

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**ADUBAÇÃO NITROGENADA EM SISTEMAS INTEGRADOS DE  
PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA EM TERRAS BAIXAS: RESPOSTA DE  
AZEVÉM E ARROZ IRRIGADO**

**Marcelo Ferreira Ely  
(Dissertação de Mestrado)**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**ADUBAÇÃO NITROGENADA EM SISTEMAS INTEGRADOS DE  
PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA EM TERRAS BAIXAS: RESPOSTA DE  
AZEVÉM E ARROZ IRRIGADO**

Marcelo Ferreira Ely  
Engenheiro-Agrônomo (UFPel)

Dissertação apresentada como um  
dos requisitos à obtenção do Grau  
de Mestre em Ciência do Solo

Porto Alegre (RS) Brasil  
Dezembro de 2020

### CIP - Catalogação na Publicação

Ely, Marcelo Ferreira  
ADUBAÇÃO NITROGENADA EM SISTEMAS INTEGRADOS DE  
PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA EM TERRAS BAIXAS: RESPOSTA DE  
AZEVÉM E ARROZ IRRIGADO / Marcelo Ferreira Ely. --  
2020.

159 f.

Orientadora: Amanda Posselt Martins.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de  
Pós-Graduação em Ciência do Solo, Porto Alegre, BR-RS,  
2020.

1. Nitrogênio. 2. arroz irrigado. 3. resposta. 4.  
azevém pastejado. 5. sistemas integrados. I. Martins,  
Amanda Posselt, orient. II. Título.

MARCELO FERREIRA ELY  
*Engenheiro Agrônomo - UFPel*

## DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

### **MESTRE EM CIÊNCIA DO SOLO**

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo

Faculdade de Agronomia

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 22/12/2020  
Pela Banca Examinadora



AMANDA POSSELT MARTINS  
Orientadora-PPG Ciência do Solo  
UFRGS

Homologado em: 11/08/2021  
Por



ALBERTO VASCONCELLOS INDA JUNIOR  
Coordenador do  
Programa de Pós-Graduação em  
Ciência do Solo

FILIPE SELAU CARLOS  
PPG MACSA - UFPel  
(MConf UFRGS)

PAULO CÉSAR DE FACCIO CARVALHO  
PPG Zootecnia - UFRGS  
(MConf UFRGS)



TALES TIECHER  
PPG Ciência do Solo - UFRGS  
(MConf UFRGS)

CARLOS ALBERTO BISSANI  
Diretor da Faculdade  
de Agronomia

*Dedico a minha família, meus pais  
Laury e Clara Maria, esposa Niara e  
filhas Aurora e Laila.*

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, pelo apoio e incentivo que me dispensaram durante todo o período de desenvolvimento e execução deste trabalho.

A minha orientadora, pela dedicação em contribuir para a minha formação.

Aos professores do PPGCS da UFRGS, pelas contribuições que proporcionaram o meu crescimento acadêmico.

Aos servidores da Faculdade de Agronomia, que contribuíram nos processos necessários para a conclusão deste trabalho e do curso.

Aos colegas e amigos que fiz neste Programa, pela ajuda, parceria e alegria que me proporcionaram.

Ao Departamento de Solos, em nome da Faculdade de Agronomia e da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela estrutura e recursos que possibilitaram o desenvolvimento deste trabalho e da realização do curso.

Ao IRGA, por permitir a realização deste curso, o companheirismo dos colegas de trabalho, o incentivo e o apoio institucional necessário, estrutura e recursos, possibilitando o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Grupo de pesquisa IRGEB, pela acolhida, amizade, incentivo e contribuição intelectual ao longo deste curso.

# ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA O ARROZ IRRIGADO EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA EM TERRAS BAIXAS<sup>1</sup>

Autor: Marcelo Ferreira Ely

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Amanda Posselt Martins

## RESUMO

O arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado é importante para a economia do Rio Grande do Sul (RS), bem como do Brasil e do mundo, e faz parte da segurança alimentar da maioria dos povos do planeta. Dentre os elementos essenciais exigidos pelo arroz e que asseguram a produção, o nitrogênio (N) é o requerido em maior quantidade, afetando diretamente os componentes de rendimento da cultura. Um tema que é foco de diversos estudos relacionados à segurança alimentar e ambiental, são os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA). Portanto, os estudos sobre a dinâmica do N para o arroz irrigado em terras baixas do RS, cultivado em SIPA, envolvendo animal em pastejo, precisam ser mais explorados, com o intuito de otimizar esse sistema tão importante ambiental e economicamente. Sendo assim, foi conduzido a presente pesquisa no experimento localizado na Fazenda Corticeiras, no município de Cristal, RS, em um Planossolo Háplico Eutrófico. Avaliamos três tratamentos em SIPA em terras baixas cultivados por sete anos envolvendo o arroz irrigado e sua resposta à adição de N na forma de ureia (45% N), nas doses de 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, no arroz em dois sistemas de cultivo: monocultivo de arroz anual em sucessão ao azevém (*Lolium multiflorum* L.), pastejado com bovinos de corte e semeadura direta, e em monocultivo do arroz com pousio no inverno e preparo de solo; e no azevém com as doses de 0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N em um sistema de arroz em rotação com soja, em sucessão ao azevém pastejado com bovinos de corte e semeadura direta. As avaliações foram divididas em três ensaios: 1) adubação nitrogenada no azevém pastejado em SIPA, em sucessão ao arroz irrigado, após seis anos de plantio direto; 2) adubação nitrogenada no arroz irrigado em SIPA com pastagem hibernal pastejada em terras baixas; e 3) adubação nitrogenada no arroz irrigado em sistema de produção de arroz irrigado em semeadura direta: efeito do pastejo e do pousio hibernal. Foi determinado a produtividade e a eficiência do uso do nitrogênio (EUN) do azevém, anterior ao cultivo do arroz, e a eficiência agrônômica do N (EAN) e os componentes de rendimento do arroz. Os resultados demonstraram a importância da adubação nitrogenada para o azevém, com uma produção média de 20,5 kg de massa de forragem kg<sup>-1</sup> de N adicionado via adubo e 18,5 kg de arroz kg<sup>-1</sup> de N adicionado até a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N para SIPA. Na comparação do cultivo de arroz em sistema convencional e SIPA, ambos responderam até a dose de 170 kg ha<sup>-1</sup> de N, entretanto a dose mais econômica ficou em 150 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Palavras-chave: Nitrogênio, resposta, arroz, azevém, pastejado.

---

<sup>1</sup> Dissertação de mestrado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (138 p.) Dezembro, 2020.

# NITROGEN FERTILIZATION FOR IRRIGATED RICE IN INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS IN LOWLANDS <sup>1</sup>

Author: Marcelo Ferreira Ely

Adviser: Prof. Amanda Posselt Martins

## ABSTRACT

Irrigated rice (*Oryza sativa* L.) is important for the economy of Rio Grande do Sul (RS), as well as Brazil and the world, and is part of the food security of most peoples on the planet. Among the essential elements required by rice and that ensure production, nitrogen (N) is the one required in greater quantity, directly affecting the yield components of the crop. A topic that is the focus of several studies related to food and environmental security are the integrated crop-livestock systems (ICLS). Therefore, studies on the dynamics of N for irrigated rice in lowland RS, cultivated in ICLS, involving grazing animals, need to be further explored, to optimize this system, which is so important environmentally and economically. Therefore, this research was conducted in the experiment located at Corticeiras Farm, in the Cristal City, RS, in Albuquarf humid soil. We evaluated three treatments in ICLS in lowlands cultivated for seven years involving irrigated rice and its response to the addition of N in the form of urea (45% N), in the doses of 0, 50, 100, 150 and 200 kg ha<sup>-1</sup> of N, in rice in two cultivation systems: monoculture of annual rice in succession to ryegrass (*Lolium multiflorum* L.), grazed with beef cattle and direct sowing, and in monoculture of rice with fallow in winter and soil preparation; and ryegrass with doses of 0, 50, 100 and 150 kg ha<sup>-1</sup> of N in a rice system in rotation with soybean, in succession to ryegrass grazed with beef cattle and direct sowing. The evaluations were divided into three trials: 1) nitrogen fertilization on ryegrass grazed in SIPA, in succession to irrigated rice, after six years of no-tillage; 2) nitrogen fertilization in rice irrigated in SIPA with pasture pastured in lowland; and 3) nitrogen fertilization in irrigated rice in irrigated rice production system under no-tillage: grazing and winter fallow effect. The productivity and efficiency of use in nitrogen (EUN) of ryegrass, prior to rice cultivation, and the agronomic efficiency of N (EAN) and the yield components of rice were determined. The results demonstrated the importance of nitrogen fertilization for ryegrass, with an average production of 20.5 kg of forage mass kg<sup>-1</sup> of N added via fertilizer and 18.5 kg of rice kg<sup>-1</sup> of N added until the dose of 150 kg ha<sup>-1</sup> of N for SIPA. In the comparison of rice cultivation in conventional system and SIPA, both responded up to the dose of 170 kg ha<sup>-1</sup> of N, however the most economical dose was 150 kg ha<sup>-1</sup> of N.

Keywords: Nitrogen, response, rice, ryegrass, grazed.

---

<sup>1</sup>Master's dissertation in Soil Science. Graduate Program in Soil Science, Faculty of Agronomy, Federal University of Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (138 p.) December, 2020.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
2.1. O cenário da produção orizícola no Brasil e no RS.....	4
2.2. A inserção da pecuária em áreas arrozeiras.....	6
2.3. O contexto dos sistemas integrados de produção agropecuária na lavoura arrozeira.....	8
2.4. Manejo da adubação nitrogenada do arroz.....	9
2.5. Modelo Conceitual.....	11
<b>3. HIPÓTESES</b> .....	14
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	15
4.1. Objetivo Geral .....	15
4.2. Objetivos Específicos .....	15
<b>5. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	16
5.1. Localização e caracterização do solo da área experimental.....	16
5.2. Adubação da área experimental para os sistemas em estudo.....	20
5.3. Manejo e implantação dos sistemas do presente estudo.....	23
5.4. Atributos químicos do solo dos sistemas estudados.....	25
5.5. Análise estatística.....	26
5.6. Ensaio realizados.....	26
5.6.1. Adubação nitrogenada no azevém pastejado em sucessão ao arroz irrigado, após seis anos de plantio direto.....	26
5.6.1.1. Delineamento experimental e testes estatísticos.....	32
5.6.2. Adubação nitrogenada em sistema de produção de arroz irrigado anual com pastagem hibernal pastejada em terras baixas.....	34
5.6.2.1. Delineamento experimental e testes estatísticos.....	38
5.6.3. Adubação nitrogenada em sistema de produção de arroz irrigado em semeadura direta: efeito do pastejo e do pousio hibernal.....	39
5.6.3.1. Delineamento experimental e testes estatísticos.....	41
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	43
6.1. Estudo 1 - Adubação nitrogenada no azevém pastejado em sucessão ao arroz irrigado, após seis anos de plantio direto.....	43
6.2. Estudo 2. Adubação nitrogenada em sistema de produção de arroz irrigado anual com pastagem hibernal pastejada em terras baixas.....	46
6.3. Estudo 3 - Adubação nitrogenada em sistema de produção de arroz irrigado em semeadura direta: efeito do pastejo e do pousio hibernal ....	53
<b>7. CONCLUSÕES</b> .....	61
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	62

