

PROJETO DE PESQUISA

SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA LAVOURA ORIZÍCOLA EM TERRAS BAIXAS

Porto Alegre, março de 2015

IDENTIFICAÇÃO DA PROPOSTA

O trabalho em tela, de natureza público-privada (UFRGS/IRGA/EMBRAPA/Fazenda Corticeiras/Serviço de Inteligência no Agronegócio-SIA e Integrar – Gestão e Inovação Agropecuária se refere a um protocolo de pesquisa que foi iniciado em março de 2013. Trata-se de um trabalho de longa duração (até junho de 2023) e aborda sistemas de produção agrícola (arroz irrigado, soja e milho) e pecuária (bovinos de corte). Os sistemas em estudo envolvem as variáveis diversidade e intensidade de modo a representar modelos de produção para os diferentes cenários nas terras baixas no Rio Grande do Sul, tendo o arroz como a cultura de referência. Tais modelos de exploração têm potencial de aplicação em mais de cinco milhões de hectares desse ambiente, ocupados predominantemente com pecuária extensiva, mas com infraestrutura de produção de arroz irrigado de três milhões de hectares. Porém sua utilização anual é de somente em torno de um milhão de hectares, determinada pela limitação de mananciais e ocorrência de plantas daninhas, especialmente o arroz vermelho.

A principal **questão prática** é a crescente descapitalização dos produtores de arroz no Estado, pelo esgotamento das fontes de financiamento a juros baixos, para a produção do cereal e sua comercialização, bem como o processo de globalização e liberação das economias, que não mais permitem que se alcancem as margens de ganhos obtidas no passado, mesmo com os atuais níveis de produtividade ($7,5 \text{ Mg ha}^{-1}$), que se equiparam ao dos países mais produtivos. O binômio de produção arroz irrigado-pecuária extensiva é, então, pouco diverso e de alto risco, também determinado pela dominância do sistema de arrendamento, gerando receita única para os parceiros: carne ao proprietário e arroz ao arrendatário.

Por outro lado, a principal **questão científica** deste trabalho é a oportunidade de explorar sinergismos e propriedades emergentes, frutos de interações nos compartimentos solo-planta-animal-atmosfera de áreas que integram atividades de produção agrícola e pecuária continuadas no tempo. Assim, ao longo do trabalho e no contexto da multi-interdisciplinaridade, serão desenvolvidas diversas ações nas temáticas que envolvem o manejo de plantas forrageiras, produção e comportamento animal, manejo e produção de grãos, características e propriedades do solo e produção e rendimento econômico do sistema, com o gerenciamento dos pesquisadores envolvidos. Espera-se, com a continuidade do projeto, exercitar uma abordagem sistêmica no uso das tecnologias de manejo de sistemas de integração lavoura-pecuária dentro do preceito conservacionista (sistema plantio direto) e que seja economicamente viável e sustentável no tempo.

A Fase I do projeto, do inverno de 2013 à safra de verão 2016/17, contempla os seguintes sistemas de produção agrpecuária : **1. Sistema padrão (SP):** pousio (inverno de 2013) – arroz – pousio...arroz (2016/17); **2. Sucessão rápida, com baixa diversidade:** azevém (inverno de 2013)

– arroz – azevém...arroz (2016/17); **3. Rotação rápida, com moderada diversidade:** azevém (inverno de 2013) – soja – azevém– arroz – azevém - soja...arroz (2016/17); **4. Rotação lenta, com alta diversidade:** azevém / trevo branco (inverno de 2013)– capim-sudão– azevém / trevo branco– soja – azevém / trevo branco– milho – azevém / trevo branco– arroz (2016/17) **5. Rotação lenta, com muito alta diversidade:** azevém / trevo branco / cornichão (inverno de 2013)– campo de sucessão – azevém / trevo branco / cornichão– campo de sucessão– azevém / trevo branco / cornichão– campo de sucessão– azevém / trevo branco / cornichão– arroz (2016/17). As pastagens de inverno, assim como o campo de sucessão e o capim sudão, são pastejadas por bovinos de corte. Nesse contexto, o foco da presente pesquisa é a capacidade de produção de grãos e de carne, correção da acidez e da fertilidade do solo, assim como a ciclagem de nutrientes (entradas e saídas) pelos diversos compartimentos (pasto, animal, cultivos de grãos e ambiente) do sistema, tendo o solo como o compartimento centralizador dos processos, capturando o sentido das modificações enquanto os cultivos se sucedem, tanto quanto a presença de animais.

O protocolo experimental servirá de base para a formação de mestres, doutores e pós-doutores e de alunos de iniciação científica, assim como para a realização de Dias de Campo, para técnicos e produtores no ambiente de várzea. O Grupo de Pesquisa em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA/UFRGS) possui experiência de 13 anos em ambiente de terras altas do Planalto, com o protocolo “Integração soja-bovinos de corte em plantio direto” e de 11 anos da Depressão Central, com protocolo “Integração soja/milho-ovinos, em plantio direto”. Atualmente esses protocolos acolhem cinco estudantes de mestrado, onze de doutorado, dois pós-doutorandos e três estudantes de iniciação científica. De comum a todos os projetos, é a necessidade constante de viagens a locais distantes, como consequência da filosofia de não limitar a atuação do Grupo em pesquisa e extensão ao entorno da Universidade, incluindo a realização de Dias de Campo, com uma grande afluência de participantes.

Palavras-chave: Integração lavoura-pecuária, arroz, soja, milho, plantas forrageiras, pecuária de corte

QUALIFICAÇÃO DO PROBLEMA

A produção de arroz no Brasil é originária, principalmente, das lavouras irrigadas do Rio Grande do Sul (RS), onde são cultivados anualmente entre 1,0 e 1,2 milhão de hectares desse cereal. Esta área corresponde a 32% da área total cultivada com arroz no país e responde por 60 a 65 % da produção nacional desse cereal. No contexto estadual, a cadeia produtiva do arroz tem significativo impacto socioeconômico, já que emprega, direta e indiretamente, mais de 200 mil pessoas. A

produção total no Estado tem sido na média dos últimos anos, de cerca de 7,5 milhões de toneladas (40% do total de grãos produzidos) (IRGA, 2013), o que faz do cultivo do arroz irrigado uma das principais atividades agrícolas do Rio Grande do Sul.

Entretanto, nos últimos anos, tem havido uma crescente descapitalização dos produtores de arroz no Estado. O esgotamento das fontes de financiamento a juros baixos, para produção, comercialização e investimentos, bem como o processo de globalização e liberação das economias, que submeteram o setor às condições de livre mercado, principalmente com o MERCOSUL, não mais permitem que se alcancem as margens de ganhos obtidas no passado, mesmo com os atuais níveis de produtividade, que se equiparam aos de países como EUA, Austrália e Japão. Um exemplo desse cenário desfavorável foi verificado na safra 2010/11, quando foi alcançada a marca recorde de nove milhões de toneladas produzidas. Em contrapartida, o preço pago ao produtor tem oscilado ao longo do tempo, chegando muitas vezes a patamares insustentáveis, tanto pelo excedente nacional, quanto pelo alto volume importado de países vizinhos, como Uruguai e Argentina.

Este panorama agravou a descapitalização de muitos produtores, que têm enfrentado dificuldades de acesso ao crédito oficial, pela recorrente inadimplência. Com isso, devido ao endividamento na rede bancária, os produtores de arroz têm buscado alternativas de financiamento junto a fornecedores e indústrias de beneficiamento, pelo adiantamento de insumos, ou mesmo moeda, para pagamento em produto na época de colheita, normalmente quando o preço médio de venda é menor, o que acarreta prejuízos, em especial aos pequenos produtores.

A prática da monocultura do arroz constitui-se em agravante nesse cenário, especialmente após o advento da tecnologia *Clearfield*[®] (variedades de arroz resistentes ao grupo químico das imidazolinonas), o que permite o controle do arroz vermelho, a principal planta daninha da cultura. Essa tecnologia permitiu que os arrozeiros utilizassem áreas antes consideradas condenadas ao cultivo, pela infestação do arroz vermelho. O uso continuado dessa ferramenta, entretanto, gerou inúmeros casos de resistência do arroz vermelho ao herbicida empregado para o seu controle, o que tem ocasionado sistemática redução na produtividade de grãos, pela crescente infestação e competição com o arroz vermelho resistente em extensas áreas do Estado.

Os fatores elencados podem tornar a atividade orizícola insustentável para uma grande parcela de produtores de arroz a médio e longo prazos no Rio Grande do Sul, gerando um nefasto impacto social sobre comunidades excessivamente dependentes da cadeia produtiva do arroz. Uma das alternativas para reversão desse quadro é o estímulo à adoção de sistemas integrados de produção em terras baixas, com vistas à diminuição de riscos e maior retorno econômico. Entretanto, são escassos os trabalhos científicos que fomentem a diversificação nesse ambiente no

Rio Grande do Sul, o que dificulta a massificação na transferência de tecnologia, muito embora haja muitos produtores adotando a rotação de culturas e integração lavoura-pecuária em terras baixas com relativo sucesso. Este fato é um indicador da deficiência das instituições de pesquisa e extensão em direcionar esforços para a orientação de mudanças nos conceitos de produção em propriedades essencialmente orizícolas.

