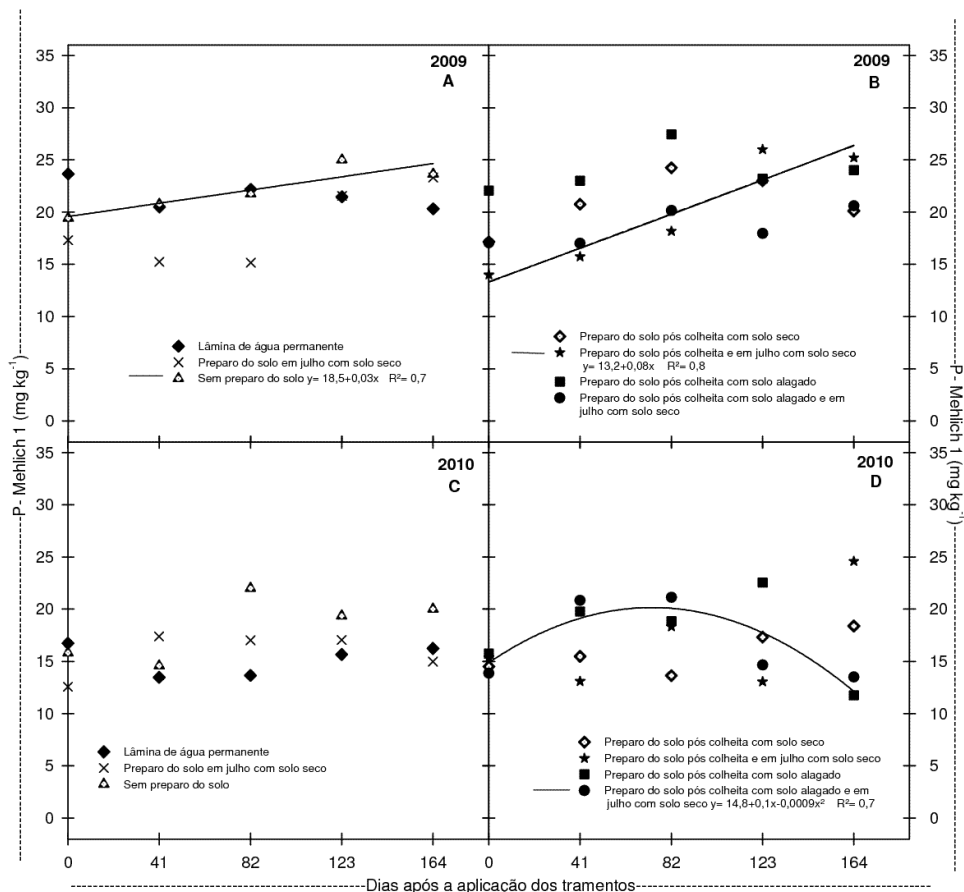


Figura 2.7- Teores de fósforo no solo (mg kg^{-1} de solo) nos tratamentos sem preparo de solo, com preparo de solo em julho e manutenção de lâmina de água (A e C), e preparo com solo seco pós colheita, pós colheita e em julho com solo seco, preparo pós colheita com solo alagado e preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco (B e D) nos anos 2009 e 2010, em avaliações realizadas a campo até 164 dias após a aplicação dos tratamentos. Santa Maria, RS. 2011.

Embora a adição de matéria orgânica favoreça a elevação dos teores de fósforo a sua liberação é devida à produção de CO_2 e ácidos orgânicos oriundos da mineralização que acidificam o meio (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Cerca de 90% do fósforo liberado é adsorvido na primeira hora de contato com o solo (NOVAIS et al., 2007). Dessa forma é possível que a falta de resposta tenha sido em decorrência da adsorção do fósforo nas frações

lável e não lábil, tornando o elemento indisponível para o próximo cultivo, devido a sua adsorção, concordando com os resultados encontrados por YADVINDER-SINGH et al. (2010).

No segundo ano, a decomposição da palha de arroz liberou valores próximos de 60 a 70% do fósforo, porém, apenas o preparo com solo alagado e em julho com solo seco demonstrou efeito significativo. No solo, a partir dos 82 DAAT, houve redução na concentração de fósforo estando esse resultado possivelmente associado ao regime hídrico, onde o solo passa por períodos de anaerobiose e posterior aerobiose, ocorrendo com isso aumento do fósforo disponível. Porém, com a reoxidação ocorre o processo de readsorção do fósforo na superfície do ferro oxidado tornando assim, os valores muito próximos ou inferiores ao inicial (HERNÁNDEZ; MEURER 2000).

Diferentemente do primeiro ano, o fósforo no solo apresentou comportamento quadrático. Ou seja, no ambiente várzea as frequentes alterações de umidade, temperatura, teores de ferro oxidado, além da alternância entre fósforo orgânico e não orgânico e a possível perda de fósforo por escurrimto superficial alteram o comportamento do fósforo no solo. Dessa forma, observa-se que na figura 2.7 C e D, 2010 e tabela 2.8, só houve diferença para o preparo do solo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco, porém considerando o efeito em cada data de avaliação, somente a última coleta apresentou diferença entre os tratamentos.