<b>9. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>64</b>
<b>10. RESUMO BIOGRÁFICO .....</b>	<b>70</b>
<b>11. ANEXO .....</b>	<b>71</b>
11. 1. Base de dados do Azevém para os sistemas 2 (SIPA azevém/arroz) e 3 (SIPA soja/azevém/arroz) .....	71
11. 2. Base de dados da Produtividade do Arroz, apenas para o sistema 2, safra 2019/2020 .....	72
11. 3. Base de dados Produtividade do Arroz para os sistemas 1 e 2 – Parcelas adicionais, safra 2019/2020 .....	73
11.4. Base de dados dos Componentes de rendimento do Arroz para os sistemas 1 e 2, safra 2019/2020. ....	74
11.5. Base de dados da Renda de inteiros do Arroz para os sistemas 1 e 2, safra 2019/2020. ....	75

## RELAÇÃO DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Atributos químicos em diferentes camadas do solo antes da implantação do experimento SIPA terras baixas, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS, em março de 2013.....	16
<b>Tabela 2:</b> Descrição e distribuição espaço-temporal dos sistemas de produção envolvendo a lavoura de arroz irrigado em terras baixas. Nos dois ciclos de cultivo, de 2013 a 2016 e de 2017 a 2020. Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	17
<b>Tabela 3.</b> Descrição dos dois sistemas que serão estudados neste trabalho, seu uso ao longo do tempo no primeiro (2013-2016/2017) e segundo (2017-2020/2021) ciclos, na fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	19
<b>Tabela 4.</b> Distribuição das quantidades de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O que cada tratamento em estudo recebeu ao longo do ciclo 1 (2013 a 2016/2017), no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	21
<b>Tabela 5.</b> Distribuição das quantidades de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O que cada tratamento em estudo recebeu ao longo do ciclo 2 (2017 a 2020/2021), no experimento SIPA terras baixas, na fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	22
<b>Tabela 6.</b> Distribuição da adubação de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O que cada tratamento estudado recebeu (SC e SIPA) em 2019, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	24
<b>Tabela 7.</b> Atributos químicos em diferentes camadas do solo antes da implantação do experimento, em maio de 2018, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	27
<b>Tabela 8.</b> Sub tratamento com doses de N no azevém, alocados nos dois tratamentos em estudo em maio de 2019, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	28
<b>Tabela 9.</b> Cálculo dos graus de liberdade do erro, para parcelas subdivididas em blocos ao acaso, das parcelas de N alocados no azevém, no experimento SIPAtb, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	33

<b>Tabela 10.</b> Atributos químicos do solo antes da implantação do experimento no tratamento com arroz, após a dessecação do azevém, em outubro de 2019, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	35
<b>Tabela 11.</b> Sub tratamento com doses de N alocados no SIPA azevém/arroz, no arroz irrigado, em novembro de 2019, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS..	36
<b>Tabela 12.</b> Cálculo dos graus de liberdade do erro, para as sub parcelas de N distribuídas em blocos ao acaso, alocados no arroz irrigado, no experimento SIPAtb, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS..	38
<b>Tabela 13.</b> Sub tratamento com doses de N alocados nos tratamentos SC e SIPA, com arroz irrigado, em novembro de 2019, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	40
<b>Tabela 14.</b> Atributos químicos do solo no local onde foram alocadas as parcelas subdivididas, antes da implantação do arroz no experimento SIPA, na fazenda Corticeiras, Cristal, RS, (outubro de 2019) .....	40
<b>Tabela 15.</b> Cálculo dos graus de liberdade do erro, para parcelas subdivididas em blocos ao acaso, das parcelas de N alocados no arroz irrigado, no experimento SIPAtb, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS..	42
<b>Tabela 16.</b> Produção de massa de forragem no início do experimento (MFI), massa de forragem acumulada total (MFT) e taxa de acúmulo (TA). Resultados médios para os dois sistemas (SIPA arroz e SIPA soja-arroz) em conjunto. Inverno de 2019, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	43
<b>Tabela 17.</b> Produtividade de grãos de arroz irrigado e a eficiência agrônômica do N (EAN) aplicado em cobertura no arroz irrigado cultivado em sistema integrado de produção agropecuária (SIPA) manejado com distintas estratégias de adubação nitrogenada. Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	47
<b>Tabela 18.</b> Componentes de rendimento, peso de mil grãos (PMG), Esterilidade dos grãos, número de panículas por metro quadrado, número de grãos por panícula e renda de grãos inteiros do arroz irrigado para cada sub tratamentos com doses de N, testadas no Sistema 2 (tratamento), no experimento SIPAtb, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS, safra 2019/2020.....	51

<b>Tabela 19.</b> Produtividade do arroz irrigado e a eficiência agronômica do nitrogênio (EAN). Resultados médios para os dois sistemas (S. convencional e SIPA azevém/arroz) em conjunto. Experimento SIPA terras baixas. Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	53
<b>Tabela 20.</b> Componentes de rendimento, peso de mil grãos (PMG), Esterilidade dos grãos, número de panículas por metro quadrado, número de grãos por panícula e renda de grãos inteiros do arroz irrigado para cada sub tratamentos com doses de N, testadas nos Sistemas 1 e 2 (tratamentos), no experimento SIPAtb, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS, safra 2019/2020.....	56
<b>Tabela 21.</b> Componentes de rendimento, peso de mil grãos (PMG), Esterilidade dos grãos, número de panículas por metro quadrado, número de grãos por panícula e renda de grãos inteiros do arroz irrigado para cada sub tratamentos com doses de N, testadas nos Sistemas 1 e 2 (tratamentos), no experimento SIPAtb, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS, safra 2019/2020.....	59

## RELAÇÃO DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Modelo conceitual proposto para esse estudo, mostrando a dinâmica de funcionamento e das interações que cada um exerce no resultado em função da adubação e dos demais componentes que o envolvem.....	13
<b>Figura 2.</b> Croqui da área experimental SIPAtb com a distribuição dos tratamentos (sistemas) e dos blocos de cada tratamento, na fazenda Corticeiras, Cristal, RS, Brasil.....	20
<b>Figura 3.</b> Estádios de aplicação de nitrogênio em cobertura em arroz irrigado, conforme escala de (Counce et al., 2000), três a quatro folhas (V3-V4) e (R0) .....	23
<b>Figura 4.</b> Distribuição ilustrativa das parcelas subdivididas com os sub tratamentos de nitrogênio, na pastagem de azevém, para os dois tratamentos estudados em 2019, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS .....	28
<b>Figura 5.</b> Gaiolas de exclusão ao pastejo (a esquerda) e os quadros alocados dentro das gaiolas para coleta do pasto para determinação da Biomassa aérea da pastagem de azevém, em 2019, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS...	29
<b>Figura 6.</b> Corte do azevém, dentro em fora das gaiolas (A) para determinação da massa de forragem do azevém e a leitura da altura de pasto em cada quadro (B), no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	30
<b>Figura 7:</b> Altura do pasto medido fora das gaiolas, em cada período coletado em cada sub tratamento (doses de N, kg ha <sup>-1</sup> ), no SIPA arroz/azevém (acima) e SIPA soja-arroz/azevém (abaixo), em 2019, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	32
<b>Figura 8.</b> Distribuição ilustrativa das parcelas subdivididas, com os sub tratamentos com doses de nitrogênio, na pastagem de azevém e no arroz irrigado, em 2019 no experimento SIPA terras baixas, na fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	36
<b>Figura 9.</b> Desenvolvimento do arroz irrigado após entrada d'água e demarcação das parcelas subdivididas (A); Colheita das parcelas de N no arroz irrigado (B), no experimento SIPA terras baixas, na fazenda Corticeiras, Cristal, RS .....	37

<b>Figura 10.</b> Relação entre a dose de nitrogênio adicionada via adubação e a resposta na produção de massa seca de forragem acumulada no final do período de pastejo (Mg MS ha <sup>-1</sup> ), resultados médios em conjunto para os dois sistemas: SIPA arroz/azevém (monocultivo de arroz, com azevém no inverno) aos 88 dias; SIPA soja-arroz/azevém (rotação soja - arroz com azevém no inverno), aos 119 dias. Experimento SIPA terras baixas, Inverno de 2019, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	44
<b>Figura 11.</b> Relação entre a dose de nitrogênio adicionada via adubação e a resposta na taxa de acúmulo diário (kg ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> ) de massa de forragem ao longo do período de pastejo, resultados médios em conjunto para os dois sistemas: SIPA arroz/azevém (monocultivo de arroz, com azevém no inverno) aos 88 dias; SIPA soja-arroz/azevém (rotação soja - arroz com azevém no inverno), aos 119 dias. Experimento SIPA terras baixas, inverno de 2019, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	46
<b>Figura 12.</b> Distribuição dos tratamentos conforme a produtividade (Mg ha <sup>-1</sup> ) do arroz irrigado e a amplitude dos resultados das repetições (Blocos) para o SIPA (monocultivo de arroz, com azevém no inverno). Tratamento 4 – referência, sem adubação de N no arroz; T1 ao T4 - estratégia de adubação de N no sistema SIPA azevém/arroz (150 kg N ha <sup>-1</sup> ); T5 a T8 adubação com N na pastagem de azevém (150 kg N ha <sup>-1</sup> ) mais adubação adicional no arroz irrigado (0, 50, 100, 150 e 200 kg N ha <sup>-1</sup> ). Experimento SIPA terras baixas, Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	48
<b>Figura 13.</b> Produtividade do arroz (Mg ha <sup>-1</sup> ) em função de doses de N aplicados no arroz em sucessão à pastagem de azevém anual. <b>A</b> , Tratamentos com 150 kg ha <sup>-1</sup> de N com fracionado entre azevém pastejado e arroz irrigado (T1 ao T4); <b>B</b> , Tratamentos com 150 kg ha <sup>-1</sup> de N no azevém pastejado somadas às doses adicionais de N na lavoura (T4 ao T8). Experimento SIPA terras baixas, Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	49
<b>Figura 14.</b> Panículas de arroz por metro quadrado em função das doses de N aplicados no arroz irrigado em sucessão à pastagem de azevém anual. Experimento SIPA terras baixas, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS, Safra 2019/2020.....	52
<b>Figura 15.</b> Correlação linear da produtividade de grãos de arroz (Mg ha <sup>-1</sup> ) em função de doses de N aplicados no cultivo de arroz irrigado para os dois sistemas em conjunto, Sistema convencional e SIPA azevém/arroz. No experimento SIPA terras baixas. Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	54
<b>Figura 16.</b> Correlação polinomial da produtividade de grãos de arroz (Mg ha <sup>-1</sup> ) em função de doses de N aplicados no cultivo de arroz irrigado para os dois sistemas em conjunto, Sistema convencional e	