Diante do exposto, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em conjunto com o Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), a Embrapa Pecuária Sul e a empresa Serviço de Inteligência no Agronegócio (SIA) e a Integrar – Gestão e Inovação Agropecuária implantaram um protocolo experimental em março de 2013 em uma propriedade privada no município de Cristal (RS), com o intuito principal de aportar à lavoura orizícola do Rio Grande do Sul oportunidades de formatação de sistemas de produção agrícola (arroz, soja e milho) integrada com a produção pecuária (gado de corte) para fins de sustentabilidade ambiental, produtiva e econômica. Assim, estudos com essa abrangência constituem o caráter ineditista desta proposta e se somarão a novos estudos futuros, nas mais diversas temáticas, dando a este protocolo experimental, o necessário caráter interdisciplinar, com vistas ao aproveitamento do projeto em suas mais amplas possibilidades.

OBJETIVOS E METAS

Objetivos gerais

1. Fomentar a diversificação de culturas em áreas historicamente destinadas ao cultivo de arroz, com a introdução de soja, milho, capim-sudão, forrageiras de inverno e pecuária de corte no contexto das propriedades rurais na metade sul do Rio Grande do Sul e;
2. Garantir a sustentabilidade econômica, ambiental e cultural da atividade orizícola no Rio Grande do Sul, através de novos conceitos de produção, onde o arroz passe a fazer parte de um sistema produtivo diversificado.

Metas

A principal meta deste protocolo é avançar no conhecimento científico do funcionamento dos sistemas integrados de produção agrícola e pecuária em terras baixas, bem como obter recomendações para o adequado manejo desses sistemas em plantio direto, com vistas ao aumento da rentabilidade e da sustentabilidade agrícola pela exploração da atividade da pecuária de corte.

O caráter multidisciplinar do protocolo proposto apresenta amplas possibilidades de exploração, não apenas no período compreendido nesta proposta de auxílio, mas por vários anos.

Espera-se que esse protocolo experimental atraia pesquisadores e estudantes não apenas do Rio Grande do Sul, mas também de outras regiões do Brasil e do Cone Sul. A pesquisa ora proposta permitirá a formação de recursos humanos tanto de pós-graduação, como de graduação e nível técnico. Além disso, espera-se que este projeto gere dados suficientes para a publicação de pelo menos seis artigos científicos. O projeto também tem por meta, obviamente, assegurar as condições para que este protocolo experimental não termine antes de 2017, quando se iniciará mais um ciclo de rotação, com o retorno da cultura do arroz em todos os tratamentos.

Por último, os resultados deste projeto, somado aos de outras frentes de pesquisa e extensão liderados pelas instituições engajadas nessa temática, resultará em um conjunto de tecnologias inovadoras para a transferência aos produtores, tanto de lavoura como pecuaristas, que desenvolvem suas atividades produtivas nas terras baixas do Rio Grande do Sul.

METODOLOGIA E ESTUDOS PROPOSTOS

Histórico da área, tratamentos e manejo do solo, das espécies cultivadas e dos animais

O protocolo, base para a abordagem da temática em foco, foi iniciado em março de 2013, a partir da parceria público-privada antes mencionada. O experimento está sendo conduzido em área pertencente à Fazenda Corticeiras, localizada no município de Cristal, RS. O solo é classificado como Planossolo Háplico eutrófico típico (Streck et al., 2008), com relevo plano a suavemente ondulado. A área experimental tem 18 ha, estando, na época de instalação, em pousio há três anos, desde o último cultivo com arroz irrigado.

Previamente à sua implantação, foi realizado preparo convencional de toda a área experimental, com o uso de arado e duas operações com grade niveladora. No intervalo entre as gradagens, foi aplicado calcário dolomítico para correção da camada de 0-20 cm, visando aumento do pH até 6,0 (CQFS RS/SC, 2004). Esta correção baseou-se em amostragem prévia do solo nessa camada.

Estão sendo testados **cinco sistemas** (tratamentos), distribuídos num delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições de acordo com as características dos modelos vigentes de produção em terras baixas no Rio Grande do Sul (Figura 1).

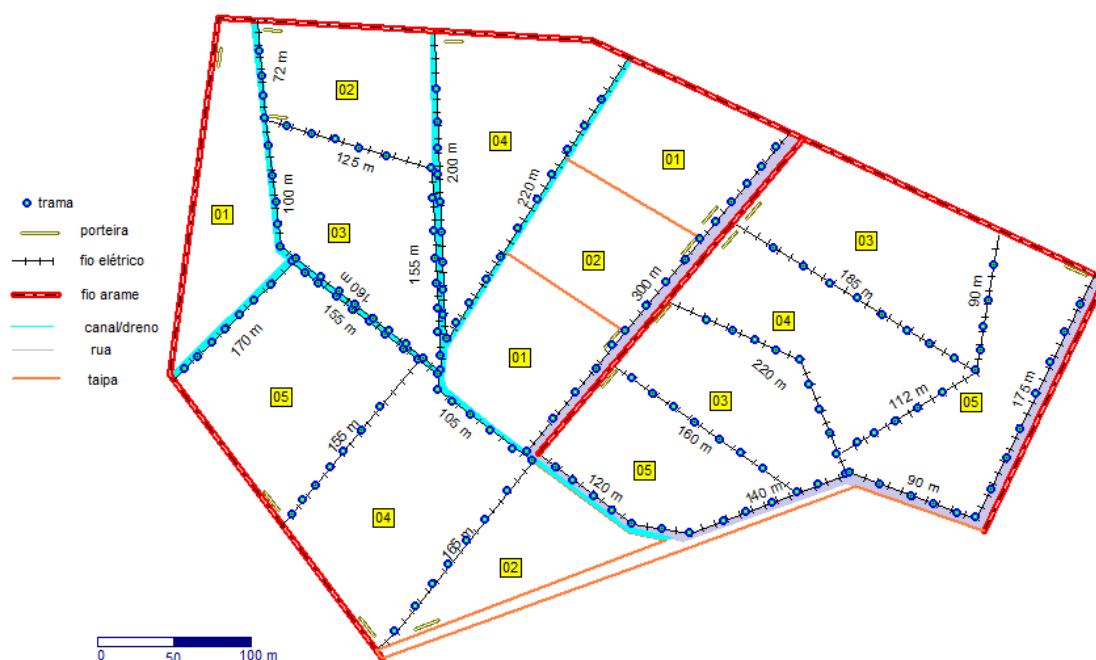


Figura 1. Alocação dos tratamentos, porteiras, cercas elétricas, tramas, canais, drenos, ruas e taipas na área experimental (os números correspondem aos diferentes sistemas em estudo).

Os sistemas em teste consistem em:

Sistema 1 – Testemunha padrão (TP): Arroz – soca – arroz: Sistema dominante na maioria dos casos no Rio Grande do Sul. Serve de testemunha em relação aos demais sistemas, caracterizando-se como monocultivo.

Sistema 2 – Sucessão rápida, com baixa diversidade: Arroz – azevém pastejado – arroz. Este modelo engloba o perfil das pequenas e médias propriedades da Depressão Central e Planícies Costeiras, Interna e Externa, com cultivo anual de arroz irrigado. A implantação de azevém no inverno possibilita o pastejo e, por consequência, um melhor uso da terra no período normalmente ocioso.

Sistema 3 – Rotação rápida, com moderada diversidade: Arroz – azevém pastejado – soja – azevém pastejado – arroz. Este modelo é muito comum nas seis regiões orizícolas do Estado, tanto em pequenas, quanto em médias e grandes propriedades. Nesse caso, a soja entra no sistema para agregar qualidade ao solo, pela deposição de N, e serve como ferramenta de controle ao arroz vermelho. O cultivo de azevém no inverno permite o retorno econômico com a presença de animais.

Sistema 4 – Rotação lenta, com alta diversidade: Arroz – azevém + trevo branco pastejados – capim sudão pastejado – azevém + trevo branco pastejados – soja – azevém + trevo branco

pastejados – milho– azevém + trevo branco pastejados – arroz. Este cenário visa atender as demandas das médias e grandes propriedades das regiões da Campanha, Fronteira Oeste e Zona Sul do RS. Busca otimizar um sistema de rotação que prevê o cultivo de arroz a cada cinco anos, pela inserção no sistema, de maior diversidade de espécies, com diminuição de risco, pelo acréscimo de outras variáveis de renda, que no longo prazo devem representar maior sustentabilidade econômica, além de evidentes ganhos em nível de sistema.

Sistema 5 – Rotação lenta, com muito alta diversidade: *Arroz – azevém + trevo branco + cornichão pastejados – campo de sucessão pastejado – azevém + trevo branco + cornichão pastejados – campo de sucessão pastejado – azevém + trevo branco + cornichão pastejados – campo de sucessão pastejado – azevém + trevo branco + cornichão pastejados – arroz*. Este cenário também engloba as médias e grandes propriedades das regiões da Campanha, Fronteira Oeste e Zona Sul do RS. Representa um sistema já amplamente utilizado nessas regiões, mas com deficiência de transferência de tecnologia e dados de pesquisa regionalizados.

O Quadro 1 ilustra a distribuição espaço-temporal dos tratamentos na primeira fase do projeto, entre os anos de 2013 e 2017. Na Figura 2, é possível visualizar a presença do gado no experimento.