Tabela 2.8- Teores de fósforo do solo (mg kg^{-1} de solo) por data de amostragem para os tratamentos de manejo da palha de arroz nos anos de 2009 e 2010. Santa Maria, RS. 2011.

Fósforo disponível (mg N kg^{-1} solo)					
Tratamentos	-----2009-----				
	Dias após aplicação dos tratamentos				
	0	41	82	123	164
-Lâmina de água	23,6a	22 ^{ns}	22,1ab	21,4bc	20,3 ^{ns}
-Preparo pós colheita c/solo seco	17,1ab	18,5	21,2ab	21,1bc	21
-Preparo pós colheita c/solo alagado	22a	23,2	27,4a	23,2abc	24
-Preparo solo seco em julho	16,3ab	17	15,1b	21,5bc	20,3
-Preparo pos colheita c/ solo alagado + preparo em julho c/ solo seco	17ab	18,2	20,1ab	17,9c	18,1
-Preparo pós colheita e em julho c/ solo seco	11,1b	15,2	18,1b	30,7a	26,3
-Sem preparo do solo	19,4ab	19	21,7ab	30,1ab	24,9
CV(%)			9,2		
-----2010-----					
-Lâmina de água	14,6 ^{ns}	13,4 ^{ns}	13,6 ^{ns}	15,6 ^{ns}	16,2ab
-Preparo pós colheita c/solo seco	14,5	15,4	13,6	17,3	18,3ab
-Preparo pós colheita c/solo alagado	15,7	19,7	18,8	19,7	12,5b
-Preparo solo seco em julho	12,5	17,4	17	17	12,5b
-Preparo pos colheita c/ solo alagado + preparo em julho c/ solo seco	13,8	20,8	21	14,6	13,5b
-Preparo pós colheita e em julho c/ solo seco	19	13,6	18,3	17,4	24,5a
-Sem preparo do solo	15,8	14,5	19	19,3	20ab
CV(%)			9,8		

* médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem pelo teste de tukey ($p \leq 0,05$)

^{ns} não diferem a nível de 0,05% de probabilidade

De modo geral, pode-se considerar que a decomposição da palha do arroz pode trazer benefícios ao solo pela elevação dos teores de nutrientes, uma vez que no primeiro ano tanto o tratamento sem preparo do solo como aquele que teve dois preparos com o solo seco tiveram acréscimo nos teores de fósforo. No entanto, os resultados sugerem que o fósforo da palha pode não contribuir significativamente para a nutrição da próxima cultura em curto prazo, mas os preparos do solo o tornam incorporado em diferentes formas de fósforo orgânico e inorgânico do solo.

Potássio disponível do solo

Diferentemente do fósforo, o teor potássio do solo apresentou redução significativa para os tratamentos que tiveram algum tipo de preparo de solo, no primeiro ano (Figura 2.8 A e B 2009). É possível que o revolvimento do solo tenha facilitado a taxa de infiltração de água e, dessa forma, tenha carreado o potássio disponível da solução do solo para uma profundidade superior à da coleta de solo. Além disso, a drenagem da água nos tratamentos com solo alagado pode ter contribuído para redução dos níveis de potássio no solo.

Por outro lado, a falta de resposta no tratamento com lâmina de água permanente pode estar relacionada à baixa taxa de infiltração de água no perfil e, dessa forma, pouco potássio foi lixiviado. Além disso, a água permaneceu sem ser drenada durante todo o período, dificultando assim a lixiviação lateral (escoamento) do potássio.

No segundo ano, o potássio do solo não foi influenciado pelas datas de coleta nem pelos sistemas de preparo do solo (Figura 2.8 C, 2010), resultado diferente do primeiro ano, quando houve redução em suas concentrações em função dos sistemas de preparos. Os valores de potássio obtidos, no segundo ano permaneceram em torno de $0,16 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo, sendo praticamente o mesmo valor alcançado na última coleta do primeiro ano. De certa forma, a falta de resposta mostra o equilíbrio entre a fração lábil ligada às cargas negativas do solo e o limite da capacidade de retenção do potássio na solução do solo, com isso, representando o equilíbrio entre a fração trocável com a não trocável.

As ligações e o equilíbrio do potássio no solo são diretamente influenciados pelas forças de ligações que dão origem as diferentes formas e disponibilidade de potássio no solo (NOVAIS et al. 2007).