SIPA azevém/arroz. No experimento SIPA terras baixas. Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	55
<b>Figura 17:</b> Curva de resposta da produção de arroz ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) gerado pelo modelo quadrático em função de doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) aplicados no cultivo de arroz irrigado para os dois sistemas em conjunto, Sistema convencional e SIPA azevém/arroz; Custo do nutriente relativizado pelo preço do arroz, expresso em ( $\text{kg N Mg}^{-1}$ arroz) e os prejuízos estimados adicionando ou deixando de adicionar o nutriente a partir da DME. No experimento SIPA terras baixas. Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	57
<b>Figura 18.</b> Panículas de arroz por metro quadrado em função de doses de N aplicados no cultivo de arroz irrigado para os dois sistemas testados (S. convencional e SIPA azevém/arroz). Experimento SIPA terras baixas. Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.....	60

## RELAÇÃO DE ABREVIATURAS

Al	Alumínio
ANOVA	Análise de variância
Ca	Cálcio
C:N	Carbono:Nitrogênio
CTC	Capacidade de troca de cátions
CV	Coeficiente de variação
DBC	Delineamento de blocos casualizados
DME	Dose Mais Econômica
DMET	Dose de Máxima Eficiência Técnica
EAN	Eficiência de Agronômica de nitrogênio
EUN	Eficiência do Uso do Nitrogênio
FBN	Fixação Biológica de Nitrogênio
H	Hidrogênio
K	Potássio
MF	Massa de forragem
MFfinal	Massa de forragem no final do período avaliado
MFI	Massa de forragem inicial do período experimental
MFinicial	Massa de forragem no início do período avaliado
MFP	Massa de forragem no período
MFT	Massa total de forragem do período experimental
Mg	Magnésio
MOS	Matéria orgânica do solo
MS	Massa seca
N	Nitrogênio
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
PMG	Peso de mil grãos
PV	Peso vivo
RS	Rio Grande do Sul
SIPA	Sistemas Integrados de Produção Agropecuária
SC	Sistema convencional
TA	Taxa de acúmulo
V%	Saturação por bases

## 1. INTRODUÇÃO

O arroz merece destaque especial dentre os cereais mais consumidos do mundo, desempenhando papel estratégico para a nutrição humana. Primeiro, por ser um alimento em que o grão sai do campo e é consumido praticamente sem processo de industrialização. Segundo, por atender populações de alto e baixo poder aquisitivo, sendo que nesta última tem grande importância por ter preço relativo menor que outros cereais e responder pelo suprimento de 20% das necessidades calóricas (SOSBAI, 2018), aproximadamente um quinto do aporte energético e um terço da ingestão diária de carboidratos. Além de ser um ingrediente quase obrigatório na mesa de pessoas celíacas, já que não possui glúten em sua composição.

O cultivo do arroz é tão antigo quanto a própria civilização. Cultivado e consumido em todos os continentes, sendo o asiático detentor da maior produção e do maior consumo, com aproximadamente 90%, seguido da América Latina, que ocupa a segunda posição em produção e a terceira em consumo (SOSBAI 2018). Acompanhando diversos pratos, o arroz faz parte da cultura da maioria dos povos, importante para a socialização e manutenção do convívio entre as famílias. Ao lado do feijão, faz uma “dobradinha” clássica na mesa de grande parte da população brasileira, proporcionando além de um prato saboroso, uma alimentação rica em nutrientes.

No Brasil, o Estado do Rio Grande do Sul (RS) é o principal protagonista em produção, sendo responsável por cerca de 70% do volume total produzido, numa área semeada por volta de um milhão de hectares (média anual), caracterizado por sistemas produtivos de monocultivo, com pouca ou nenhuma rotação e sucessão de culturas, adoção de práticas de manejo com alta mobilização dos solos e baixa utilização de estratégias conservacionistas. Esses fatores, juntamente com uma lacuna de inovações, fizeram com que a

produtividade, desde 2010, ficasse estabilizada em torno de 7 Mg ha<sup>-1</sup> (IRGA, 2020). Embora, atualmente, o RS tenha rompido essa barreira, alcançando 8,4 Mg ha<sup>-1</sup> na safra 2019/2020, o custo da lavoura de arroz gaúcha tem aumentado drasticamente, impactando na margem de lucro dos produtores e na sustentabilidade econômica da atividade. É necessário buscar estratégias que otimizem o uso da terra, dos insumos, da infraestrutura e da mão de obra. Para que isso seja possível, a transição para uma matriz produtiva mais diversificada é imprescindível, não apenas para contornar a situação econômica, mas também para melhorar as condições do solo e da água (MARTINS et al., 2016).

A rotação com a soja está se mostrando uma alternativa viável, tanto para a estabilidade econômica, quanto em melhorias das áreas orizícolas, além de proporcionar ganhos diretos na produtividade do arroz. Uma leguminosa que tem, como principal benefício, a capacidade de realizar fixação biológica de nitrogênio (FBN). Seu cultivo vem aumentando significativamente nos últimos anos nas áreas de terras baixas em rotação com arroz irrigado na metade sul do RS. Entretanto, parte dessas áreas estão localizadas em margens de rios, em solos hidromórficos de baixa capacidade de infiltração de água, drenagem deficiente que dificultam a utilização de uma cultura com pouca tolerância a anoxia.

Alternativamente a rotação de culturas com arroz, tem-se a sucessão de culturas juntamente com azevém, no período de inverno, realizado logo após a colheita do arroz irrigado, anterior ao cultivo de verão, que normalmente fica em pousio e que muitas vezes retorna na primavera-verão, com o próprio arroz. No intuito de otimizar e agregar renda neste período, tem-se a possibilidade de inserção do componente animal com a pecuária. Destacando-se os bovinos de corte, que fazem parte do contexto de muitas lavouras arrozeiras, desde sua introdução no RS. Porém, o manejo adotado para a pecuária foi, na maioria das vezes, de baixo investimento e baixa eficiência produtiva. Com o avanço da pesquisa científica na última década, a pecuária está ressurgindo nas terras baixas do RS, aliada à tecnificação de processos, alicerçada no manejo conservacionista do solo, com rotação de culturas (gramíneas e leguminosas) e boas práticas de manejo das pastagens, agregando renda, intensificando a produção de alimentos, diversificando os estabelecimentos rurais e ajudando no manejo de plantas

invasoras. A adoção destas práticas, que otimizam o tempo e o espaço, são denominados de sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) (CARVALHO et al., 2014).

Dentre os benefícios comprovados dos SIPA, está a eficiência na utilização dos insumos e a otimização do uso da mão de obra e dos recursos financeiros. (ANGHINONI et al., 2013) Permitindo, por exemplo, fertilizar a pastagem no período outono-inverno, obtendo ganhos de forragem e, conseqüentemente, na produção animal sem que venha a prejudicar a cultura de grãos sucessora, comumente chamada de adubação de sistema (FARIAS et al., 2020). Esta prática já é utilizada em terras altas com eficiência, tendo em vista que os bovinos (principalmente quando para o fim de produção de carne, em sistemas de recria e terminação) exportam baixas quantidades de nutrientes, retornando ao solo a maior parte desses, via urina, esterco e resíduos vegetais (ALVES et al., 2019). No entanto, o nitrogênio (N) merece destaque especial, por ser o nutriente que a planta mais absorve e o segundo que mais acumula, influenciando os componentes de rendimento da cultura do arroz irrigado, tornando-a muito dependente do uso de N.

A recomendação de adubação nitrogenada para o arroz irrigado é baseada na resposta à aplicação de N e leva em consideração o teor de matéria orgânica do solo. Entretanto, em um sistema que envolva outros cultivos integrados com o arroz irrigado em terras baixas, e a inserção de um componente animal em herbivoria, a resposta pode ser diferente. Nesse contexto, a avaliação da eficiência desse nutriente (N) pelo arroz é de extrema importância devido tanto a aspectos econômicos quanto ambientais.

O arroz irrigado e a pecuária, em particular, são visados por contribuírem para mudanças ambientais globais, incluindo as emissões de gases de efeito estufa (GEE). O metano (CH<sub>4</sub>) de ruminantes em pastejo, por exemplo, são responsáveis pela maior parte da pegada de carbono, por serem criados em condições de pastagens subótimas (Zubieta 2021)

Sendo assim, é importante explorar ainda mais o arroz irrigado em sistema de produção agropecuária em terras baixas, principalmente no que tange aos estudos com N, inserção do componente animal e sucessão de culturas, em sistemas conservacionistas do solo de longo prazo.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 O cenário da produção orizícola no Brasil e no RS**

O Brasil registrou produção anual entre 11 e 13 milhões de toneladas de arroz (base casca) nas últimas safras, participando com 78% da produção do Mercosul (média de 2009/2010 até 2017/2018), seguido pelo Uruguai, Argentina e Paraguai (SOSBAI, 2018). Em todo o país, a área cultivada é em torno de dois milhões de hectares, sendo que essa área reduziu significativamente nos últimos 30 anos, principalmente em terras altas (SOSBAI, 2018).

O Rio Grande do Sul é responsável por cerca de 70% do volume total de arroz produzido. Cultivado em 129 municípios na metade sul do RS, o cultivo do arroz atinge 232 mil pessoas, direta ou indiretamente. Segundo o Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2018a), 9.247 produtores produziram arroz no RS na safra 2016/2017.

Na contramão do restante do Brasil, o RS, nos últimos 40 anos, aumentou a área cultivada até a safra 2004/2005, estabilizando-se em torno de um milhão de hectares, com tendência de redução nas safras de 2018/2019 e 2019/2020, com 984 mil e 940 mil hectares, respectivamente (IRGA, 2020). Este cenário diferenciado no RS se deve a importantes mudanças no manejo do sistema produtivo do arroz. Técnicas que alavancaram a produção, tanto em manejo, quanto em máquinas mais adaptadas ao cultivo do arroz irrigado, passando de um sistema convencional para um sistema de “cultivo mínimo”. Isso permitiu a antecipação do preparo do solo, facilitando a semeadura no período ideal e o melhor aproveitamento de mão de obra e maquinários, juntamente com a introdução de cultivares modernas de arroz, (GOMES & MAGALHÃES JR, 2004; MENEZES et al., 2012).

Essa série de modificações proporcionou condições para se dobrar a produtividade (CONAB, 2019).

Um dos maiores propulsores desse avanço foi o Projeto 10, surgido na safra 2001/2002, e que contou com o trabalho conjunto entre a pesquisa e a extensão do IRGA, e os produtores de arroz. Este projeto consistia em estratégias de manejo para o aumento da produtividade, da competitividade e da sustentabilidade da lavoura de arroz no RS. Ele tinha como prioridades: adequação de época de semeadura, melhoria do estado de nutrição das plantas, manejo eficiente da água de irrigação, melhor controle de ervas daninhas, escolha correta de cultivares, uso de sementes de qualidade, maior eficiência no manejo de pragas, doenças e fertilidade do solo.

Essas estratégias de manejo, associadas à entrada do sistema CLEARFIELD® no mercado brasileiro, permitiram fazer com que a produtividade do RS, no período entre 2004 e 2011, tivesse o maior incremento da história de seu cultivo, saindo de uma produtividade média próxima a 5 Mg ha<sup>-1</sup> em 2002/2003, para próximo a 7,5 Mg ha<sup>-1</sup> em 2010/2011, ou seja, um incremento de 50%. Neste período, o crescimento anual médio da produtividade no RS foi de 0,25 Mg ha<sup>-1</sup>, enquanto o incremento mundial foi em torno de 0,05 Mg ha<sup>-1</sup> (Menezes et al., 2012).