À exceção do Sistema 1, que sempre terá preparo convencional entre os cultivos de arroz, os demais tratamentos estão sendo conduzidos no sistema de plantio direto. Após a calagem, procedeu-se a semeadura das pastagens, nos Sistemas 2 a 5.. A adubação, tanto das culturas, quanto das espécies forrageiras é baseada na análise de solo e de acordo com a recomendação técnica (CQFS RS/SC, 2004; EMPRAPA, 2012; FEPAGRO, 2009; SOSBAI, 2012).

Quadro 1. Distribuição espaço-temporal dos tratamentos na primeira fase do projeto (2013-2016).

Sistema	Ano							
	2013		2014		2015		2016	
	Out/Inv	Pmv/Ver	Out/Inv	Pmv/Ver	Out/Inv	Pmv/Ver	Out/Inv	Pmv/Ver
1	R	Ar	R	Ar	R	Ar	R	Ar
2	Az	Ar	Az	Ar	Az	Ar	Az	Ar
3	Az	Sj	Az	Ar	Az	Sj	Az	Ar
4	Az+TB	Sd	Az+TB	Sj	Az+TB	Mi	Az+TB	Ar
5	Az+TB+Cr	CS	Az+TB+Cr	CS	Az+TB+Cr	CS	Az+TB+Cr	Ar

Legendas:

R	Resteja de arroz
Ar	Arroz
CS	Campo sucessão

Az	Azevém
Sj	Soja
Mi	Milho

Az+TB	Azevém+Trevo Branco
Sd	Capim Sudão
Az+TB+Cr	Azevém+Trevo Branco+Cornichão

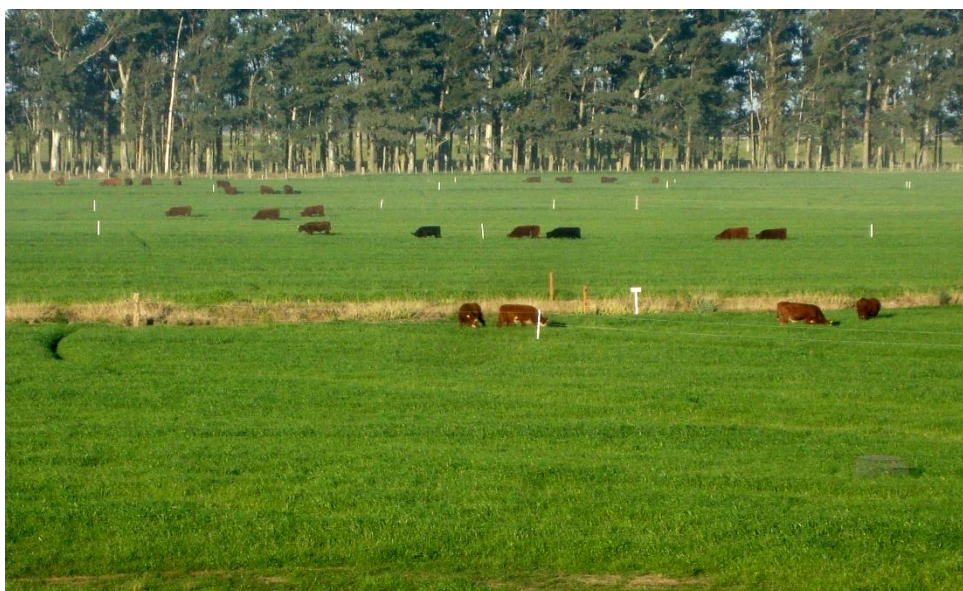


Figura 2. Aspecto geral do protocolo experimental. Município de Cristal, julho de 2013.

O pastejo é realizado pelo método contínuo com lotação variável, composto por três animais-teste (*testers*) por unidade experimental e por animais reguladores que entram e saem da pastagem conforme a necessidade de ajuste da altura, seguindo a metodologia de Mott e Lucas (1952). O início do pastejo ocorre no momento em que a altura do pasto atinge aproximadamente 20 cm, em média (em torno de 1.500 kg de matéria seca ha⁻¹) e se estend até meados de outubro – novembro, dependendo da espécie em sucessão. São utilizados animais jovens recém-desmamados com 10 meses de idade média (Figura 3), machos castrados e, em torno de 200 kg de peso vivo, aproximadamente. No dia imediatamente anterior ao início dos pastejos, os animais são pesados após jejum prévio de 15 horas, vermifugados e identificados com brincos.

No ciclo estival (Sistema 5), são utilizados animais machos castrados, com cerca de 15 meses de idade média e 300 kg de peso vivo, aproximadamente.



Figura 3. Parcelas separadas por cerca elétrica, com três animais-teste e dois animais-reguladores. Município de Cristal, RS, junho de 2013.

Estudos propostos

Estudo 1 - Crescimento e rendimento de culturas nos sistemas integrados de produção

Objeto de estudo

A agricultura nacional, especialmente nas três últimas décadas, vem seguindo a tendência global da especialização, baseada em tecnologias de insumos, o que vem multiplicando notavelmente a capacidade do país de produzir cada vez mais alimentos por unidade de área cultivada. Geralmente, a consequência dessa corrida produtivista é a perda da diversidade e a poluição do ambiente por excesso de nutrientes e de resíduos de defensivos agrícolas, bem como a fragmentação de *habitats* (Lemaire et al., 2013). Este cenário não é diferente na Metade Sul do Rio Grande do Sul, onde as áreas agricultáveis apresentam maior aptidão ao cultivo de arroz irrigado, pela abundância de recursos hídricos e relevo favorável, com vastas áreas de solos classificados como Planossolos e Gleissolos (Streck et al., 2008). Com o advento de sólidos programas de transferência de tecnologia, especialmente o Projeto 10, houve significativo aumento de

produtividade do arroz em curto espaço de tempo nessa região, com incremento de 40% entre os anos de 2004 e 2011 (Menezes et al., 2012).

Esse modelo, entretanto, apresenta claros sinais de esgotamento, sendo o principal deles, o aumento significativo do cultivo de soja nessa região do Estado, que passou de pouco mais de 60.000 ha na safra 2010/11, para 280.000 ha na safra 2012/13 (IRGA, 2013). Apesar dos riscos de perdas da oleaginosa por excesso hídrico nos solos de várzea e da dificuldade dos produtores na obtenção de financiamento para custeio bancário, pela maior parte da Metade Sul estar fora do Zoneamento Agroclimático para a cultura da soja, os produtores insistem no seu cultivo, o que caracteriza claramente a necessidade de diversificação das atividades agropecuárias nessa região do Rio Grande do Sul, devido, principalmente, à alta volatilidade dos preços pagos ao produtor pelo arroz no mercado nacional.

Nesse contexto, a alternativa encontrada de rotacionar arroz irrigado com soja e milho pode representar uma solução de maior segurança em nível de propriedade, pela diversificação de culturas, que gera mais segurança econômica. Entretanto, mesmo com possíveis altas produtividades dessas culturas, esse sistema de rotação pode não deixar resíduos suficientes para haver balanço positivo de carbono no solo, premissa básica para a melhoria de sua qualidade. Esta meta será alcançada quando o produtor rural dispuser de informação e tecnologias suficientes para a integração de uma produção agrícola diversificada (arroz irrigado, soja e milho) com uma pecuária que inclua períodos curtos (um ciclo) e longos (dois ou mais ciclos) de pastejo com uso de gramíneas e leguminosas. Dessa maneira, pode-se vislumbrar a almejada estabilidade e rentabilidade do negócio, com menor risco e balanço positivo de carbono no solo, usufruindo de suas benesses nos processos que regulam o equilíbrio no *continuum* solo-planta-atmosfera (Anghinoni et al., 2013).

Objetivos específicos

Avaliar o estado nutricional, a biomassa, o rendimento de grãos e os componentes desse rendimento das culturas de cereais e de leguminosa, nos diferentes sistemas integrados de produção envolvendo intensidade e diversidade.

Metodologia específica

No arroz irrigado, determinar-se-á teor de nutrientes no tecido, pela amostragem de 50 folhas-bandeira por parcela coletadas no início do florescimento (R2/R3); o rendimento de matéria seca na parte aérea no florescimento (R4) e o rendimento de grãos em cinco subamostras por parcela, com área útil de 10 m², corrigindo-se a umidade para 130 g kg⁻¹. Os componentes de

rendimento (número de panículas por m², número de grãos por panícula, massa de 1.000 grãos e esterilidade de espiguetas) são obtidos de amostra de um metro linear de plantas, em cinco pontos por parcela, na maturação plena.

Na soja, determina-se o rendimento de matéria seca na parte aérea no estádio R1; o teor de nutrientes nas folhas no início do florescimento, o rendimento de grãos, pela produção obtida em cinco subamostras por parcela, com área útil de 8,0 m² e os componentes de rendimento (número de legumes por metro quadrado, número de grãos por legume e peso do grão).

No milho, determina-se o rendimento da massa seca da parte aérea no espigamento (R1), assim como as análises do teor de nutrientes. O rendimento de grãos é obtido pela colheita manual das espigas das plantas de, no mínimo 10 m², de cada parcela, sendo os resultados expressos com umidade de 130 g kg⁻¹. Serão, ainda, determinados os componentes de rendimento (número de espigas por planta, número de grãos por espiga e peso de grãos).