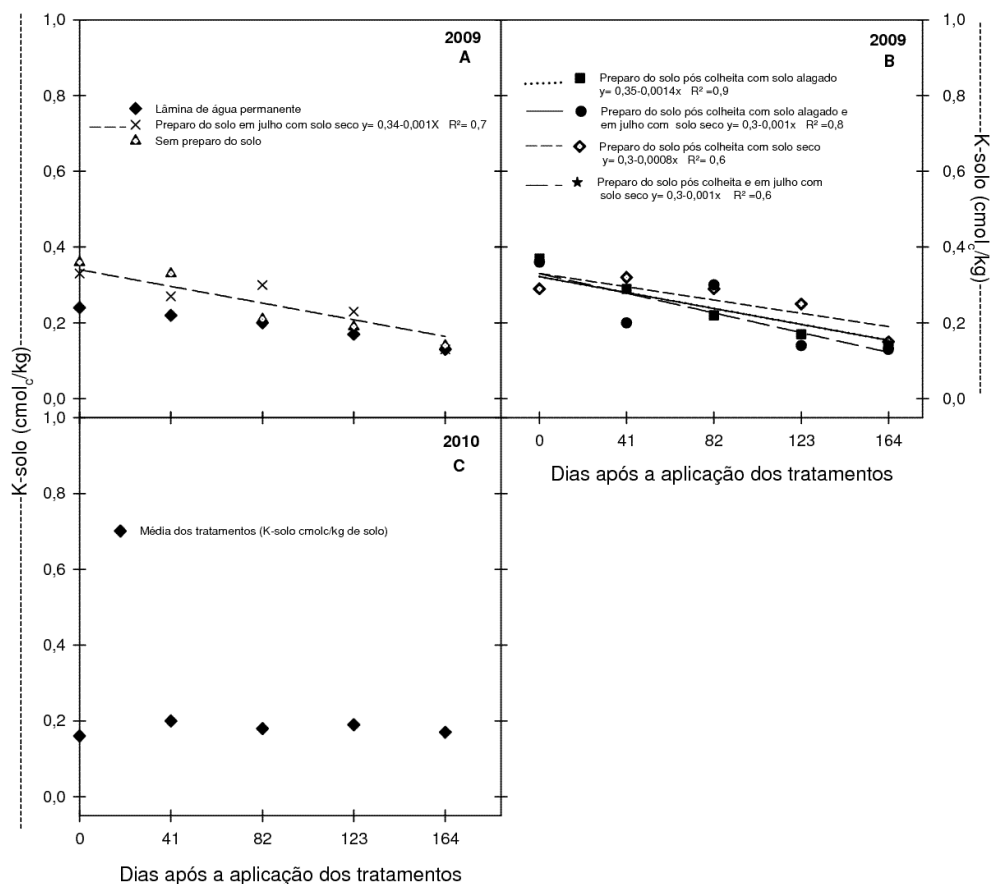


Figura 2.8- Teores de potássio do solo ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ solo) nos tratamentos com lâmina permanente de água, sem preparo de solo, e preparo do solo em julho (A), e preparo do solo seco pós colheita, pós colheita e em julho com solo seco, preparo pós colheita com solo alagado e preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco (B), nos anos de 2009 e a média geral de todos os tratamentos (C) no ano de 2010. Santa Maria, RS. 2011

De forma geral, deve-se agregar a essas informações o fato de que os preparos do solo com seus respectivos manejo da palha influenciam diferentemente para cada manejo proposto. A manutenção da lâmina de água e a manutenção da palha na superfície do solo mantiveram ao final do período avaliado os maiores teores dos elementos monitorados, no entanto, esses

manejos podem não ser interessantes em anos com precipitações elevadas devido ao possível atraso no preparo do solo e por consequência, na semeadura.

A liberação de nutrientes da palha de arroz aumenta a disponibilidade no solo em um primeiro momento, porém ao final do período avaliado se observa pouca contribuição em relação aos valores iniciais.

Conclusões

A manutenção da lâmina de água na lavoura beneficia a permanência da matéria seca e nitrogênio da palha.

De forma geral há liberação de grande quantidade de potássio retido na palha de arroz, sendo 90% liberado até os 41 dias após a aplicação dos tratamentos

Os diferentes manejos do solo não aumentam os teores de nitrogênio, fósforo e potássio disponível do solo ao final do período avaliado.

A incorporação da palha com solo alagado foi o preparo que demonstrou mais rápida decomposição e maior liberação de nutrientes para o sistema.

Referências bibliográficas

AITA C.; GIACOMINI S. J. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p. 601-612, 2003.

BIANCHINI JR., I.; CUNHA-SANTINO, M. B.; PERET, A. M. Oxygen demand during mineralization of aquatic macrophytes from an oxbow lake. **Brazilian Journal Biologic**, v. 68, p. 61-67, 2008.

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.

BIRD, J. A. et al. Long-term studies find benefits, challenges in alternative rice straw management. **CALIFORNIA AGRICULTURE**, p.69-75, 2002.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.147-157, 2009.

CHRISTENSEN, B.T. Wheat and barley straw decomposition under field conditions: effect of soil type and plant cover on weight loss, nitrogen and potassium content. **Soil Biology Biochemistry**, v.17 p.691-697, 1985.

COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, v.40, p.436-443, 2000.

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

EAGLE A. J., et al., Rice yield and nitrogen utilization efficiency under alternative straw management practices. **Agronomy Journal** v.92, p.1096-1103, 2000.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

FEENEY, D.S., et al. Impact of fungal and bacterial biocides on microbial induced water repellency in arable soil. **Geoderma**, v.135, p.72–80, 2006.

FROSSARD, E.; FROSSARD, M.; HEDLEY, M. J.; MATHERELL, A. Reactions controlling the cycling of P in soil. In: TIESSNM, H. (Org.). Phosphorus in the global environment: transfers, cycles and management. Chichester: J. Wiley, p. 107-146, 1995.

GALE, P. M., REDDY, K. R.; GRAETZ, D. A. Mineralization of sediment organic matter under anoxic conditions. **Journal Environmental Quality** v. 21, p.394-400, 1992.