Entretanto, a produtividade do RS não vem conseguindo o mesmo avanço nos últimos 10 anos (CONAB, 2020). Os sistemas produtivos privilegiam o monocultivo, e permanecem com adoção de práticas de manejo com alta mobilização dos solos. Por consequência, o custo da lavoura de arroz no RS tem aumentado drasticamente, impactando na margem de lucro dos produtores e na sustentabilidade econômica da atividade (IRGA, 2020). Soma-se ao fato de que em torno de 60% das unidades produtivas de arroz irrigado são arrendadas, bem como a água utilizada para a irrigação (~40%).

É preciso reverter esse cenário, buscando estratégias que mais eficientemente utilizem a terra e os insumos, ao passo que também possam melhorar a fertilidade dos solos e a qualidade das águas (MARTINS et al., 2016). Para que isso seja possível, a transição para uma matriz produtiva mais diversificada é imprescindível, não apenas para contornar a situação econômica, mas também para melhorar as condições de solo e água e o manejo de pragas e moléstias (CARLOS et al., 2020).

Nesse sentido, a adoção de SIPA, também conhecidos como integração lavoura-pecuária (ILP), (CARVALHO et al., 2014) aliada à rotação de culturas, com adição de um componente animal, são estratégias com potencial para a intensificação sustentável nas áreas orizícolas do RS.

## **2.2 A inserção da pecuária em áreas arrozeiras**

Desde a introdução do arroz no RS, no início do século XX, a pecuária esteve aliada em muitos estabelecimentos rurais, em que o remanescente da colheita do arroz era utilizado para a alimentação dos bovinos. Porém, o manejo adotado para a pecuária foi, na maioria das vezes, de baixo investimento e baixa eficiência produtiva (ANGHINONI et al., 2013). É clássica a utilização de bovinos após a colheita do arroz, no período de outono-inverno, e com baixas lotações devido à baixa qualidade do material residual após a colheita do arroz. O sistema de cultivo utilizado atualmente também prevê o preparo convencional do solo, muitas vezes na mesma área, ano após ano, fazendo com que ocorra perdas intensas de nutrientes, carbono orgânico e reduzindo ainda mais a CTC desses solos que naturalmente já são baixas (Streck, 2018).

Fruto da pesquisa científica, na última década os SIPA's ressurgiram aliados à tecnificação de processos, alicerçada no plantio direto, na rotação de culturas e em boas práticas de manejo das pastagens, mostrando-se como estratégia eficiente na produção de alimentos, com melhorias nas propriedades do solo (ANGHINONI et al., 2013) e no manejo de plantas invasoras (SCHUSTER et al., 2019), e promovendo, assim, a ciclagem de nutrientes (CARVALHO et al., 2010; ALVES et al., 2019). A maior eficiência do SIPA, comparativamente aos sistemas produtivos tradicionais, se deve ao fato do animal atuar como catalisador na ciclagem de nutrientes, pois pequena parte dos nutrientes ingeridos pelos animais durante o pastejo é exportada (MCDONALD et al., 2010), sendo que a maioria desses nutrientes retorna ao ambiente via fezes e urina, podendo ser aproveitados pelas plantas em pastejo ou pelas culturas agrícolas em sucessão.

Em estudo realizado por MARTINS et al. (2016), analisando diferentes SIPA em terras baixas no contexto da produção orizícola, verificou-

se que a qualidade do solo é impactada no curto prazo (18 meses). Foi demonstrado que a adoção do plantio direto, a diversidade de culturas e o pastejo integrado acarreta maior estoque de carbono e nitrogênio no solo na fração de matéria orgânica particulada, índice de manejo de carbono e atividade enzimática.

A deposição de dejetos pelos animais em pastejo exerce forte influência na dinâmica de nutrientes e nas comunidades microbianas do solo. O resultado é o incremento na disponibilidade de nutrientes, especialmente N, pela decomposição dos resíduos orgânicos (McNAUGHTON, 1992), impactando na melhoria da fertilidade do solo, já que a exportação de nutrientes pelo animal é mínima, se comparada com a exportação na colheita dos grãos. Os SIPA podem resultar em maior qualidade do solo, a partir da mais eficiente regulação dos ciclos biogeoquímicos, contribuindo para maior equilíbrio entre insumos e produtos utilizados (LAL, 2015; CARLOS et al., 2020).

O pastejo desencadeia uma série de alterações fisiológicas nas plantas e, quando em intensidades moderadas, aumentam a produção de biomassa vegetal (CARVALHO et al., 2010). Essa condição acarreta maior desenvolvimento do sistema radicular. Plantas moderadamente pastejadas exploram volume maior do solo, intensificando sua contribuição na interceptação, absorção e ciclagem de nutrientes (ANGHINONI et al., 2013). Nessas condições, a biomassa microbiana é estimulada como resultado da liberação de compostos orgânicos pelas plantas, tais como exsudatos, mucilagens e secreções, associada à constante renovação do sistema radicular denso, aumentando a disponibilidade de nutrientes para a microbiota do solo (TISDALL e OADES, 1982). Por outro lado, elevadas intensidades de pastejo têm sido prejudiciais à comunidade microbiana do solo (ZHOU et al., 2017).

Estudos têm verificado que os bovinos exportam baixas quantidades de nutrientes nas suas carcaças, 2,8; 1,0 e 0,22 kg de N, fósforo (P) e potássio (K), respectivamente, para cada 100 kg de peso vivo produzido (MCDONALD et al., 2010). Cerca de 80-90% desses nutrientes retornam ao solo via urina, esterco e resíduos vegetais em senescência (ASSMANN et al., 2017). Dessa forma, a inserção de SIPA em solos orizícolas pode ser

alternativa para o aumento da disponibilidade de nutrientes para a cultura do arroz e contribuir para a produtividade de grãos.

### **2.3 O contexto dos sistemas integrados de produção agropecuária na lavoura arrozeira**

Em SIPA em terras altas, uma das práticas adotadas com sucesso é a chamada adubação de sistema, que implica em realizar a fertilização nos sistemas logo após a colheita dos grãos, sobre as pastagens estabelecidas na sucessão. Ao repor os nutrientes logo após a exportação via colheita dos grãos, se espera que tal estratégia favoreça tanto o pasto, ao incrementar os ganhos pecuários, como a cultura em sucessão à pastagem, que aproveitará os mesmos nutrientes contidos no sistema (TANGRIANI & SOARES, 2016).

Portanto, é importante avaliar a capacidade desses nutrientes se sustentarem no tempo em ambiente de terras baixas, onde o solo passa grande parte do ano submerso ou com drenagem deficiente. Em SIPA em terras baixas, Carlos et al. (2020) verificaram incremento de N-amônio (+ 70%), P (+ 177%), K (+ 62%) e Ca (+ 20%) logo após a inundação, especialmente no período vegetativo, quando o arroz irrigado exige altos teores de nutrientes. Em contrapartida, no mesmo experimento, Denardin et al. (2020) observaram resposta à adição de N, com incremento significativo de produtividade. Em SIPA sob pastejo no inverno, obtiveram o mesmo rendimento de arroz com doses comparativamente menores, quando comparado ao arroz em sistema com pousio. Já P e K tiveram comportamento indiferente ao sistema.

Além do SIPA, a soja em rotação com arroz irrigado em terras baixas também pode ser alternativa para maior sustentabilidade, mantendo a estabilidade econômica e proporcionando ganhos em produtividade no arroz (GOMES et al, 2002). Isso ocorre porque algumas leguminosas, como a soja, têm a capacidade de realizar fixação biológica de nitrogênio (FBN), o que conferem menor relação carbono:nitrogênio (C:N) ao resíduo dessas espécies. Isto resulta em menor imobilização de N no processo de mineralização no solo, quando comparado às gramíneas (FRANZLUEBBERS, 2017), podendo fornecer grandes quantidades de N devido à menor imobilização do solo por microrganismos e, portanto, promovendo o desenvolvimento da pastagem

após a soja, auxiliando na redução de fertilizantes nitrogenados utilizados nas culturas agrícolas (LOUARN et al., 2015).

É de conhecimento geral que a soja pode aumentar o N disponível no solo para os plantios subsequentes (VARVEL & WILHERM, 2003; ALVES, et al., 2020). No entanto, é importante verificar como a dinâmica do N se comporta em um sistema apenas com gramíneas em sucessão, ou seja, tanto no verão quanto no inverno, mesmo em SIPA. Sabe-se que a maior labilidade dos resíduos vegetais impacta na maior atividade de enzimas extracelulares intensificando a mineralização dos resíduos vegetais com a liberação mais rápida de nutrientes, como o N, que retroalimenta a atividade microbiana (BURNS et al., 2013). Por outro lado, os resíduos vegetais de arroz após a colheita possuem alta relação C:N (85:1) (ZHANG et al., 2015) e alto teor de lignina e silício, que reduz a velocidade de mineralização. Assim, o monocultivo de gramíneas, como o arroz, reduz a disponibilidade de substratos lábeis e diminui o metabolismo microbiano, em comparação à rotação com leguminosas (MCDANIEL & GRANDY, 2016).

O sistema de produção sob pastagens tem sido baseado predominantemente em gramíneas e, assim, a adubação com N assume papel fundamental na obtenção de forragem com alta produtividade e qualidade. O adubo Nitrogenado proporciona também a elevação na produção de folhas e redução na senescência das mesmas, melhorando a relação folha/colmo e, como consequência, o teor de proteína bruta e, em algumas situações, também a digestibilidade, elevando o valor nutritivo da forragem (CQFS RS/SC, 2016).

## **2.4 Manejo da adubação nitrogenada do arroz**

Dentre os nutrientes mais demandados pelas culturas produtoras de grãos, N é o requerido em maior quantidade, afetando diretamente os componentes de rendimento da cultura (MEDEIROS & MALAVOLTA, 1980). Fisiologicamente, o N participa como elemento estrutural da molécula da clorofila, do citocromo e de todas as enzimas e coenzimas, além de ser constituinte de proteínas e ácidos nucleicos (MALAVOLTA et al., 1997). O N é o segundo nutriente que a planta mais acumula e tem influência nos

componentes de rendimento do arroz irrigado. Em geral, o ajuste da dose correta de adubação nitrogenada gera incremento no tamanho e no número de panículas por metro quadrado e no peso de grãos, além de diminuir a esterilidade deles (FRAGERIA & STONE, 2003).

A sua deficiência diminui a fotossíntese, devido à redução na síntese e na atividade da enzima responsável pela assimilação de CO<sub>2</sub>, a rubisco (MAKINO et al., 1984). A deficiência de N também pode limitar o crescimento e o desenvolvimento das plantas pela diminuição da eficiência de conversão de energia, devido à maior partição de assimilados para formação de raízes, e pela redução da quantidade de radiação solar interceptada, em função do menor desenvolvimento foliar (GASTAL et al., 1992).