As amostras de tecido vegetal serão secas em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 60°C até massa constante, para avaliação da matéria seca e do teor de nutrientes no tecido. As análises dos nutrientes nos tecidos das culturas de cereais serão determinados por digestão ácida e os teores de nitrogênio em destilador de arraste de vapor semi-micro Kjeldahl, fósforo por colorimetria, potássio por fotometria de chama, cálcio e magnésio por absorção atômica (Tedesco et al., 1995).

Estudo 2 - Crescimento de forrageiras e produção animal nos sistemas integrados de produção

Objeto de estudo

Os sistemas produtivos na metade sul do RS historicamente compartilham as mesmas áreas de cultivo entre as atividades orizícola e pecuária de corte. Porém, sempre existiu uma grande dicotomia entre essas duas atividades, com a lavoura utilizando alta tecnologia quando comparada à pecuária. Dessa forma, os índices produtivos da segunda atividade são baixos, assemelhando-se aos dos sistemas tradicionais extensivos, com a produção de carne se baseando na pastagem nativa (Saibro e Silva, 1999).

Como causas desses maus resultados na produção animal tem-se a própria cultura dos produtores, a descapitalização do setor, além da falta de conhecimento a respeito de espécies com características de adaptação a ambientes mal drenados e ao seu correto manejo, entre outros. Existem poucos resultados disponíveis na literatura desses tipos de sistemas na várzea (Carvalho et al., 2005), porém, em diversas propriedades, a exemplo do que vem ocorrendo com o cultivo de

soja no Estado, a atividade pecuária vem sendo explorada de forma mais intensiva e alcança altos ganhos de produtividade. Estudos de Marchezan et al. (1998, 2002) e Saibro e Silva (1999) demonstraram que o azevém possui ótima adaptação ao ambiente de várzea, sendo uma espécie promissora, enquanto que a utilização de leguminosas em consórcio com o azevém requer maior exigência em termos de fertilidade e manejo do solo e ciclos de utilização. Os ganhos médios diários podem variar de 0,5 a 1,0 kg dia⁻¹ de peso vivo por animal, com ganhos de peso de 500 kg ha⁻¹, em ciclos de pastejo com duração de até 128 dias.

O incremento na produção do arroz após a utilização das pastagens tem sido citado como um dos benefícios da utilização desses sistemas quando comparados ao sistema tradicional (Difante et al., 2005). Isto, a despeito da relação direta entre o aporte de N e a produção de biomassa, não só no azevém, mas em gramíneas de forma geral, além de maiores taxas de acúmulo diário e produção total de forragem. A fertilidade natural do solo, o manejo da pastagem e dos animais e o sistema de drenagem da área experimental são fatores que afetam esses rendimentos, necessitando-se, assim, o aprofundamento dos estudos nos ambientes de várzea. Com relação ao período estival, surgem como alternativas para os sistemas de produção, a utilização da própria pastagem natural adubada, além de pastagens anuais, como sorgo, milho ou capim-sudão, espécies mais comumente utilizadas em áreas de terras altas (coxilha).

Contrariamente do que é verificado no Sul do Brasil, países como o Uruguai vêm apresentando resultados de pesquisa consistentes e de longo prazo, no que tange a produção animal em sistemas de integração lavoura-pecuária em ambiente de várzea. Devido à semelhança de clima, solo e cultivos, os dados lá gerados podem servir de modelo ao Rio Grande do Sul. Pesquisadores do Instituto Nacional de Investigación Agropecuária (INIA) do Uruguai, por exemplo, vêm conduzindo, desde 1999, experimentos com o objetivo de validar novas tecnologias em sistemas envolvendo arroz e pecuária. Em uma área de 78 hectares dividida em sete parcelas (potreiros), são produzidos arroz, carne bovina e ovina, além de lã em pastagens consorciadas de azevém, trevo branco e cornichão, espécies muito bem adaptados aos solos de várzea do Rio Grande do Sul, desde que a drenagem seja eficiente (Menezes et al., 2001). Com isso, há um maior controle do arroz vermelho, menor incidência de pragas e doenças com incremento de 15% na produção de arroz, além de produção anual média de 250 kg/ha de carne (bovina e ovina) e 13 kg/ha de lã (INIA, 2009). As análises financeiras indicam uma maior segurança e incremento de renda com a diversificação das receitas ao longo dos anos, com uma atividade compensando a outra em determinados períodos.

Uma das principais barreiras à adoção da ILP na várzea é o paradigma da compactação do solo, trazido do ambiente de coxilha, com predominância do cultivo de soja e milho. No ambiente

de várzea, esse problema é magnificado pelo adicional de que o casco dos animais pode danificar o sistema de microdrenagem do solo, provocando indesejado acúmulo de água e prejuízo tanto para espécies forrageiras pouco adaptadas, quanto à sementeira do arroz, que ocorre a partir de setembro no Estado. A adoção, com sucesso, de sistemas integrados de produção por produtores rurais, verificada em solos de várzea em todas as seis regiões arroseiras do Rio Grande do Sul, embora esparsa, sinaliza a possibilidade de massificação desse conceito de produção, o que deve ser facilitado e fomentado pelas instituições de pesquisa engajadas com essas comunidades. Dessa forma, faz-se necessário o estudo mais aprofundado do comportamento de diferentes espécies forrageiras ao longo do tempo em sistemas em terras baixas em rotação com plantas de lavoura e sua influência na produção animal.

Objetivos específicos

a) Determinar o efeito dos sistemas de produção envolvendo intensidade e diversidade, no crescimento e adaptação de forrageiras e suas misturas no ambiente de terras baixas e a sua conciliação com os cultivos de lavoura, em sucessão.

b) Determinar o comportamento e o desempenho animal nos diferentes sistemas integrados de produção.

Metodologia específica

O pastejo no período hibernar tem início no momento em que a pastagem atinge uma altura média de 20 cm (aproximadamente 1500 Kg MS ha⁻¹) e se estende até meados de outubro, quando a cultura em sucessão é o arroz; e até novembro, no caso das demais espécies. Após a saída dos animais é realizada a dessecação da pastagem e a sementeira das culturas estivais e, com a colheita delas, novamente são semeadas as pastagens, quando inicia um novo ciclo de avaliações.

No período estival, nos anos em que ocorre pastejo nos Sistemas 4 e 5, o mesmo inicia no momento em que as plantas atingem uma média de altura de 40 cm e 12 cm respectivamente, se estendendo até meados de abril. O critério para o manejo do pasto é a altura média das plantas, sendo de 15 cm no período hibernar em todos os sistemas, 40 cm no capim-sudão e 12 cm para o campo de sucessão. O pastejo utilizado é o contínuo com lotação variável cujo manejo foi descrito no item 6.1.

No período de pastejo, são determinadas, a produção de forragem, a massa de lâminas das espécies em cultivo e a taxa de acúmulo diário de matéria seca. Esse acúmulo é determinado em três gaiolas de exclusão de pastejo por unidade experimental, alocadas pelas médias da pastagem e cortes realizados a cada 28 dias. A amostragem para a determinação da massa de forragem é

realizada em cinco pontos por parcela, utilizando-se quadros com 0,25 m². São escolhidos três pontos representativos, próximos às gaiolas e, de acordo com a média do pasto no momento da alocação, mais dois pontos aleatórios no momento do corte. O pasto é cortado acima do mantilho, após a avaliação da respectiva altura, sendo as amostras armazenadas em sacos de papel e levadas a estufa de ar forçado a uma temperatura de 65°C até peso constante, para determinação da matéria seca (MS). Essas amostras serão utilizadas para estimar a regressão entre a massa de forragem e a altura do pasto. A produção total de matéria seca será calculada pelo somatório das produções dos períodos (taxa de acúmulo x número de dias do período) acrescidas da massa de forragem medida no início do pastejo.

Nos animais, é avaliada a carga, o ganho médio diário e o ganho por área. No dia anterior ao início do pastejo, os animais são pesados (após jejum prévio de 15 horas). Para avaliar a produção animal são realizadas quatro pesagens ao longo do ciclo de pastejo. A diferença entre a última e a primeira pesagem, dividida pelo número de dias de pastejo fornece o ganho de peso médio diário (GMD).

A carga média de cada período de pastejo é calculada pela adição do peso médio dos animais-teste, peso médio de cada animal regulador utilizado, multiplicado pelo número de dias que permanece em pastejo, dividido pelo número total de dias de pastejo. O ganho de peso total por hectare é obtido pela multiplicação do número de animais x dia⁻¹ pelo ganho médio diário dos animais-teste.

Estudo 3 - Evolução de atributos e da qualidade do solo nos sistemas integrados de produção

Objeto de estudo

A entrada de animais em áreas agrícolas modifica as propriedades do sistema, que podem ser positivas ou negativas, dependendo do manejo (carga) animal. O componente centralizador dos processos e que define o sentido (+ ou -) dessas modificações, é o solo. O animal é o elemento catalisador que recicla o material vegetal e modifica a dinâmica dos nutrientes, quando se compara a um sistema em pousio ou com cobertura de inverno, com produção de palha antecedendo a cultura comercial (Carvalho et al., 2010).