GIACOMINI S. J. et al. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.38,p. 1097-1104, 2003.

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

GOMES, A. S., MAGALHÃES, A.M.J. **Arroz irrigado no sul do Brasil**. 1ª Ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnologia . 2004. 899p.

GOMES, A.S., PAULETTO E.A., **Manejo do solo e da água em áreas de várzea**. 1ª Ed. Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 1999, 201 p.

HALVERSON, L.J., JONES, T.M.; FIRESTONE, M.K. Release of intracellular solutes by four soil bacteria exposed to dilution stress. **Soil Science Society of America Journal**, n.64, p.1630–1637, 2000.

HERNÁNDEZ J., MEURER E. J. Disponibilidade de fósforo em seis solos do Uruguai afetada pela variação temporal das condições de oxirredução. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24 p.19-26, 2000.

JENSEN, K.D., et al. Effects of experimental drought on microbial processes in two temperate heathlands at contrasting water conditions. **Applied Soil Ecology**, v.24, p.165–176, 2003.

LINQUIST, B. A., BROUDER S. M., HILL J. E. Winter straw and water management effects on soil nitrogen dynamics in California rice systems. **Agronomy Journal**, v.98, p.1050-1059, 2006.

LUNDQUIST, E.J. et al. Rapid response of soil microbial communities from conventional, low input and organic farming systems to a wet/dry cycle. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 31, p.1661-1675, 1999.

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

MISHRA, B., SHARMA, P. K. AND BRONSON, K. F. Decomposition of rice straw and mineralization of carbon, nitrogen, phosphorus and potassium in wheat field soil in western Uttar Pradesh. **Journal Indian Society of Soil Science**, v.49 p.419-424, 2001.

MONGKOL T, A. P. Improvement of paddy soil for organic rice (in Thai). Department of Extension Cooperative, Ministry of Agriculture and cooperatives, 22p. 2006.

MOORHEAD D. L., AND SINSABAUGH R. L. A theoretical model of litter decay and microbial interaction. **Ecological Monographs**, v.76, p. 151–174, 2006.

MOREIRA F. M. S., SIQUEIRA J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. 2ª Ed. Lavras, UFLA. 2006. 729p.

MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. Secretaria da Agricultura. **Divisão de Terras e Colonização**, Porto Alegre, 1961.

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.

OLK, D.C. et al. Changes in chemical properties of organic matter with intensified rice cropping in tropical lowland soil. **European Journal of Soil Science**, v.47, p.293-303, 1996.

POLIZELI, M. L. T.; et al. Xylanases from fungi: properties and industrial applications. **Appl. Microbiology Biotechnology** v. 67, p. 577-591, 2005.

POLTHANEE, A. et al. Effect of rice straw management and organic fertilizer application on growth and yield of dry direct-seeded rice. **Paddy and Water Environment**, v.6 p.237-241, 2008.

QUEMADA M. et al. Predicting crop residue decomposition using moisture adjusted time scales. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.70, p.283-291, 2004.

ROMANÍ, A. M. Interactions of bacteria and fungi on decomposing litter: differential extracellular enzyme activities. **Ecology**, v. 87, p. 2559-2569, 2006.

SANTOS, G. A., et al. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais. 2ª ed. Porto Alegre: Metropole, 2008, 654p.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas, RS: SOSBAI, 2007. 154p.

SHINDO, H.; NISHIO T. Immobilization and remineralization of N following addition of wheat straw into soil: determination of gross N transformation rates by ¹⁵N-ammonium isotope dilution technique. **Soil Biology & Biochemistry**, v.37 p. 425-432, 2005.

TAKAHASHI S., et al. Short and long-term effects of rice straw application on nitrogen uptake by crops and nitrogen mineralization under flooded and upland conditions. **Plant and Soil**, v.251 p.291-301, 2003.

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).

VAN SOEST, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for determination of fiber and Lignin. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**. v.46, p.829, 1963.

VAN SOEST, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cellwall constituents. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**. v.50, p.50, 1967.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.743-755, 2009.