Entretanto, o cultivo do arroz irrigado ocorre com a submersão do solo a partir de uma lâmina de água, devido ao fato de o arroz apresentar estruturas que conferem tolerância ao alagamento (i.e., aerênquimas). O alagamento acarreta rápido ambiente de redução no solo (PONNAMPERUMA, 1966). A partir daí, os processos de oxirredução passam a ser predominantemente realizados pelos microrganismos anaeróbicos (SOUSA et al., 2015). Assim, embora o alagamento não impeça o processo de decomposição da matéria orgânica (MO), sabe-se que é prejudicado, principalmente em função da menor eficiência energética dos microrganismos envolvidos. Portanto, a redução das taxas de decomposição gera diminuição da mineralização da MO (KLUG & REDDY, 1984), fazendo com que o cultivo do arroz irrigado seja muito dependente do uso da adubação mineral, sobretudo a de N, considerando que a recomendação se baseia na resposta à adubação nitrogenada e leva em consideração o teor de matéria orgânica do solo (CQFS-RS/SC, 2016).

Recentemente, ANGHINONI & CARLOS (2019) abordaram questões relacionadas ao manejo da adubação nitrogenada de cobertura no arroz irrigado e reiteraram a importância do parcelamento da adubação, fundamentada na marcha de absorção do N pela planta, bem como a relevância do tema quanto às perdas de N para o ambiente. Entretanto, sob SIPA utilizando-se de plantio direto combinado com pastagens em sucessão, há carência de informações quanto ao manejo da adubação nitrogenada. Além de precisarmos considerar que solos utilizados para o cultivo de arroz irrigado

no RS apresentam, em geral, textura franco arenosa e baixos teores de matéria orgânica (MO) e P e K disponíveis (PINTO et al., 2004).

Conforme apresentado, DENARDIN et al. (2020) encontraram resposta à adição de N no arroz, sem resposta à adição de P e K. ELY et al. (2019) verificaram que a adoção de SIPA com pouca diversificação e monocultivo (i.e., arroz e azevém), sem adubação no arroz (N, P e K), não expressou o mesmo potencial produtivo. Reforçando a importância da adubação nitrogenada, principalmente considerando o grande aporte anual de resíduos de alta relação C:N e, conseqüentemente, maior dependência por N pelos microrganismos do solo para decompor esse resíduo.

Existirem diversos estudos abordando estratégias baseadas no manejo da adubação para aumentar a eficiência do uso de N no arroz irrigado, a eficiência de recuperação (kg de N na planta por kg de N aplicado via fertilizante) e a eficiência agrônômica (kg de grãos produzidos por kg de N aplicado via fertilizante) indicando que são relativamente baixas, entre 30 a 40% (CASSMAN et al., 1995). MOLL et al. (1982) propuseram definir a eficiência de uso do N (EUN) como o rendimento produzido por unidade de N disponível no solo. Conseqüentemente, a EUN é a capacidade da planta de produzir um suplemento de biomassa por unidade de absorção de N. De acordo com as culturas, o rendimento representa a biomassa acima do solo, como em plantas forrageiras, ou a biomassa de grãos para cereais, leguminosas ou culturas de sementes de oleaginosas. A EUN é considerada resultante de três grupos de processos: (i) a capacidade da cultura de capturar N do solo; (ii) a capacidade da cultura de usar o N para elaboração da biomassa; e (iii) a capacidade da planta para alocar C e N ao grão.

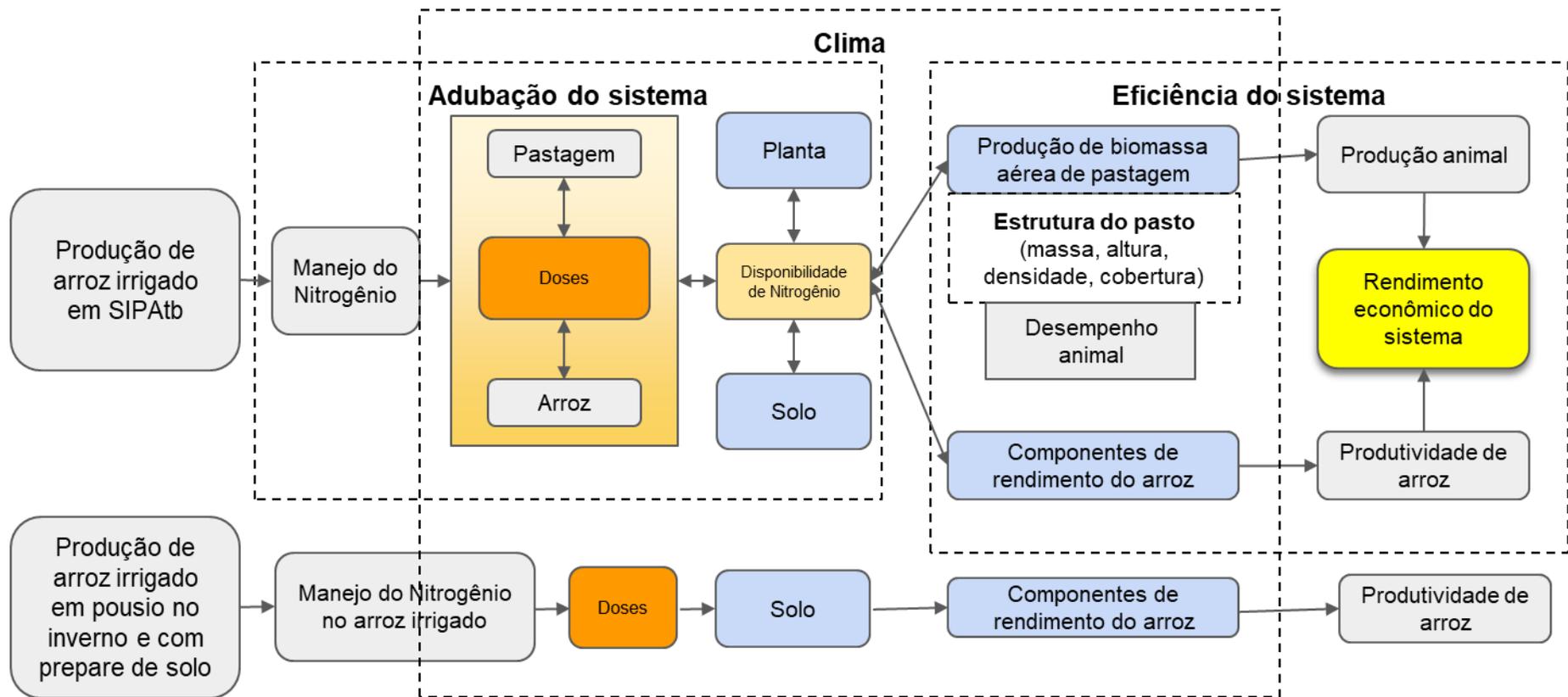
Estratégias que visem adequar a adubação nitrogenada conforme a demanda de N pelo arroz estão reduzindo a demanda de N via fertilizantes. Sendo assim, é importante explorar ainda mais esse sistema de produção em terras baixas, principalmente no que tange os estudos com N.

## **2.5. Modelo Conceitual**

Para ilustrar a ideia central da proposta de estudo, foi elaborado o modelo conceitual da dissertação em questão (Figura 1). Ele levou em

consideração as informações contidas no conhecimento adquirido das citações até o momento, bem como trabalhos prévios realizados e apresentados no programa de pós-graduação em ciência do solo da UFRGS.

Respeitando as interações que cada sistema impõe, suas limitações, potencialidades e influências por outros fatores do meio ambiente.



**Figura 1.** Modelo conceitual proposto para esse estudo, mostrando a dinâmica de funcionamento e das interações que cada um exerce no resultado em função da adubação e dos demais componentes que o envolvem.

### **3. HIPÓTESE**

O arroz irrigado responde a adubação nitrogenada mesmo em SIPA de médio-longo prazo. Porém com respostas diferentes do que de sistemas convencionais.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo Geral**

Testar as doses do fertilizante mineral nitrogenado a ser adicionado no cultivo do arroz irrigado e na pastagem hibernal com bovinos de corte em SIPA terras baixas, para subsidiar informações que sirvam para futuras recomendações de adubação.

### **4.2. Objetivos Específicos**

Identificar a resposta do azevém às quantidades de nitrogênio que respondam com maior acúmulo de massa de forragem ao longo do período hibernal, bem como a eficiência no uso do nitrogênio na produção da massa de forragem.

Testar diferentes combinações nas doses de adubação nitrogenada entre a fase pecuária no outono-inverno e o cultivo do arroz irrigado, na primavera-verão.

Obter a produtividade de grãos do arroz que juntamente com melhor eficiência do uso do nitrogênio, indique a máxima eficiência agrônômica para as doses aplicadas em sistema de monocultivo de arroz irrigado estival, consorciado com azevém no período hibernal.

Confrontar as adubações de N em sistema integrado com monocultivo de arroz anual e pastagem hibernal pastejada em semeadura direta e com monocultivo de arroz em pousio com preparo de solo.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1. Localização e caracterização do solo da área experimental

O experimento teve início em abril de 2013, em uma área de aproximadamente 18 hectares pertencente à Fazenda Corticeiras, localizada no município de Cristal, RS, Brasil, na Região Arrozeira da Planície Costeira Interna (30°97'26"S latitude, 51°95'04"O longitude). A altitude é de 28 metros e o clima caracteriza-se como subtropical úmido sem estação seca definida e verões quentes (Cfa), segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 18,3°C e precipitação média anual de 1.522 mm (MARTINS et al., 2016). O solo é classificado como Planosso Háplico Eutrófico (EMBRAPA, 2013), com relevo plano a suavemente ondulado e declividade máxima de 4%, e apresenta má drenagem e textura franco-argilo-arenosa com 24, 23 e 53% de argila, silte e areia, respectivamente, na camada de 0 a 20 cm (MARTINS et al., 2017). Previamente à implantação do experimento, a área se encontrava em pousio por três anos desde o último cultivo com arroz irrigado.

Em março de 2013, amostras de solo para caracterização química foram coletadas (Tabela 1).

**Tabela 1.** Atributos químicos em diferentes camadas do solo antes da implantação do experimento SIPA terras baixas, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS, em março de 2013.

Atributo químico do solo	Camada de solo (cm)		
	0 a 10	10 a 20	20 a 40
pH em água	5,5	5,3	5,1
Carbono orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	18	12	9
P disponível (mg dm <sup>-3</sup> )	10	5	3
K disponível (mg dm <sup>-3</sup> )	76	36	26
Ca trocável (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,5	2,9	1,7
Mg trocável (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,3	2,2	1,3
CTC <sub>pH7,0</sub> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	10,6	12,2	12,1
Saturação por bases (%)	56	43	26
Saturação por Al (%)	3	12	35

Analisado segundo a metodologia de Tedesco et al. (1995). pH em água (relação 1:1); Fósforo (P) e potássio; (K) disponíveis extraídos com solução Mehlich 1; Cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>.

Em abril, realizou-se o preparo convencional do solo de toda a área experimental com o uso de arado e duas operações com grade niveladora. No intervalo entre as gradagens foi realizada a calagem com a aplicação de calcário a uma taxa de 4,5 Mg ha<sup>-1</sup> (com um poder relativo de neutralização total de 70%), determinado de acordo com CQFS RS / SC (2004), com o objetivo de elevar o pH da camada de solo de 0-20 cm para pH 6,0. Depois da correção do solo, cinco sistemas envolvendo arroz irrigado foram estabelecidos, iniciando primeiramente com a semeadura das pastagens hibernais.