Quando se integra pecuária na rotação com culturas anuais em ambiente de terras altas e, quando isso é feito com controle da lotação, a atividade microbiana e a agregação do solo são altamente promovidas (Souza, 2008). Também se observam impactos positivos em variáveis associadas aos atributos químicos do solo, como a eficiência da calagem (Flores et al., 2008), a disponibilidade de nutrientes (Souza, 2008; Ferreira et al., 2009) e o aumento no teor de carbono

orgânico do solo (Souza et al., 2009). Alguns atributos, particularmente os físicos, sofrem alterações no sentido negativo, porém o resultado final do balanço dos vários parâmetros em ação é que a produtividade das culturas anuais (arroz, soja, milho, etc) não é necessariamente afetada pela presença do animal no ciclo precedente (Flores et al., 2007; Lopes et al., 2009). Conclui-se, então, que a integração da lavoura com a pecuária nesse ambiente traz importantes benefícios, pois o pastejo em intensidade moderada promove a qualidade do solo, aumenta a rentabilidade do sistema e diminui o risco inerente à fase agrícola. A consequência final é a melhoria geral das propriedades do sistema e incremento em sua sustentabilidade (Anghinoni et al., 2013).

O termo “qualidade do solo” (QS) tem sido extensamente utilizado nas últimas décadas, seja em razão do aumento da sua degradação, pela contaminação ambiental ou pela busca de sistemas de produção mais sustentáveis. De acordo com Vezzani e Mielniczuk (2009), desde o início das discussões dos cientistas sobre qualidade do solo, três linhas tem sido abordadas. Uma linha, procura identificar quais os melhores índices de qualidade do solo (IQS), tanto de ordem biológica como física e química. Outra linha, posiciona-se em relação ao que considera a matéria orgânica como o melhor IQS. Há ainda, uma linha alternativa, que deixa de lado a busca de atributos indicadores e analisa processos no sistema solo-planta. Desta última, surge a abordagem sistêmica da QS, cujos indicadores são tratados a seguir.

De acordo com Anghinoni et al., (2013), o estado de agregação, a diversidade biológica e o Índice de Manejo de Carbono (IMC), por refletirem propriedades agregadas ou de funcionamento do sistema, podem ser utilizados como “indicadores sistêmicos do solo”. Assim, quando duas ou mais partículas primárias de argila se agrupam e a força que une tais partículas é maior que a força de união entre partículas adjacentes, fica caracterizada a formação do agregado (Ferreira, 2010). Em solos da região tropical, a formação e a estabilização dos agregados ocorrem por influência da matéria orgânica. Em sistemas conservacionistas, ocorre, primeiramente, a estabilização química da matéria orgânica, iniciando a formação de microagregados e, com o passar do tempo, a proteção física da matéria orgânica também passa a influenciar positivamente a estabilidade de agregados.

Nesse sentido, a formação de agregados é bastante afetada pelas práticas agrícolas ao longo do tempo. Além disso, sua estabilidade decorre da interação entre as propriedades físicas e químicas sobre a ação dos microorganismos do solo, que por sua vez, são influenciados pela quantidade e natureza do C adicionado pelo material vegetal. Por essas razões, fica evidente o potencial de uso desse atributo como indicador de qualidade do solo.

O uso e o manejo do solo podem diminuir ou aumentar os estoques de C em relação a uma área referência, que normalmente é o bioma predominante na região de estudo. A diminuição dos estoques de C pode ocorrer tanto após a derrubada da mata para exploração agrícola, como com o

uso contínuo do solo sobre sistema de preparo convencional. Entretanto, o sistema de plantio direto, com rotação de espécies produtoras de alta quantidade de biomassa vegetal pode aumentar o estoque de C a valores, mesmo acima dos encontrados no bioma original (Sá et al., 2001).

O Índice de Manejo de Carbono (IMC) é uma ferramenta útil para subsidiar informações acerca dos melhores sistemas de manejo de solos e culturas, pois integra, numa mesma medida, as variações ocorridas nas diferentes frações da matéria orgânica do solo (Nicoloso et al., 2008). Esse índice foi primeiramente proposto por Blair et al. (1995), utilizando o método do fracionamento químico. Esses autores verificaram que o C-lábil tanto diminui como se recupera mais rapidamente do que o C total, por considerar a quantidade do C-lábil em relação ao C-total, como parâmetro para avaliar a qualidade do solo. O IMC, portanto, é sensível em responder às diferenças do uso e do manejo do solo quando submetido a pequenas alterações.

Existe uma evidência crescente de que os atributos microbiológicos do solo são potenciais indicadores antecipados de mudanças em sua qualidade, pois são mais sensíveis que as características químicas e físicas do solo (Miller e Dick, 2005; Bandick e Dick, 1999; Bending et al., 2004; Peixoto et al., 2010). A “biomassa microbiana” (BM) do solo é um indicador mais sensível, quando comparada aos organismos superiores, e é influenciada por diferentes fatores ecológicos como a diversidade de plantas, conteúdo de matéria orgânica e umidade do solo e mudanças climáticas (Martinez-Salgado et al., 2010). Os microorganismos desempenham um papel-chave na ciclagem de nutrientes e fluxo de energia, além de fornecer informações sobre o impacto das práticas agrícolas utilizadas no sistema de produção. Tanto a BM quanto a “atividade microbiana” (AM) do solo, podem ser associadas ao teor de matéria orgânica no solo, a qualidade e a quantidade de resíduos agrícolas adicionados e às práticas de manejo adotadas (Venzke Filho et al., 2008).

A falta desse tipo de informação nas terras baixas do Estado incentiva a realização de pesquisas envolvendo a ação biológica em sistemas integrados de produção para esse ambiente.

Objetivos específicos

Avaliar a evolução das características de fertilidade (física e química) e dos indicadores de qualidade do solo em função das práticas adotadas em diferentes sistemas de produção integrada ao longo do tempo em terras baixas.

Metodologia específica

As análises dos indicadores de fertilidade e de qualidade do solo serão efetuadas a cada dois anos, após a colheita das culturas de verão, em diferentes camadas do solo.

- a) Atributos de fertilidade do solo:** Serão avaliados os atributos químicos do solo relacionados à sua fertilidade (análise básica), nas camadas 0 -5; 5 - 10; 10 -15; 15 - 20; 20 - 30 e 30 - 40 ao longo do desenvolvimento do trabalho, conforme Tedesco et al. (1995).
- b) Atributos físicos do solo:** Serão avaliados, também ao longo do perfil do solo, a exemplo dos atributos químicos, os seguintes atributos físicos: densidade, retenção de água e porosidade do solo e sua resistência à penetração, conforme descrito por Kemper e Chepil, (1965) e Bouma (1973).
- c) Estoque de carbono:** Este atributo será determinado nas camadas 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm. Seu cálculo será função dos estoques da área de referência (mata nativa em área adjacente ao projeto), fazendo-se a correção das demais áreas em função da densidade, de acordo com o procedimento proposto por Sisti et al.(2004).
- d) Índice de Manejo de Carbono (IMC):** O cálculo do IMC será nas camadas 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, de acordo com a proposta original de Blair et al. (1995) com as adaptações de Diekow et al. (2005), que consideram o carbono orgânico particulado (COP) como representante da fração lábil do carbono orgânico total (COT), enquanto a fração não lábil é representada pelo carbono orgânico associado aos minerais, sendo calculado pela diferença entre o COT e o COP.
- e) Estabilidade de agregados:** Será determinada nas camadas de 0-10 e 10 -20 cm utilizando o método descrito por Kemper e Chepil (1965), com alterações propostas por Carpenedo e Mielniczuk (1990) e Silva e Mielniczuk (1997), consistindo na separação dos agregados em classes de tamanho, pela dispersão e peneiramento em meio úmido.
- f) Carbono na biomassa microbiana e atividade microbiana:** O carbono da biomassa microbiana será determinado na camada 0-10 cm pelo método da irradiação-extração (Mendonça e Matos, 2005). A atividade microbiana será obtida pela medida da respiração microbiana, estimada pelo CO₂ evoluído conforme descrito em Alef e Nannipieri (1995), e pelo quociente metabólico, determinado pela relação entre a respiração microbiana e a biomassa microbiana, conforme Anderson e Domsh (1993).

Estudo 4 - Ciclagem de nutrientes nos sistemas integrados de produção

Objeto de estudo

Conforme apresentado anteriormente, o principal compartimento a acolher os vários processos sinérgicos que resultam da adoção de sistemas integrados é o solo. Enquanto os diferentes componentes vegetais incorporam nutrientes e energia e os animais funcionam como catalisadores ao introduzirem variabilidade e novas vias de fluxos de nutrientes e água, o solo é o compartimento mediador dos processos. Nesse sentido, a ciclagem de nutrientes é apresentada como o processo fundamental a caracterizar os sistemas integrados (Anghinoni et al., 2013), o que é reconhecido pelo meio científico que reporta a eficiência de tais sistemas na ciclagem de nutrientes e energia (Entz et al., 2005), na sua resiliência do solo (Lemaire et al., 2012) e sustentabilidade dos sistemas (Ryschawy et al., 2012).