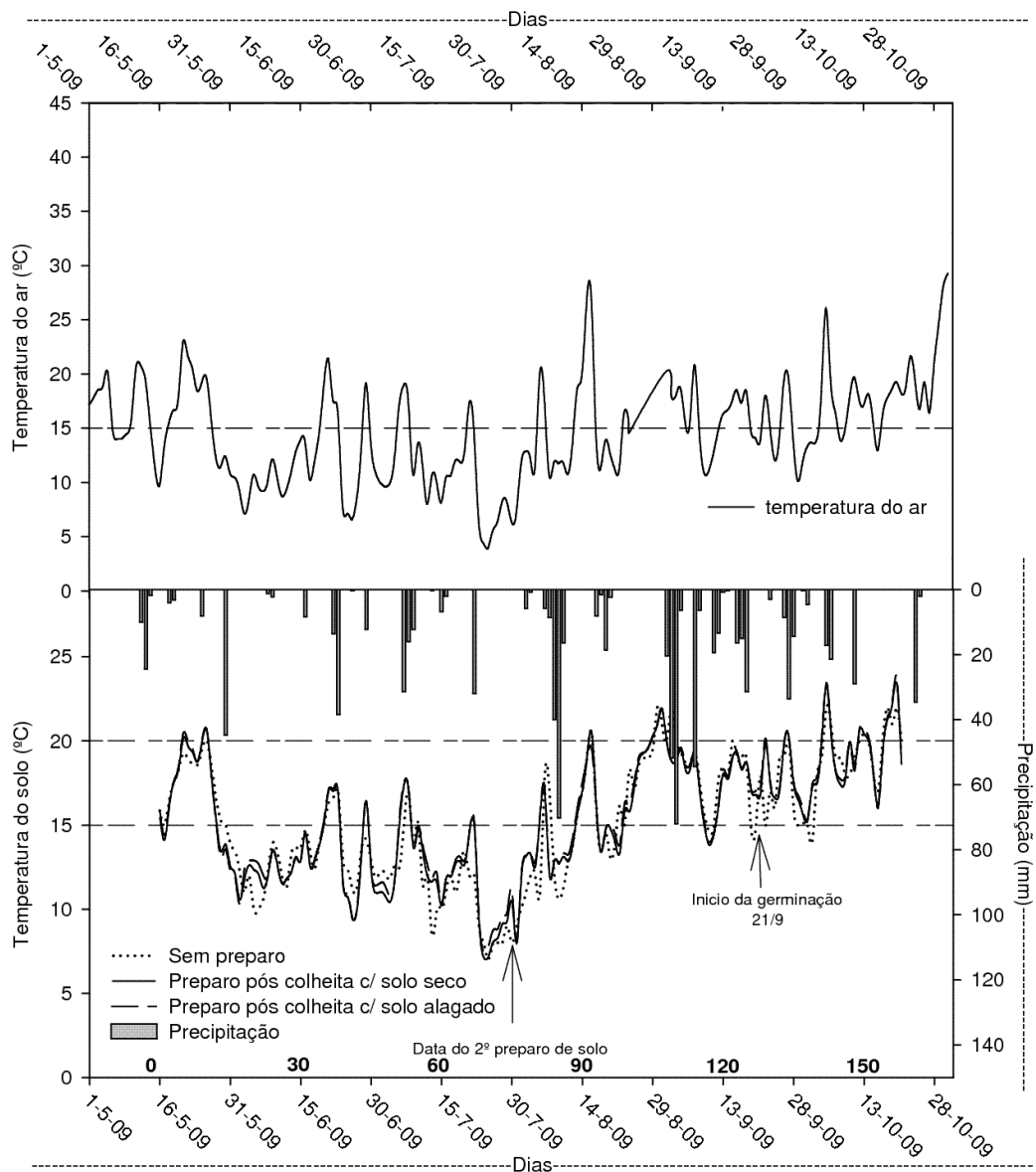
WIEDER R. K., AND LANG G.E., A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, v.63,p. 1636-1642, 1982.

XIMENES, E. A.; FÉLIX, C. R. O sistema celulolítico de microrganismos anaeróbios: uma mini-revisão sobre o celulosoma. **Universitas Ciências da Saúde**, v.1,p.335-341, 2003.

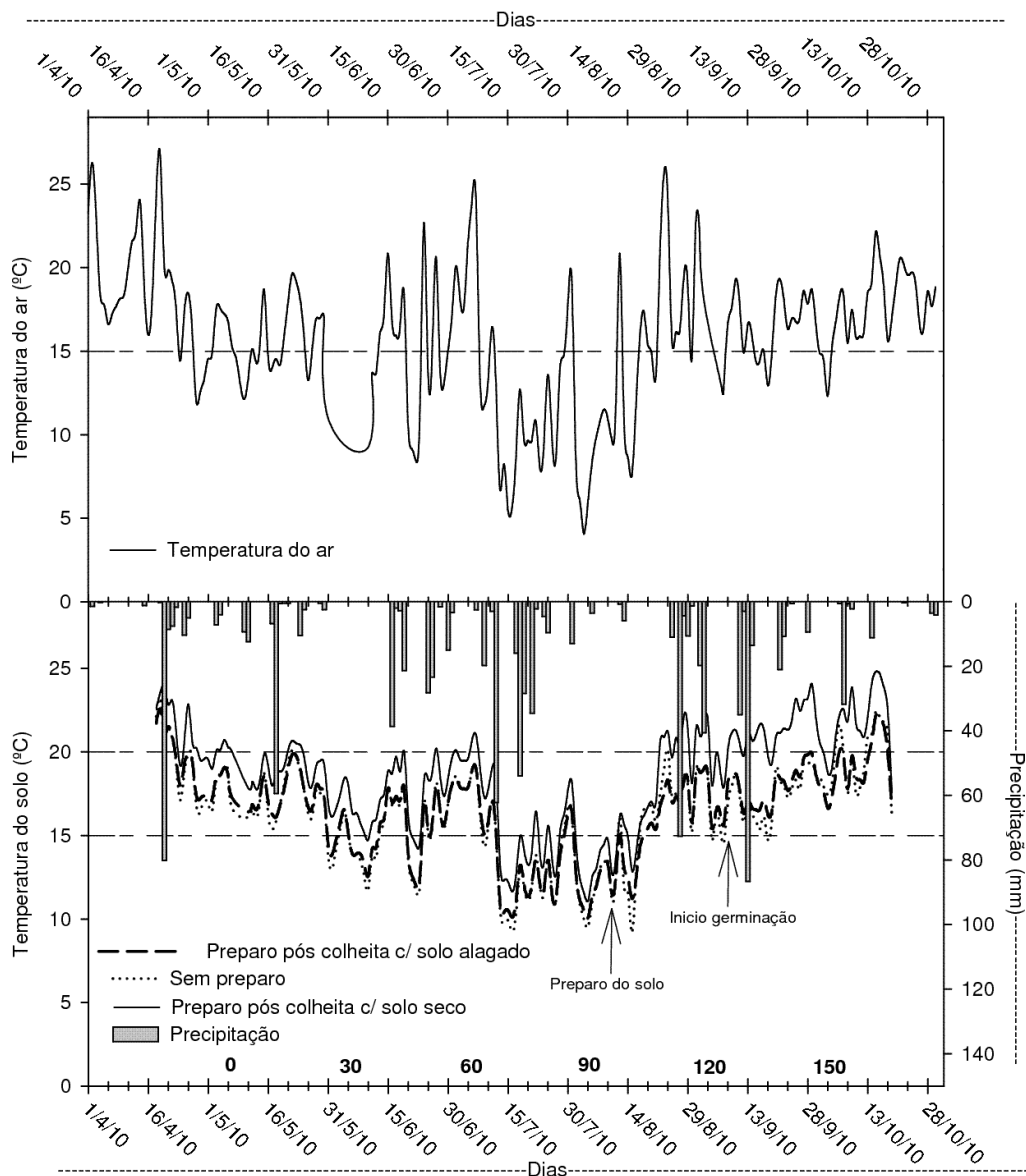
YADVINDER-SINGH R. K. G. et al. Placement effects on rice residue decomposition and nutrient dynamics on two soil types during wheat cropping in rice-wheat system in northwestern India. **Nutrient Cycling Agroecosystems**, v.88, p.471-480, 2010.