O protocolo experimental inclui cinco sistemas de produção agropecuária (tratamentos) envolvendo a lavoura de arroz irrigado, distribuídos em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições, com média de 1,06 hectares cada. Os sistemas e a distribuição espaço temporal estão descritos na Tabela 2.

**Tabela 2:** Distribuição espaço-temporal dos sistemas de produção envolvendo a lavoura de arroz irrigado em terras baixas. Nos dois ciclos de cultivo, de 2013 a 2016 e de 2017 a 2020. Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

Ciclos / Sistemas	Ano	Estação	S1	S2	S3	S4	S5
Ciclo 1 (2013-2016)	2013	out-inv	pousio	azevém	azevém	Az.+TB	Az.+TB+ Corn.
	2013	prim-ver	arroz	arroz	soja	sudão	campo
	2014	out-inv	pousio	azevém	azevém	Az.+TB	Az.+TB+ Corn.
	2014	prim-ver	arroz	arroz	arroz	soja	campo
	2015	out-inv	pousio	azevém	azevém	Az.+TB	Az.+TB+ Corn.
	2015	prim-ver	arroz	arroz	soja	milho	campo
	2016	out-inv	pousio	azevém	azevém	Az.+TB	Az.+TB+ Corn.
	2016	prim-ver	arroz	arroz	arroz	arroz	arroz
Ciclo 2 (2017-2020)	2017	out-inv	pousio	azevém	azevém	Az.+TB	Az.+TB+ Corn.
	2017	prim-ver	arroz	arroz	soja	sudão	campo
	2018	out-inv	pousio	azevém	azevém	Az.+TP	Az+TP+ Corn.
	2018	prim-ver	arroz	arroz	arroz	soja	campo
	2019	out-inv	pousio	azevém	azevém	Az.+TP	Az+TP+ Corn.
	2019	prim-ver	arroz	arroz	soja	milho	campo
	2020	out-inv	pousio	azevém	azevém	Az.+TP	Az+TP+ Corn.
	2020	prim-ver	arroz	arroz	arroz	arroz	arroz

Az. = Azevém; TB = Trevo Branco; TP = Trevo Persa; Corn. = Cornichão; S1, (convencional) com pousio no inverno e preparo de solo; S2 ao S5, com pastejo e semeadura direta.

Os tratamentos utilizados consistem em sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) em terras baixas do RS, que consideram: 1) diversidade espaço-temporal de culturas; 2) intensidade temporal dos cultivos comerciais; e 3) manejo espaço-temporal do solo. Essas variáveis são arranjadas de modo a representarem modelos de produção para os diferentes cenários no RS, tendo o arroz irrigado (*Oryza sativa*) como a cultura de referência.

Dentre os cinco sistemas de produção testados no experimento, apenas três foram escolhidos para o presente estudo, sendo eles: Sistema 1 – arroz todos os anos e pousio na entressafra, com preparo anual do solo, e que será referenciado como sistema convencional (SC), Sistema 2 – arroz todos os anos com azevém anual (*Lolium multiflorum* L.) sob pastejo com bovinos de corte na entressafra, introduzidos em sucessão ao arroz irrigado em plantio direto, que chamaremos de SIPA e Sistema 3 – azevém anual pastejado – soja – azevém pastejado – arroz. Neste caso, a soja (*Glycine max*) entra no sistema rotacionando com o arroz no verão, juntamente com o cultivo de azevém no inverno. E será referenciado como SIPA soja-arroz/azevém.

Sistema 1 (SC): Tem como características o cultivo continuado do arroz, com mobilização anual do solo. É o sistema utilizado na maioria das lavouras arroteiras no RS e serve de referência para aos demais sistemas, caracterizando-se como monocultivo. O manejo do solo consiste no cultivo mínimo, com operações de preparo antecipado de solo no pós-colheita, antes da semeadura do arroz, que ocorre predominantemente em outubro. Neste sistema não ocorre pastejo.

Sistema 2 (SIPA): É um sistema com baixa diversidade, alta intensidade de cultivo do arroz e mínima mobilização do solo. Este modelo enseja o perfil das pequenas e médias propriedades nas Regiões Arrozeiras Central e Planícies Costeiras Interna e Externa, com cultivo anual de arroz irrigado. A implantação de azevém (*Lolium multiflorum* L.) na entressafra possibilita o uso das áreas com pastejo e, por consequência, uma melhor utilização da terra no período normalmente ocioso.

Sistema 3 (SIPA soja-arroz/azevém): Azevém pastejado – soja – azevém pastejado – arroz. É tido como um sistema com moderada diversidade de culturas, moderada intensidade de cultivo do arroz e mínima mobilização do

solo. Este modelo está sendo implementado nas seis Regiões Arrozeiras do Estado do Rio Grande do Sul, tanto em pequenas, quanto em médias e grandes propriedades. Permite rotacionar as culturas de verão e a soja entra no sistema para agregar qualidade ao solo, pela deposição de N, servindo também como ferramenta de controle de invasoras.

A ocupação desses ao longo dos anos de cultivo, bem como o manejo da adubação, estão descritos na Tabela 3.

**Tabela 3.** Descrição dos dois sistemas que serão estudados neste trabalho, seu uso ao longo do tempo, no primeiro (2013-2016/2017) e segundo (2017-2020/2021) ciclos (Fazenda Corticeiras, Cristal, RS).

Estação	Ano / Safra	Sistema de produção		
		SC	SIPA	SIPA soja-arroz/azevem
Outono-Inverno	2013	Pousio	Azevém	Azevém
Primavera-Verão	2013/2014	Arroz	Arroz	Soja
Outono-Inverno	2014	Pousio	Azevém	Azevém
Primavera-Verão	2014/2015	Arroz	Arroz	Arroz
Outono-Inverno	2015	Pousio	Azevém	Azevém
Primavera-Verão	2015/2016	Arroz	Arroz	Soja
Outono-Inverno	2016	Pousio	Azevém	Azevém
Primavera-Verão	2016/2017	Arroz	Arroz	Arroz
Outono-Inverno	2017	Pousio	Azevém	Azevém
Primavera-Verão	2017/2018	Arroz	Arroz	Soja
Outono-Inverno	2018	Pousio	Azevém	Azevém
Primavera-Verão	2018/2019	Arroz	Arroz	Arroz
Outono-Inverno	2019 <sup>(1)</sup>	Pousio	Azevém	Azevém
Primavera-Verão	2019/2020 <sup>(1)</sup>	Arroz	Arroz	Soja
Outono-Inverno	2020	Pousio	Azevém	Azevém
Primavera-Verão	2020/2021	Arroz	Arroz	Arroz

<sup>(1)</sup> Períodos de realização do presente estudo; O Azevém é pastejado com bovinos de corte; Sistema convencional (SC)= Pousio – arroz (com preparo de solo); SIPA = Azevém pastejado – arroz (semeadura direta); SIPA soja-arroz/azevém = Azevém pastejado – soja – azevém pastejado – arroz, com mínima mobilização do solo e semeadura direta.



**Figura 2.** Croqui da área experimental SIPAtb com a distribuição dos tratamentos (sistemas) e dos blocos de cada tratamento, na fazenda Corticeiras, Cristal, RS, Brasil.

## 5.2. Adubação da área experimental para os sistemas em estudo

De 2013 a 2016 (ciclo 1), cada sistema recebeu diferentes adubações com intuito de atingir o máximo potencial produtivo das lavouras e das pastagens, elevando-se os níveis de fertilidade do solo.

No ciclo 1, os tratamentos com SIPA, sobre pastejo, a adubação foi realizada tanto no inverno, sobre as pastagens, como no verão, sobre a cultura do arroz irrigado, ou o cultivo que estiver previsto nos demais tratamentos, recebendo então, duas adubações ao longo do ano. Já para o Sistema Convencional, no inverno, houve ausência de adubação, sendo realizada apenas no verão, na cultura do arroz.

A Tabela 4 mostra a distribuição da adubação ao longo do período do ciclo 1, das quantidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O que cada sistema em estudo recebeu.

**Tabela 4.** Distribuição das quantidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O que cada tratamento recebeu ao longo do ciclo 1 (2013 a 2016/2017), no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

Estação	Ano / Safra	Dose de N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O aplicada (kg/ha)		
		SC	SIPA	SIPA soja-arroz/azevem
Outono-Inverno	2013	0-0-0	110-110-110	110-110-110
Primavera-Verão	2013/2014	150-70-120	150-70-120	20-110-120
Outono-Inverno	2014	0-0-0	130-130-130	130-130-130
Primavera-Verão	2014/2015	160-70-115	160-70-115	160-70-115
Outono-Inverno	2015	0-0-0	130-130-130	130-130-130
Primavera-Verão	2015/2016	150-70-120	150-70-120	0-105-80
Outono-Inverno	2016	0-0-0	130-130-130	130-130-130
Primavera-Verão	2016/2017	150-70-120	150-70-120	150-70-120
<b>Total</b>	-	<b>610-280-475</b>	<b>1110-780-975</b>	<b>830-855-935</b>

O Azevém é pastejado com bovinos de corte; Sistema convencional (SC)= Pousio – arroz (com preparo de solo); SIPA = Azevém pastejado – arroz (semeadura direta); SIPA soja-arroz/azevém = Azevém pastejado – soja – azevém pastejado – arroz, com mínima mobilização do solo e semeadura direta.

Os tratamentos com SIPA e SC, receberam adubações diferentes apenas no ciclo 1, pelo fato de ter sido adubado tanto as culturas quanto as pastagens e a soja recebeu quantidades diferentes do arroz, principalmente de N. No ciclo 1 (2013 a 2016), ao longo dos quatro anos, o SIPA arroz/azevém recebeu cerca de 1.110, 780 e 975 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, enquanto o SIPA soja-arroz/azevém recebeu cerca de 830, 855 e 935 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente (tabela 4). Ou seja, o SIPA soja-arroz/azevém recebeu cerca de 25% menos N neste período, por conta dos dois cultivos de soja, já que sua adubação não prevê aporte de N, ficando esse a cargo da FBN.

Já, nesta fase em andamento, de 2017 a 2021 (ciclo 2), cada sistema tem sido avaliado quanto à capacidade de se sustentar no tempo. Para

isso, o nível de adubação foi estipulado para obter o máximo potencial produtivo, com base na cultura que apresenta maior exportação de nutrientes. E os tratamentos recebem toda a adubação no outono-inverno, sobre as pastagens, exceto o SC, que segue recebendo na primavera-verão.

A adubação de todos os tratamentos no ciclo 2 foi igual, os SIPA receberam a adubação de reposição apenas no inverno, nas pastagens e o SC apenas no arroz, no verão. Sendo assim, receberam as mesmas quantidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O.

A adubação que cada tratamento recebeu no ciclo 2 (2017 a 2021) está descrito na (Tabela 5).