Em um sistema ILP consolidado, a oferta de nutrientes é mais constante, uma vez que existem diferentes fontes em decomposição (resíduos de plantas e dejetos animais), sendo os nutrientes liberados de forma diferente entre essas fontes. A velocidade de decomposição do material orgânico adicionado ao solo depende de suas características constitutivas. Tecidos vegetais constituídos por celulose são decompostos três vezes mais rápido em relação às partes lenhosas ricas em taninos (Larcher, 2000). A decomposição do esterco bovino também ocorre de forma concomitante à do pasto e pode ser total em período de 2,5 anos (Hoffmann et al., 2001). A ingestão de forragem pelos animais estimula o crescimento das plantas pastejadas contribuindo para a maior absorção e reciclagem dos nutrientes por meio da excreção de esterco e urina (Cantarutti et al., 2001). A magnitude da interferência dos animais na reciclagem dependerá da distribuição das excreções na pastagem, da área afetada pelo pastejo e do teor de nutrientes do esterco e urina.

A ciclagem de nutrientes se torna mais complexa quando da presença de animais, uma vez que eles alteram a velocidade de ciclagem pela produção de urina e dejetos, implicando na disponibilidade dos nutrientes à cultura subsequente. O pastejo pode acelerar ou retardar a ciclagem de nutrientes por alterar as condições bióticas e abióticas do solo para a decomposição (Shariff et al., 1994). A deposição de dejetos e urina pelos animais em pastejo exerce uma forte influência na concentração de nutrientes e nas comunidades microbianas e, como resultado, melhora a disponibilidade de nitrogênio e a decomposição da matéria orgânica (Mcnaughton, 1992). O pastejo altera ainda o ciclo do nitrogênio por alterar a estrutura da pastagem, a composição da vegetação, o teor de nitrogênio nos tecidos das plantas e ainda pela incorporação da matéria orgânica através do efeito do pisoteio animal. Essas mudanças nas pastagens provocadas pelo pastejo tendem a aumentar a disponibilidade de nitrogênio inorgânico pela melhoria da qualidade da biomassa das plantas (Bardgett et al., 1998), pelo efeito sobre a imobilização microbiana e por alterar o fluxo de carbono das plantas em direção ao solo (Stark e Grellmann, 2002).

Outro indicador importante do potencial de liberação de nutrientes em sistemas integrados é a atividade microbiana. Este parâmetro é utilizado como uma maneira de melhor entender os processos de mineralização e visualizar mais profundamente a intensidade dos fluxos de energia no solo (Nannipieri, 1984). A biomassa microbiana do solo, além de atuar como agente da transformação bioquímica dos compostos orgânicos é também um reservatório de N, P e S (Srivastava e Singh, 1991; Wardle, 1992). O significado ecológico de biomassa tem como destaques, além de armazenador de nutrientes, o de servir como indicador rápido de mudanças no solo, quando material orgânico é a ele incorporado (Grisi, 1995). Medidas que relacionam a perda de carbono e que permitem avaliar se determinado manejo estão provocando estresses e são importantes no processo de avaliação da sustentabilidade do solo. À medida que a atividade biológica se torna mais eficiente e menos carbono é liberado pela respiração (CO_2), uma significativa fração é incorporada no tecido microbiano. Desta forma, solos com baixo quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) estariam mais próximos ao estado de equilíbrio, quando incorporam carbono na biomassa microbiana, contribuindo para a redução de carbono na atmosfera (Carvalho et al., 2011).

Assim, o declínio na atividade microbiana terá alto impacto na fertilidade do solo (Brookes, 1995). Em sistemas ILP, a biomassa microbiana é caracteristicamente elevada sob pastagens e representa um razoável estoque de nutrientes lábeis (Perrot e Sarathchandra, 1989). Segundo Haynes e Willians (1999), as quantidades de nitrogênio e de fósforo incorporadas na biomassa microbiana, em um sistema típico de pastagem, serão de aproximadamente 60 e 30 kg ha^{-1} , respectivamente. Em ambos os casos, esses valores representam cerca de 50% das necessidades da cultura do arroz para altas produtividades (SOSBAI, 2012). Além disso, o pastejo animal influencia no ciclo do nitrogênio, por alterar a estrutura da pastagem, a composição da vegetação e o teor de nitrogênio nos tecidos das plantas, aumentando a disponibilidade de N inorgânico (Bardgett et al., 1998) para a cultura em sucessão, além de intensificar a ciclagem.

Objetivos específicos

- a) Quantificar a ciclagem de nutrientes nos diferentes sistemas integrados, durante dois ciclos de cultivo e pastejo, num intervalo de 24 meses; e
- b) determinar a biomassa microbiana e sua atividade durante todos os ciclos de cultivo e pastejo, nesse intervalo;
- c) avaliar a taxa de liberação de nutrientes dos resíduos da pastagem, do esterco bovino para as culturas de verão e destas, para as pastagens cultivadas em sucessão.

Metodologia específica

Serão feitas coletas do esterco bovino produzido e da cobertura vegetal da pastagem, após a saída dos animais e anteriormente à dessecação das espécies hibernais. As forrageiras terão sua parte aérea cortada rente ao solo, em quatro áreas representativas de 0,25 m², dentro de cada parcela experimental. Após secagem a 50°C até peso constante, será determinado o peso da matéria seca do material (esterco e resíduos da pastagem). Uma fração de 20 g das sub-amostras do material coletado será utilizada para análise dos teores de N, P, K, Ca e Mg (Tedesco et al., 1995). Posteriormente, no início do ciclo das culturas de verão, serão alocados 20 g desses materiais em sacos de tela de nylon com malha de 2 mm (*Litter Bags*), medindo 20 x 20 cm, que serão distribuídos na área experimental. No total, serão distribuídos, em cada potreiro, 10 *Litter Bags* que serão coletados quinzenalmente.

Na avaliação da liberação dos nutrientes após a determinação de MS, o material será moído para determinação dos teores remanescentes de N, P, K, Ca e Mg (Tedesco et al., 1995). As taxas de decomposição da matéria seca (MS) e liberação desses nutrientes dos resíduos culturais das plantas de cobertura e das culturas de grãos – arroz e soja, serão estimadas ajustando-se modelos de regressão não lineares aos valores observados conforme proposto por Wieder e Lang (1982). A partir dos valores da constante de decomposição da MS ou de liberação de nutrientes de cada compartimento, será calculado o tempo de meia vida ($t^{1/2}$), ou seja, o tempo necessário para que 50% da MS ou dos nutrientes daquele compartimento sejam decompostos ou liberados (Paul e Clark, 1996).

Para a determinação da biomassa microbiana, serão realizadas amostragens de solo em intervalos trimestrais, ao longo de 24 meses. As amostras serão coletadas na profundidade de 0 a 10 cm, em quinze pontos distribuídos aleatoriamente nas parcelas, formando uma amostra composta e representativa. A metodologia dessas análises foi descrita no Estudo anterior.

Análise estatística

Os dados obtidos nos experimentos serão avaliados pela análise de variância para as comparações entre os sistemas de produção. Os valores de F para os efeitos principais e das interações serão considerados significativos ao nível de significância de 5%. Quando alcançada significância estatística, as médias de cada tratamento serão comparadas entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de significância. Os dados quantitativos das variáveis contínuas serão submetidos à análise de regressão em função das variáveis independentes.

PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DA PROPOSTA

Espera-se, com este projeto, subsidiar os produtores rurais da Metade Sul do Rio Grande do Sul na adoção de sistemas integrados de produção agropecuária, a partir de recomendações específicas para esses sistemas. Uma vez consolidados, esses resultados serão transferidos ao setor produtivo com vistas à sua implantação gradativa, ao menos em parte dos mais de dois milhões de hectares de terras baixas que permanecem apenas em pousio. Isto possibilitará a diversificação de renda e o consumo menos intensivo de insumos, pois se entende que as atividades de lavoura (grãos) e de pecuária desenvolvidas de forma isolada são sustentáveis em um determinado espaço de tempo, mas não se perpetuam, uma vez que ambas são cíclicas, sendo o cenário ora mais favorável para o pecuarista e ora favorável ao lavoureiro.

A tradição da UFRGS, do IRGA e da Embrapa em realizar dias de campo servirá como apoio a ações de fomento a Programas, como Agricultura de Baixo Carbono (ABC), cuja capacitação vem beneficiando Cooperativas, Sistema SENAR/SEBRAE, Banrisul, BRDE, Banco do Brasil e outras instituições que devem avaliar sistemas de integração lavoura-pecuária com vistas a acesso a crédito pelo referido Programa.

Como contribuição importante têm-se também a formação de doutores, mestres e alunos de iniciação científica, com a previsão de, no mínimo, duas teses, duas dissertações, com a publicação de sete artigos científicos em revistas de alto impacto e 10 outras publicações, como Trabalhos Completos, Resumos e Resumos Expandidos, publicados em anais de eventos científicos.

Com o objetivo de transferência direta das tecnologias geradas ao setor produtivo, serão realizados anualmente dois Dias de Campo (ciclo pastejo no inverno e ciclo culturas comerciais no verão), com a expectativa de 300 a 400 participantes em cada evento.

EQUIPE PARTICIPANTE DO PROJETO

9.1. Pesquisadores:

- **IBANOR ANGHINONI** - Eng. Agr., Ph.D., Professor Titular do Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Pesquisador 1A do CNPq Atuação: proponente e coordenador, subárea Ciência do Solo com ênfase em Fertilidade do solo em sistemas de manejo e abordagem sistêmica. E-mail: ibanghi@ufrgs.br.