ZHANG, B. et al., Microbial biomass dynamics and soil wettability as affected by the intensity and frequency of wetting and drying during *straw decomposition*. **European Journal of Soil Science**, v.58, p.1482-1492, 2007.

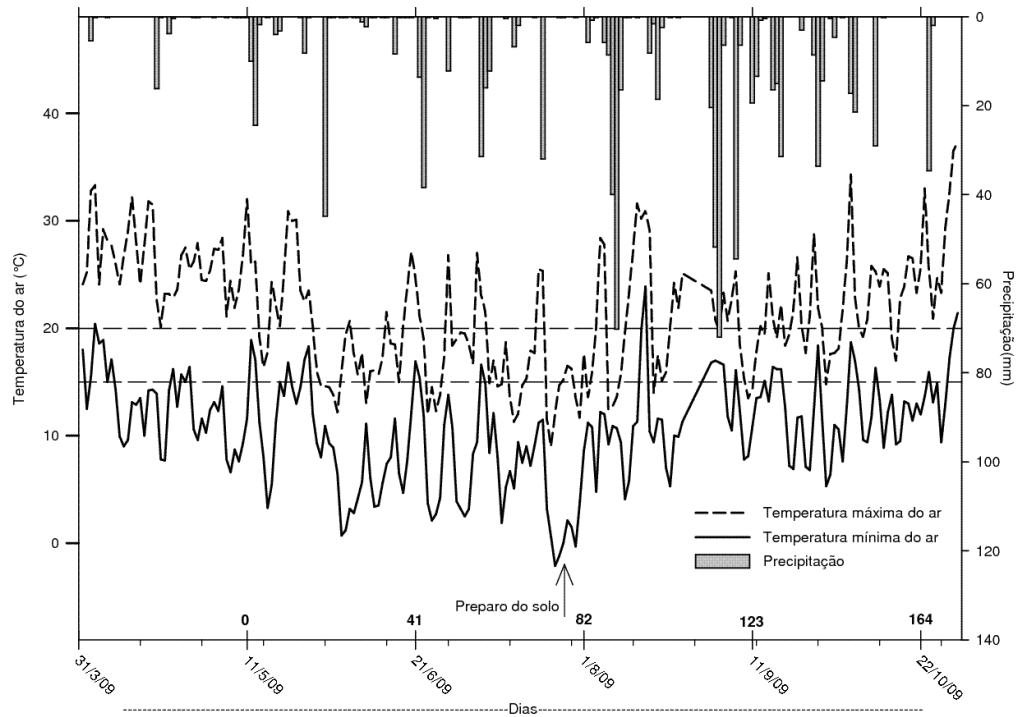
APÊNDICES:



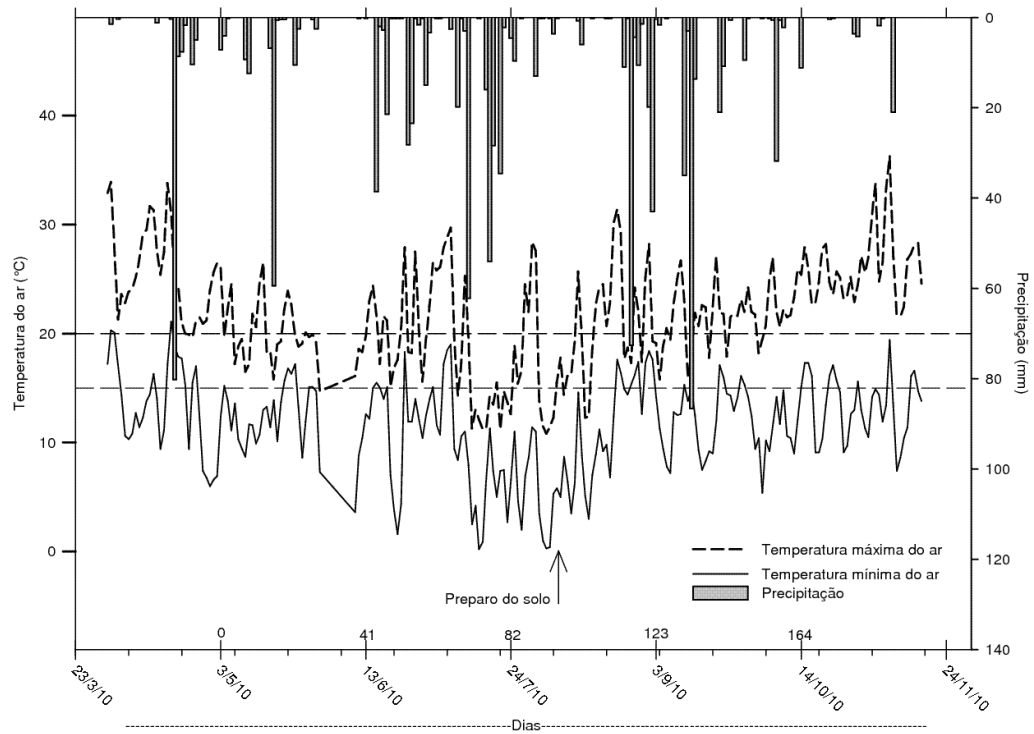
APÊNDICE 1- Temperatura do ar, e do solo (°C) e precipitação (mm) nos tratamentos com preparo pós colheita com solo seco, com solo alagado, e sem preparo de solo, no período de maio a outubro de 2009. Santa Maria, RS. 2011.



APÊNDICE 2- Temperatura do ar, e do solo (°C) e precipitação (mm) nos tratamentos com preparo pós colheita com solo seco, solo alagado, e sem preparo de solo, no período de maio a outubro de 2010. Santa Maria, RS. 2011.



APÊNDICE 3- Temperatura mínima e máxima do ar (°C) e precipitação (mm), no período de 31 de março a 31 de outubro de 2009. Santa Maria, RS. 2011.



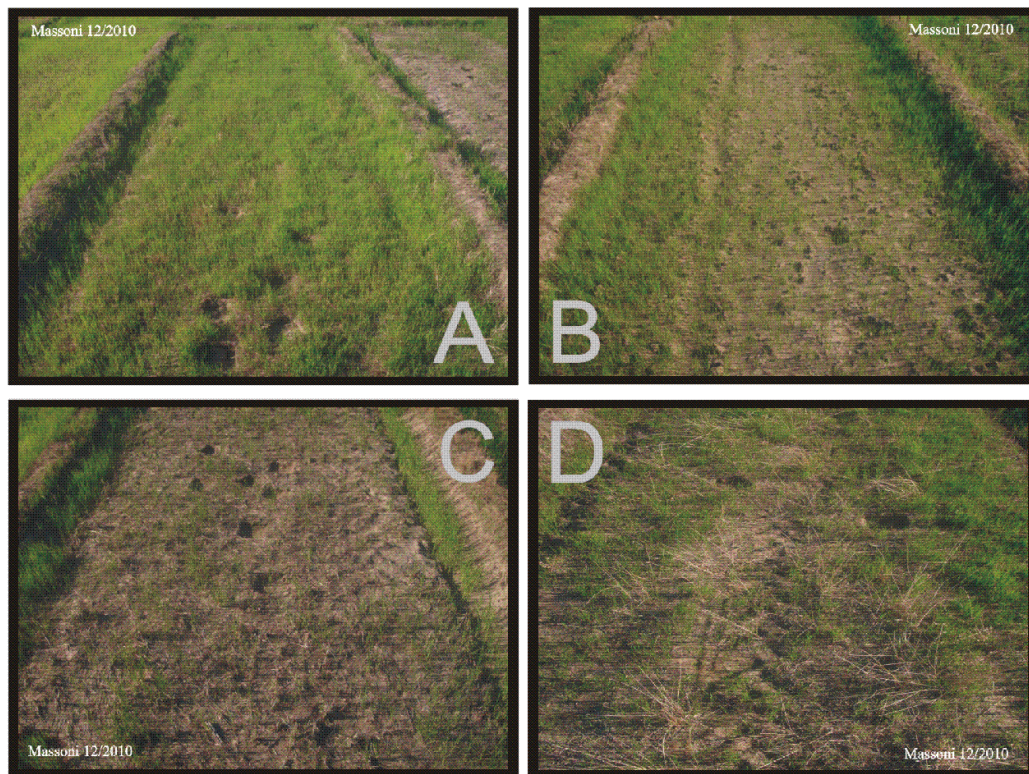
APÊNDICE 4- Temperatura mínima e máxima do ar (°C) e precipitação (mm), no período de 23 de março a 30 de novembro de 2010. Santa Maria, RS. 2011.