**Tabela 5.** Distribuição das quantidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O que cada tratamento em estudo recebeu ao longo do ciclo 2 (2017 a 2020/2021), no experimento SIPA terras baixas, na fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

Estação	Ano / Safra	Dose de N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O aplicada (kg ha <sup>-1</sup> )		
		SC	SIPA	SIPA soja-arroz/azevem
Outono-Inverno	2017	0-0-0	150-120-75	150-120-75
Primavera-Verão	2017/2018	150-120-75	0-0-0	0-0-0
Outono-Inverno	2018	0-0-0	150-120-75	150-120-75
Primavera-Verão	2018/2019	150-115-75	0-0-0	0-0-0
Outono-Inverno	2019 <sup>(1)</sup>	0-0-0	150-115-90	150-115-90
Primavera-Verão	2019/2020 <sup>(1)</sup>	150-120-90	0-0-0	0-0-0
Outono-Inverno	2020	-	-	-
Primavera-Verão	2020/2021	-	-	-
<b>Total até 2019/2020</b>		<b>450-355-240</b>	<b>450-355-240</b>	<b>450-355-240</b>

<sup>(1)</sup> Períodos de realização do presente estudo; O Azevém é pastejado com bovinos de corte; Sistema convencional (SC)= Pousio – arroz (com preparo de solo); SIPA = Azevém pastejado – arroz (semeadura direta); SIPA soja-arroz/azevém = Azevém pastejado – soja – azevém pastejado – arroz, com mínima mobilização do solo e semeadura direta.

### 5.3. Manejo e implantação dos sistemas do presente estudo

Após a colheita do arroz irrigado (cv. IRGA 424RI) da safra 2018/2019, em março de 2019, foram estabelecidos os pastos de azevém (cv. LE 284) nos SIPA com semeadura a lanço, na densidade de 20 kg ha<sup>-1</sup>. Recebeu toda a adubação (CQFS-RS/SC, 2016), realizada também a lanço em 10/06/2019, com 20, 115 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, sendo 330 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 07-35-10 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio (58% de K<sub>2</sub>O). O restante do N (i.e., 130 kg ha<sup>-1</sup>), na forma de ureia (45%), foi realizado também a lanço no dia 05/07/2019, com 290 kg ha<sup>-1</sup>. Já no SC, a adubação foi realizada na lavoura de arroz, na primavera, nas mesmas quantidades que as pastagens, distribuídos sobre o arroz em 18/11/2019, com 20-115-90 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, a lanço imediatamente após a semeadura. O restante do N no SC (i.e., 123 kg ha<sup>-1</sup> de N) foi aplicado via ureia (45%) a lanço, realizada em dois momentos: 2/3 no estágio V3-V4, e 1/3 no estágio R0, segundo a escala de (COUNCE et al., 2000) (Figura 3). Sendo 200 kg ha<sup>-1</sup> de 45-00-00 em 18/11/2019 e 95 kg ha<sup>-1</sup> de 45-00-00 em 27/12/2019, conforme descrito na Tabela 6.



Menezes et al. (2012), CTAR/SOSBAI (2019).

**Figura 3.** Estádios de aplicação de nitrogênio em cobertura em arroz irrigado, conforme escala de COUNCE et al. (2000), três a quatro folhas (V3-V4) e na diferenciação do primórdio da panícula (R0).

**Tabela 6.** Distribuição da adubação de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O que cada tratamento recebeu (SC e SIPA) em 2019, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

Data da adubação	Fórmula	Dose aplicada (kg ha <sup>-1</sup> )			Época/estágio	
		Quantidade	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O
<b>SIPA - adubação de sistemas na pastagem de azevém - 2019</b>						
10/06/2019	07-35-10	330	23	116	33	V3-V4
10/06/2019	00-00-60	100	-	-	60	V3-V4
05/07/2019	45-00-00	290	131	-	-	15 cm altura*
<b>Total no SIPA</b>			<b>154</b>	<b>116</b>	<b>93</b>	
<b>SC – Adubação na cultura do arroz irrigado - safra 2019/2020</b>						
18/11/2019	06-23-30	300	18	69	90	V3-V4
18/11/2019	00-42-00	110	-	46	-	V3-V4
18/11/2019	45-00-00	200	90	-	-	V3-V4
27/12/2019	45-00-00	95	43	-	-	R0
<b>Total no SC</b>			<b>151</b>	<b>115</b>	<b>90</b>	

\*Imediatamente antes da entrada dos animais; SIPA = Azevém pastejado – arroz/arroz e soja/arroz em semeadura direta; SC (Sistema convencional) = monocultivo de arroz, com preparo de solo no inverno.

O pastejo no SIPA foi realizado pelo método de pastoreio 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. Para isso, foram utilizados animais jovens, recém-desmamados com 10 meses de idade média, machos castrados contendo cerca de 200 kg de peso vivo (PV). O início do pastejo ocorreu quando a altura do pasto atingiu aproximadamente 20 cm (em torno de 1,5 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca), procurando-se manter essa altura ao longo do ciclo do pastejo, que se estendeu até outubro. O acompanhamento da altura do pasto foi realizado por meio de um bastão graduado *sward stick* (BARTHAM, 1986), cujo marcador corre por uma régua até tocar a primeira lâmina foliar.

A semeadura do arroz irrigado (cv. IRGA 424 RI) da safra 2019/2020, para os dois tratamentos foi em 21/10/2019, sendo no SC na forma de cultivo mínimo, após o preparo de solo no período hibernal. No SIPA, a semeadura foi direta sobre as pastagens de azevém dessecado com glifosato, em 10/10/2019. Ambos os tratamentos foram dessecados novamente

imediatamente após a semeadura, em 26/10/2019, juntamente com um herbicida pré-emergente para gramíneas, a base de clomazone (Gamit®).

A emergência se deu em 12/11/2019. A entrada d'água foi iniciada em 19/11/2019, quando 80% das plantas estavam com 3 folhas. No dia anterior, realizamos a adubação do SC e os tratos culturais referentes ao controle de plantas daninhas para os demais tratamentos, com 1,5 litros ha<sup>-1</sup> de imazetapyr®, 1,5 litros ha<sup>-1</sup> de Basagran®, 750 gramas ha<sup>-1</sup> de Facet®, 300 ml ha<sup>-1</sup> de gamit® e os óleos aduvantes, Lanza® e Poliflex®.

A diferenciação do primórdio da panícula (R0) se deu em ~ 27/12/2019. E o florescimento peno (R4), (80%), em ~ 14/02/2020. Possibilitando a supressão da irrigação em 01/03/2020 e a colheita mecanizada em 31/03/2020.

#### **5.4. Atributos químicos do solo dos sistemas estudados**

Em 2018, anteriormente aos cultivos descritos neste trabalho, foi realizado coletas de solo para caracterização dos atributos químicos do solo. Foram coletadas sub amostras, formando uma amostra composta para cada bloco de cada sistema, na camada de 0 a 10 e 10 a 20 cm. Isso foi repetido ao final do cultivo do arroz irrigado (2020). Também foi coletado amostras compostas, formadas por seis sub amostras de solo na camada de 0 a 10 cm, em cada sub parcela ao final do pastejo do azevém no SIPA, anteriormente ao cultivo do arroz irrigado (outubro de 2019).

As amostras de solo foram encaminhadas em sacos plásticos ao laboratório de análises de solo do Instituto Riograndense do Arroz (IRGA). As amostras foram secas em forno com circulação de ar forçado a 50°C, moído e peneirado através de malha de 2 mm e analisado. As propriedades do solo usadas para a caracterização química foram: pH em água, teor de MOS (combustão úmida), P e K disponíveis (extraídos por Melhlich-1), Al, Ca e Mg trocáveis (extraídos por 1,0 mol L<sup>-1</sup> KCl), CTC<sub>pH7,0</sub>, saturação por Al (%) e saturação por bases (V%). Todas as análises foram seguindo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). Al<sup>3+</sup> trocável foi determinado por titulação com solução NaOH 0,0125 mol L<sup>-1</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> por espectrometria de absorção atômica, K por fotometria de chama e P por fotocolorimetria. A acidez potencial (H + Al) foi obtida através da equação proposta por Kaminski, Rheinheimer e

Bartz (2001). A soma de bases foi determinada pela soma de Ca, Mg e K. A  $CTC_{pH7,0}$  foi calculada pela soma de bases + (H + Al); V% foi calculado usando a relação:  $V\% = 100 \times \text{soma de bases} / CTC_{pH7,0}$  (CQFS-RS/SC 2016).

## 5.5. Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas no RStudio®, versão 4.0.2, e utilizados o pacote ExpDes.pt®. Os dados foram observados de forma independente para cada estudo e foram submetidos inicialmente aos testes de normalidade, e posteriormente, à análise de variância (ANOVA).

Havendo diferença entre os tratamentos, os dados foram submetidos aos testes para separação de médias, os tratamentos quantitativos, foram submetidos a regressão e correlação (Pearson). As metodologias de análises estão descritas individualmente abaixo para cada estudo.

## 5.6. Ensaio realizados

O estudo levou em consideração a fase pastagem com pastejo dos SIPA, anterior ao cultivo do arroz irrigado, bem como a fase lavoura, do SC e SIPA, e foi dividido em três ensaios.

### 5.6.1. Adubação nitrogenada no azevém pastejado em sucessão ao arroz irrigado, após seis anos de plantio direto

Para este ensaio, com o intuito de aumentar a confiabilidade das informações, utilizamos juntamente com o SIPA arroz/azevém, o sistema 3 (SIPA soja-arroz/azevém), duplicando o número de unidades experimentais. Tendo em vista que o SIPA soja-arroz/azevém, neste ano, também receberia pastagem de azevém após o cultivo de arroz irrigado, semelhante ao SIPA arroz/azevém.

Muito embora tenha recebido soja na safra anterior, no ano do presente estudo, o SIPA soja-arroz/azevém havia sido cultivado com arroz irrigado e a pastagem foi estabelecida após a colheita do arroz, em março 2019. Sendo assim, recebeu o mesmo manejo do SIPA arroz/azevém, tanto para o

estabelecimento do azevém, como para a adubação, conforme descrito anteriormente (vide item 5.3.).

Para caracterização dos atributos químicos do solo, foi realizado amostragens de solo nas camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm. (Tabela 7)

**Tabela 7.** Atributos químicos em diferentes camadas do solo antes da implantação do experimento, em maio de 2018, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

Atributo químico do solo	SIPA arroz/azevém		SIPA soja-arroz/azevém	
	Camada de solo (cm)			
	0 a 10	10 a 20	0 a 10	10 a 20
pH em água	5,7	5,8	5,8	5,7
Carbono orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	21	17	26	16
P disponível (mg dm <sup>-3</sup> )	7,6	7,3	22,8	6,5
K disponível (mg dm <sup>-3</sup> )	59,7	48	94,6	38,1
Ca trocável (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,6	5,8	5	3,9
Mg trocável (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,5	3,4	2,5	2,3
CTC <sub>pH7,0</sub> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	10,1	12,4	10	8,7
Saturação por bases (%)	71,2	74,1	74	71
Saturação por Al (%)	2,6	1,0	2,1	4,6

Analisado segundo a metodologia de Tedesco et al. (1995). pH em água (relação 1:1); Fósforo (P) e potássio; (K) disponíveis extraídos com solução Mehlich 1; Cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>.