- **PAULO CESAR DE FACCIO CARVALHO** - Zootecnista, Dr., Professor Associado do Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Pesquisador 1A do CNPq. Atuação: co-cordenador do Projeto, subárea Zootencia, com ênfase na relação solo-planta-animal e manejo de sistemas de produção agrícola e pecuária e abordagem sistêmica E-mail: paulocfc@ufrgs.br.

- **FELIPE DE CAMPOS CARMONA**, Eng. Agr., Dr., Pós-doutorando, Programa de Pós Graduação em Zootecnia, UFRGS. Atuação: pesquisador, fertilidade do solo em sistemas de manejo. E-mail: felipecarmona@integrarcampo.com.br.
- **DANILO MENEZES SANT'ANNA** – Med. Veterinário, Dr., Pesquisador da Embrapa Pecuária Sul. Atuação: pesquisador, zootecnia e sistemas de produção agropecuária. Email: daniilo.santanna@embrapa.br.
- **FILIPE SELAU CARLOS**, Eng. Agr. M. Sc. Pesquisador da Estação Experimental do Arroz (EEA)/IRGA. Atuação: pesquisador em microbiologia do solo em sistemas de produção de arroz irrigado. E-mail: filipeselaucarlos@hotmail.com
- **DAVI TEIXEIRA**, Zootecnista, Dr., Serviço de Inteligência em Agronegócios. Atuação: Transferência de tecnologia em Sistemas de Produção Agropecuária. E-mail: davi.teixeira@siabrasil.com.br
- **PAULO REGIS FERREIRA DA SILVA**, Eng. Agr., PhD., Consultor Técnico do Instituto Rio Grandense do Arroz. Bolsista CNPq (1A). Atuação: manejo de grandes culturas. E-mail: paulo.silva@ufrgs.br
- JAMIR LUÍS SILVA DA SILVA**, Eng. Agr., Dr., Pesquisador da Embrapa Clima Temperado. Atuação: pesquisador, zootecnia e sistemas de produção agropecuária. Email: jamir.silva@embrapa.br.

Estudantes

- **THIAGO BARROS** - Eng. Agr., M. Sc., aluno de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia/UFRGS. E-mail: thiagopoabr@hotmail.com
- **AMANDA POSSELT MARTINS** - Eng. Agr., M. Sc., aluna de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia/UFRGS. E-mail: amandaposselt@gmail.com
- **JOSÉ BERNARDO MORAES BORIN** - Eng. Agr., M. Sc., aluno de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia/UFRGS. E-mail: jbborin@hotmail.com.
- **FERNANDO ARNUTI** - Eng. Agr., M. Sc., aluno de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia/UFRGS. E-mail: fernando.arnuti@gmail.com
- **LUIS GUSTAVO DENARDIN** – Eng. Agr. Aluno de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia. E-mail: luiz_dena@hotmail.com
- **ALUNOS DE GRADUAÇÃO (3)** – Faculdade de Agronomia da UFRGS (Solos, forrageiras e produção animal)

Técnico de laboratório e de campo

- **ADÃO LUIS RAMOS DOS SANTOS** - Departamento de Solos/UFRGS.

COLABORAÇÕES E PARCERIAS JÁ ESTABELECIDAS COM OUTROS CENTROS DE PESQUISA NA ÁREA

Esta proposta envolve a participação de instituições com sólido histórico no desenvolvimento de trabalhos de pesquisa com sistemas de produção de cereais estivais. Integrantes deste projeto possuem um forte intercâmbio com os pesquisadores da Estação Experimental do Arroz, do Instituto Rio Grandense do Arroz (EEA/IRGA), sob as seguintes formas de cooperação:

1. Desenvolvimento de pesquisas conjuntas que envolvem o desenvolvimento de trabalhos a campo sobre a cultura do arroz para propiciar o treinamento de estudantes dos Programas de Pós-Graduação em Zootecnia e Ciência do Solo e de iniciação científica, da Faculdade de Agronomia da UFRGS. Até hoje, já foram geradas pelo menos 15 dissertações de mestrado, cujos trabalhos de campo foram realizados na EEA/IRGA.
2. Participação de pesquisadores do IRGA em atividades de co-orientação de estudantes e em bancas examinadoras de defesa de dissertações de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, da UFRGS.
3. Publicação de diversos artigos técnico-científicos em revistas com corpo editorial com co-autoria de pesquisadores da EEA/IRGA.
4. Realização de aulas práticas de campo sobre as culturas instaladas pela visita de estudantes do Curso de Agronomia, UFRGS, aos experimentos em andamento.
5. Participação em cursos de aperfeiçoamento para extensionistas e engenheiros agrônomos de empresas privadas, oferecidos pelo Grupo SIPA.

Espera-se, com a realização do presente projeto, fortalecer ainda mais o intercâmbio entre essas instituições de pesquisa envolvidas no Projeto. Esse intercâmbio deverá proporcionar a utilização das diferentes expertises dos pesquisadores envolvidos para melhoria na qualidade da pesquisa desenvolvida e no treinamento de recursos humanos.

Outro aspecto importante da proposta é o fato do IRGA já ter uma experiência acumulada para transferir os resultados para os produtores de arroz irrigado pela ação dos extensionistas.

INFRAESTRUTURA PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

A Fazenda Corticeiras onde está implantado o protocolo experimental, dispõe dos principais equipamentos e maquinário necessários para a execução do projeto a campo, tais como tratores equipados com implementos, conjunto moto-bomba e acessórios para irrigação, trilhadora de grãos e ferramentas em geral e de insumos, como sementes de arroz e soja e defensivos agrícolas. Além disso, a Fazenda disponibiliza os animais (em torno de 70 bovinos em cada ciclo de pastejo) na fase pecuária. As demais instituições envolvidas, IRGA, UFRGS e Embrapa (Pecuária Sul e Terras Baixas), dispõem de outros equipamentos, como balanças de precisão e estufas, e de parte dos insumos necessários, como sementes de arroz e de forrageiras.

Para as análises laboratoriais, os Departamentos de Solos e de Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS dispõem de vidraria e dos principais equipamentos necessários para a realização das análises previstas, como: capelas de exaustão, balanças de precisão, agitadores, centrífugas, fotômetros de chama, potenciômetros, espectrofotômetros de absorção atômica, etc. Além desses laboratórios, estará disponível o Laboratório de Análises de Solos e Água, da EEA/IRGA, em Cachoeirinha RS. As instituições participantes contam com alunos e funcionários de apoio técnico para a coleta de solos e do material vegetal no protocolo experimental, tanto para trabalhos desenvolvidos a campo como em laboratório.

RELAÇÃO DOS RECURSOS FINANCEIROS DE OUTRAS FONTES QUE SERÃO APORTADOS AO PROJETO

Os seguintes recursos serão considerados como contrapartida a esta solicitação:

- Salários dos pesquisadores envolvidos no projeto;
- Salários dos técnicos de campo, de laboratório e administrativos que darão suporte ao projeto;
- Equipamentos existentes nas áreas de campo e nos laboratórios, adquiridos com recursos de projetos anteriores;
- Veículos para transporte de pesquisadores, estudantes, pessoal de apoio técnico e de materiais aos locais de realização da pesquisa;
- Bolsas de estudos do CNPq, CAPES e FAPERGS, para os estudantes de iniciação científica e de pós-graduação envolvidos no projeto.

CRONOGRAMA DE ATIVIDADES-

Atividade	Ano																																							
	2015												2016												2017															
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D				
Semeadura das pastagens			*						*					*						*						*														
Entrada animais					*					*					*						*						*													
Saída dos animais			*					*						*						*						*								*						
Dessecação das pastagens									*											*																*				
Semeadura das culturas estivais									*											*																*				
Colheita das culturas estivais		*	*	*									*	*	*										*	*	*													
Avaliações das pastagens	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Coletas de solo, planta e esterco		*			*			*	*	*			*			*			*	*	*			*	*	*			*				*			*	*	*	*	
Acompanhamento e coleta dos <i>Litter Bags</i>	*	*	*						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Monitoramento e tratamentos culturais	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Análises laboratoriais			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Tabulação e análise de dados				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Apresentação dos resultados em eventos científicos																		*	*													*	*							
Apresentação dos resultados em dias de campo									*					*						*												*								
Redação de relatório e de artigos														*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		

Os meses em destaque (mai/2015 a abr/2017) representam o período de condução do experimento com o auxílio financeiro solicitado à Agrisus.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995. 576 p.
- ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; COSTA, S. E. V. G. A. C. **Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropical brasileiro**. In: ARAUJO, A.P. & ALVES, B.J.R. (Eds.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. v.8. p.325-380.
- ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 25, p. 393-395, 1993.
- BANDICK, A. K.; DICK, R. P. Field management effects on soil enzyme activities. **Soil Biol. Biochem.** v. 31, p. 1471–1479. doi: 10.1016/S0038-0717(99)00051-6, 1999.
- BARDGETT, R. D.; WARDLE, D. A.; YEATES, G. W. Linking above-ground and below-ground interactions: How plant responses to foliar herbivory influence soil organisms. *Soil Biol. Biochem.* v. 30, p. 1867-1878, 1998.
- BENDING, G. D. et al. Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under contrasting agricultural management. **Soil Biol. Biochem.** v. 36, p. 1785–1792. doi:10.1016/j.soilbio. 2004.
- BLAIR, G. J.; LEFROY, R. D. B.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a Carbon Management Index, for agricultural systems. **Australian Journal Agricultural Research**, Collingwood, v. 46, p. 1459- 1466, 1995.
- BOUMA, J. Use of physical methods to expand soil survey interpretations of soil drainage conditions. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* v.37, p. 413–412, 1973.
- BROOKES, P. C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.19, p.269-279, 1995.
- CANTARUTTI, R. B.; NASCIMENTO Jr., D.; COSTA; O. V. **Impacto do animal sobre o solo: Compactação e reciclagem de nutrientes**. In: *Produção animal na visão dos brasileiros*. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", p. 826-837, 2001.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Campinas, v. 14, p. 99-105, 1990.
- CARVALHO, P. C. F. et al. O estado da arte em integração lavoura-pecuária. In: GOTTSCHELL C. S.; SILVA, J. L. S.; RODRIGUES, N. C. (Ed.). **Produção animal: mitos, pesquisa e adoção de tecnologia**. Canoas: Editora da ULBRA, 2005. p. 7-44.