APÊNDICE 5- Temperatura média, máxima e mínima (°C) precipitação pluvial (mm) a cada semana no período de coleta das bolsas de decomposição durante o período em que as mesmas permaneceram no campo, no ano de 2009. Santa Maria, RS. 2011.

Datas		Dias	Temp méd	Temp min	Temp máx	Precipitação
			-----°C-----			mm
11/05/9	17/5/9	0-7	15,8	3,3	32,0	89,0
18/5/9	24/5/9	7-14	19,1	11,2	30,9	36,0
25/5/9	31/5/9	14-21	14,1	8,0	23,5	111,2
1/6/9	7/6/9	21-28	9,3	0,7	20,7	2,2
8/6/9	14/6/9	28-35	11,0	3,4	21,5	4,2
15/6/9	21/6/9	35-42	15,2	4,7	27,1	22,8
22/6/9	28/6/9	42-49	12,1	2,1	26,8	64,8
29/6/9	5/7/9	49-56	12,8	2,5	27,0	12,8
6/7/9	12/7/9	56-63	13,5	1,9	27,0	60,0
13/7/9	19/7/9	63-70	10,8	5,1	18,7	9,4
20/7/9	26/7/9	70-77	9,0	-2,1	25,5	32,6
27/7/9	2/8/9	77-84	9,1	-0,3	17,6	7,0
3/8/9	9/8/9	84-91	13,4	4,8	28,4	142,0
10/8/9	16/8/9	91-98	17,9	4,1	31,6	25,2
17/8/9	23/8/9	98-105	13,4	5,3	29,1	31,2
24/8/9	30/8/9	105-112	17,1	9,9	25,1	20,6
31/8/9	6/9/9	112-119	18,2	10,5	25,3	205,2
7/9/9	13/9/9	119-126	14,7	7,8	25,3	94,8
14/9/9	20/9/9	126-133	16,4	6,9	25,1	63,2
21/9/9	27/9/9	133-140	15,8	6,8	28,8	59,6
28/9/9	4/9/9	140-147	15,1	5,3	34,3	36,8
5/9/9	11/9/9	147-154	18,2	9,4	34,3	67,6
12/9/9	18/9/9	154-161	16,8	8,9	26,7	0,2
19/9/9	24/9/9	161-167	19,0	11,4	33,0	36,6
Média			14,5	5,5	26,9	51,9
Total						1.235

APÊNDICE 6- Temperatura média, máxima e mínima do ar (°C) precipitação pluvial (mm) a cada semana no período de coleta das bolsas de decomposição durante o período em que as mesmas permaneceram no campo, no ano de 2010. Santa Maria, RS. 2011.

Datas		Dias	Temp méd	Temp min	Temp máx	Precipitação
			-----°C-----			mm
03/05/10	10/5/10	0-7	15,5	8,7	26,1	20,8
10/5/10	17/5/10	7-14	14,7	8,7	26,5	28,5
17/5/10	24/5/10	14-21	16,7	10,1	23,9	78,3
24/5/10	31/5/10	21-28	15,5	7,3	20,1	16,5
31/5/10	7/6/10	28-35	15,3	7,3	19,8	13,0
7/6/10	14/6/10	35-42	14,6	3,6	22,9	10,9
14/6/10	21/6/10	42-49	15,7	3,8	24,4	65,2
21/6/10	28/6/10	49-56	14,4	1,6	27,9	54,0
28/6/10	5/7/10	56-63	17,1	10,4	27,9	20,6
5/7/10	12/7/10	63-70	17,2	7,9	29,7	87,8
12/7/10	19/7/10	70-77	8,8	0,2	19,8	160,8
19/7/10	26/7/10	77-84	10,1	2,7	18,9	79,4
26/7/10	2/8/10	84-91	12,3	1,0	28,4	13,6
2/8/10	10/8/10	91-98	8,6	0,3	17,8	4,2
10/8/10	16/8/10	98-105	11,6	3,0	25,7	7,0
16/8/10	23/8/10	105-112	16,8	6,8	31,4	0,6
23/8/10	30/8/10	112-119	18,8	12,6	31,4	100,2
30/8/10	6/10/10	119-126	17,9	7,8	28,2	66,4
6/10/10	13/10/10	126-133	14,6	7,2	26,7	124,8
13/10/10	20/10/10	133-140	16,7	7,5	27,1	100,2
20/10/10	27/10/10	140-147	15,1	12,0	27,1	32,4
27/10/10	4/10/10	147-154	14,5	5,4	24,3	9,8
4/10/10	11/10/10	154-161	17,5	9,2	27,0	35,4
11/10/10	17/10/10	161-167	16,9	9,0	27,9	11,2
Média			14,9	6,4	25,5	47,6
Total						1.141,6



APÊNDICE 7- Densidade de plantas de arroz vermelho após dois anos com preparo pós colheita com solo seco (A), preparo pós colheita com solo alagado e em julho com solo seco (B), lâmina permanente de água (C), sem preparo de solo (D). Santa Maria-RS, 2011.