CARVALHO, P. C. F. et al. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Amsterdam, v. 88, n. 2, p. 259-273, 2010.

CARVALHO, P. C. F. et al. Integração Soja-Bovinos de Corte no Sul do Brasil. Boletim Técnico, Porto Alegre, 2011.

CQFS-RS/SC – COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS-NRS/EMBRAPA-CNPT, 2004, 400 p.

DIEKOW, J. et al. Carbon and nitrogen stocks in physical fractions of a subtropical acrisol as influenced by long-term no-till cropping systems and N fertilization. **Plant and soil**, Dordrecht, v. 268, p. 319-328, 2005, v. 268, p. 319-328, 2005.

DIFANTE et al. Produção de Forragem e Rentabilidade da Recria de Novilhos de Corte em Área de Várzea. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.2, p.433-441, 2005.

EMBRAPA. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2012/2013 e 2013/2014. / XXXIX Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul ; organizada por Leila Maria Costamilan [et al.]. – Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012.

ENTZ, M. H. et al. Evolution of integrated crop-livestock production systems. P. 137-148. In: D. A. McGilloway (ed.) **Grass-land: A global resource**. Wageningen Academic Publ., Wageningen, Netherlands, 2005.

FEPAGRO. Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul safras 2009/2010 e 2010/2011. Veranópolis: FEPAGRO-Serra, 2009. 179 p.

FERREIRA, M. M. **Caracterização física do solo**. In: van LIER, Q. J. Física do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 298p., 2010.

FERREIRA, E. V. O. et al. Concentração do potássio do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1675-1684, 2009.

FLORES, J. P. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F. Atributos químicos do solo em função da aplicação superficial de calcário em sistema de integração lavoura-pecuária submetido a pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2385-2396, 2008.

FLORES, J. P. C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L. C. Atributos físicos e rendimento de soja em sistema de plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes a pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 771-780, 2007.

GRISI, B. M. Biomassa e atividade de microrganismos do solo: revisão metodológica. **Revista Nordestina de Biologia**, João Pessoa, v.10, p.1-22, 1995.

HAYNES, R. J.; WILLIAMS, P. H. Influence of stock camping behavior on the soil microbiological and biochemical properties of grazed pastoral soils. **Biology and Fertility of Soils**, v. 28, p.253-258, 1999.

HOFFMANN, I. et al. Farmers management strategies to maintain soil fertility in a remote area in northwest Nigeria. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 86, n.3, p.263-275, 2001.

INIA. Unidad de producción arroz-ganaderia (UPAG): resultados 2008-2009. Disponível em: <<http://www.inia.org.uy/online/site/1648211.php>> Acesso em 20 de março de 2013.

IRGA - INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. Produtividades municipais – safra 2012/13 Disponível em <http://www.irga.rs.gov.br/upload/20131018151801produtividade_municipios_safra_12_13_final.pdf> Acesso em 06 de novembro de 2013.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. **Size distribution of aggregation**. In: BLACK, C. A. (Ed). *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, p. 499-510, 1965.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531p.

LEMAIRE, G. et al. Integrated crop-livestock systems: A strategy to reach compromise between agriculture production and environment preservation. In: INTERNATIONAL SIMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS. Porto Alegre, 2012. **Proceedings...**Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012. CD ROM

LEMAIRE, G., et al., Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agric. Ecosyst. Environ.** (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.08.009>

LOPES, M. L. T. et al. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura de pastos de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 1499-1506, 2009.

MARCHEZAN, E., et al. Produção de forrageiras de inverno em diferentes espaçamentos entre drenos superficiais sob pisoteio animal em várzea. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p.393-397, 1998.

MARCHEZAN, E. et al. Produção animal em várzea sistematizada cultivada com forrageiras de estação fria submetidas a diferentes níveis de adubação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 303-308, 2002.

MARTINEZ-SALGADO, M. M. et al. **Biological soil quality indicators**: a review. *Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*. 10p., 2010.

MCNAUGHTON, S. J. 1992. Laboratory-simulated grazing: interactive effects of defoliation and canopy closure on Serengeti grasses. *Ecology*, v. 73, p. 170–182.

MENEZES, V. G. et al.. Semeadura direta de genótipos de arroz irrigado em sucessão a espécies de cobertura de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 9, p. 1107-1115, 2001.

MENEZES, V. G. et al. **Projeto 10 – estratégias de manejo para aumento da produtividade e da sustentabilidade da lavoura de arroz irrigado do RS: avanços e novos desafios**. Cachoeirinha: IRGA/Estação Experimental do Arroz, 2012. (Boletim Técnico)

MILLER, M.; DICK, R. Thermal stability and activities of soil enzymes as influenced by crop rotations. **Soil Biol. Biochem.** V.27, P.1161–1166. doi:10.1016/0038-0717(95)00045-G, 1995.

MOTT, G. O.; LUCAS H. L. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6., 1952, Pennsylvania. **Proceedings...** Pennsylvania, 1952, p.1380-1385.

NANNIPIERI, P. Microbbial biomass and activity measurements in soil: ecological significance. In: KLUG, M. J.; REDDY, C. A. (eds) **Current Perspectives in Microbial Ecology**. Washington: America Society for Microbiology, 1984. p.515-521.

NICOLOSO, R. S. et al. Balanço de carbono orgânico no solo sob integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo.** 32:2425-2433, 2008.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. **Dynamics of residue decomposition and soil organic matter turnover**. In: SOIL MICROBIOLOGY AND BIOCHEMISTRY. 2nd ed. San Diego: Academic, 1996. p. 158-179.

PEIXOTO, R. S. et al. A decade of land use contributes to changes in the chemistry, biochemistry and bacterial community structures of soils in the Cerrado. *Antonie van Leeuwenhoek* 98:403–413. doi:10.1007/s10482-010-9454-0, 2010.

PERROTT, K. W.; SARATHCHANDRA, S. U. Phosphorus in the microbial biomass of New Zealand soils under established pasture. **New Zealand Journal of Agricultural.** v. 32, p. 409-413, 1989.

RYSCHAWY, J. et al. Mixed crop-livestock systems: an economic and environmental-friendly way of farming? **Animal Science**, v. 6, p. 1722-1730, 2012.

SÁ, J. C. de M. et al. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage cronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of American Journal**, v.65, p. 1486-1499, 2001.

SAIBRO, J. C.; SILVA, J. L. S. Integração sustentável do sistema arroz x pastagens utilizando misturas forrageiras de estação fria no litoral norte do Rio Grande do Sul. In: CICLO DE PALESTRAS EM PRODUÇÃO E MANEJO DE BOVINOS DE CORTE, 4, 1999, Canoas. **Anais...** Canoas: Editora da ULBRA, 1999. p. 27-56.

SHARIFF, A. R.; BIONDINI, M. E.; GRYGIEL, C. E. Grazing intensity effects on litter decompositions and soil nitrogen mineralization. **J Range Manag**, v. 47, p. 444-449, 1994.

SOSBAI. **Arroz Irrigado**: Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. 29. ed., Itajaí:SOSBAI, 2012. 179 p.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 21, p. 313-319, 1997.

SISTI, C. P. J. et al. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.76, p.39-58, 2004.

SOUZA, E. D. **Evolução da matéria orgânica, do fósforo e da agregação do solo em sistema de integração agricultura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo**. 2008. 163 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SRIVASTAVA, S. C.; SINGH, J. S. Microbial C, N and P in dry tropical forest soils: effects of alternate land uses and nutrient flux. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.23, p.117-124, 1991.

STARK, S.; GRELLMANN, D. Soil microbial responses to mammalian herbivory in an arctic tundra heath at two levels of nutrient availability. **Ecology**, v. 83, p. 2736-2744, 2002.

STRECK, E. V. et al., **Solos do Rio Grande do Sul**. 2ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222 p.

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**, 2 ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.

VENZKE-FILHO, S. P. et al. Biomassa microbiana do solo em sistema de plantio direto na região de Campos Gerais – Tibagi, PR. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 32:599-610, 2008.

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

WIEDER, R. K.; LANG, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, Washington, v. 63, n. 6, p. 1636-1642, 1982.

WARDLE, D. A. A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. **Biology Review**, v.7, p.321-358, 1992.