Paralelo ao manejo dos sistemas, em cada bloco (parcela), sorteamos e demarcamos as parcelas subdivididas, que foram excluídas da adubação, (Tabela 6), por meio da alocação de uma lona. A adubação das sub parcelas, tanto para N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O foram realizadas manualmente, respeitando as mesmas quantidades do restante da parcela (bloco) para P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, diferindo apenas para o N. Os sub tratamentos (parcelas subdivididas) receberam as seguintes doses de N em cobertura no azevém: 0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, equivalente a expectativa de produção de 2, 4, 6 e 8 Mg ha<sup>-1</sup> MS (CQFS-RS/SC 2016). Distribuídos no estádio V4, na forma de ureia (45%).

Os sub tratamentos no azevém são descritos a (Tabela 8). A dimensão de cada sub parcela foi de 16 m<sup>2</sup> (4 m x 4 m) (figura 4) e foram dispostas dentro de cada bloco de forma a manter a maior uniformidade possível, evitando o caminho rotineiro dos animais (bebedouros, saleiros, locais de descanso, bem como o caminho de acesso a estes).

**Tabela 8.** Sub tratamento com doses de N no azevém, alocados nos dois tratamentos em estudo em maio de 2019, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

Sub tratamentos (parcelas sub divididas)	Dose de N no azevém (kg ha <sup>-1</sup> )
T1	0
T2	50
T3	100
T4	150



parcela Dimensões de cada parcela= 4m x 4m = 16 m<sup>2</sup>

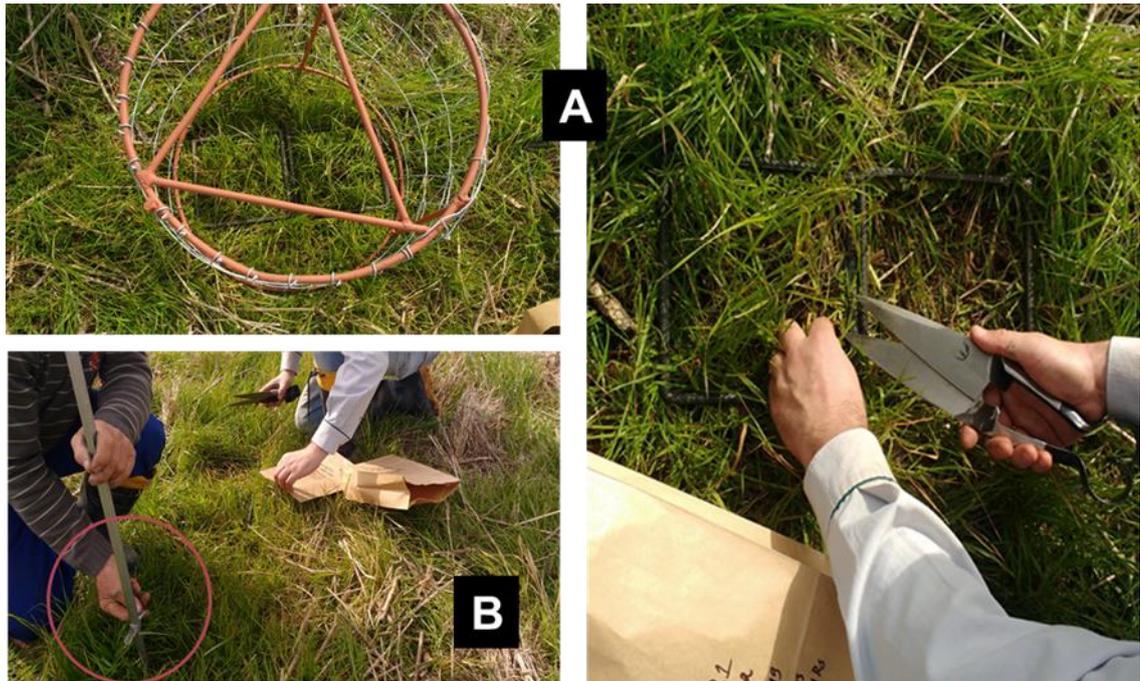
**Figura 4.** Distribuição ilustrativa das parcelas subdivididas com os sub tratamentos de nitrogênio, na pastagem de azevém, para os dois tratamentos estudados em 2019, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

Em cada parcela subdividida, foram alocadas gaiolas de exclusão ao pastejo (0,196 m<sup>2</sup>) com a finalidade de estimar o crescimento e a produção da massa seca de forragem expressa em Mg ha<sup>-1</sup>, conforme metodologia de Klingman et al. (1943). As coletas de forragem foram realizadas a cada 21 dias, com duas amostragens (coletas) dentro e duas fora de cada gaiola, através de dois quadros de 0,2 x 0,2 m (0,04 m<sup>2</sup>). Conforme ilustrado na Figura 5.



**Figura 5.** Gaiolas de exclusão ao pastejo (a esquerda) e os quadros alocados dentro das gaiolas para coleta do pasto para determinação da biomassa aérea da pastagem de azevém, em 2019, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

Juntamente com o corte para determinação da massa seca, foi medida a altura do pasto, com o auxílio de um bastão graduado, *sward stick* (BARTHAM, 1986). Foram medidos a cada período de coleta, com 5 medidas em cada quadro (0,04 m<sup>2</sup>), totalizando 10 medidas dentro e 10 medidas fora das gaiolas por coleta. Na última coleta, a medida fora da gaiola não foi realizada, apenas dentro, juntamente com o corte da massa de forragem. A medida de altura e corte de massa seca da parte aérea está ilustrada na Figura 6.



**Figura 6.** Corte do azevém, dentro em fora das gaiolas (A) para determinação da massa de forragem do azevém e a leitura da altura do pasto em cada quadro (B), no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

O corte do azevém rente ao solo, fora das gaiolas, foi utilizado para determinar a massa de forragem inicial (MFI). Após as coletas, as amostras foram armazenadas em sacos de papel e enviados a estufa a 60°C, por no mínimo 48h, até atingir peso constante. Determinou-se a massa de forragem no período (MFP), a cada 21 dias, e a taxa de acúmulo (TA) de massa seca, em  $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ .

$$\text{Taxa de acúmulo (TA)} = \frac{\text{MF}_{\text{final}} - \text{MF}_{\text{inicial}}}{\text{Período avaliado}}$$

Sendo:

MF inicial = Massa de forragem no início do período;

MF final = Massa de forragem no final do período;

Período avaliado = n° de dias entre as coletas.

A produção total de forragem (MFT;  $\text{kg ha}^{-1}$ ) do período experimental, foi obtido pela soma da massa de forragem inicial (no início do experimento) ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) com os valores obtidos com a TA ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ),

multiplicada pelo número de dias de utilização, conforme metodologia de Klingmann et al. (1943).

$$\text{MFT} = \text{MFI} + (\text{TA} \times \text{n}^\circ \text{ de dias de utilização})$$

Sendo:

MFT = Produção de forragem total do período experimental;

MFI = massa de forragem inicial, obtido na primeira coleta;

TA = taxa de acúmulo;

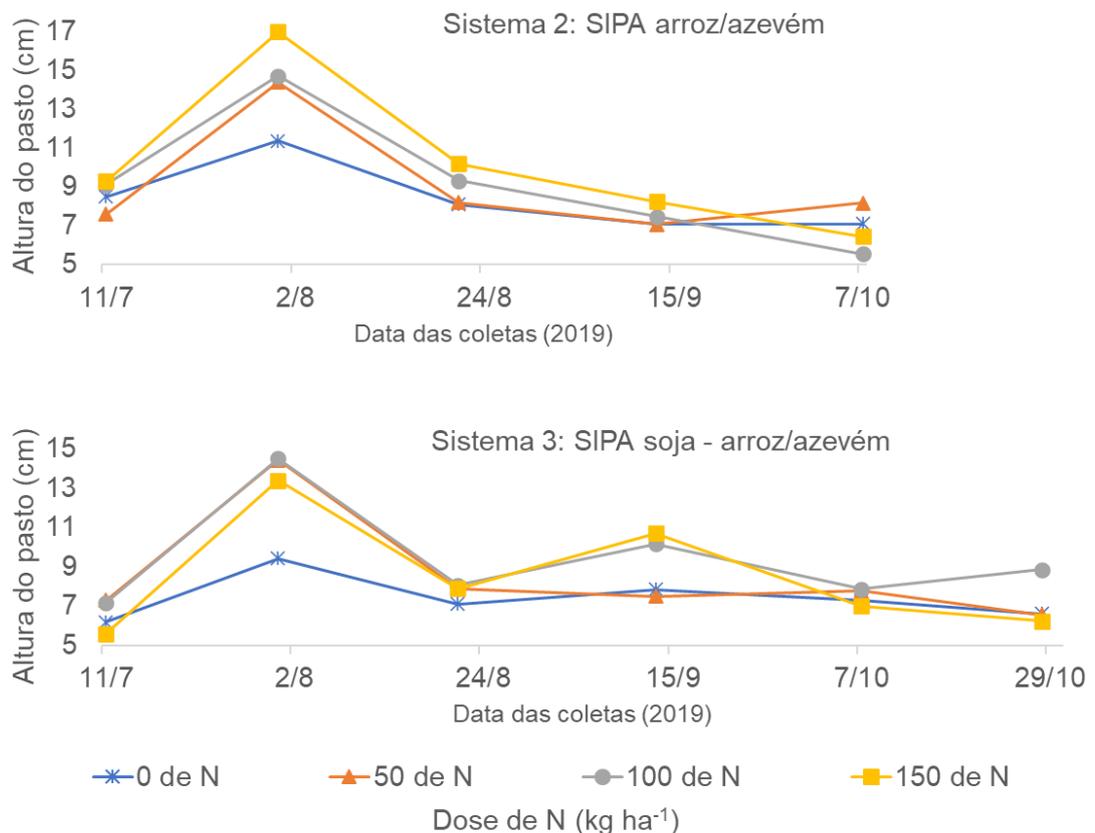
Nº de dias de utilização com pastejo na área experimental.

Além da obtenção da produção total da forragem no período experimental (MFT) e a taxa de acúmulo média do período (TA), determinamos também a eficiência de utilização do N (EUN), definida por MOLL et al. (1982) como a resposta em termos unitários da matéria seca (MS) produzida por cada unidade de N aplicado (kg de MS por kg de N), usando como referência a produção da massa de forragem sem fertilização.

A partir do dia 15/07/2019, 10 dias após a adubação nitrogenada (05/07/2019), as parcelas foram pastejadas com novilhos de corte em recria (bovinos de aproximadamente 10 meses de idade e 180 kg de peso vivo inicial), com taxa de lotação ajustada para manter os pastos a 15 cm de altura.

No dia seguinte a adubação nitrogenada nas parcelas, foi realizada a primeira coleta do período de pastejo, no dia 11/07/2019, juntamente com a alocação das gaiolas dentro das sub parcelas, anterior a entrada dos animais. O término do pastejo se deu em 07/10/2019, para o SIPA arroz/azevém e em 08/11/2019 para o SIPA soja-arroz/azevém, que ficou com 31 dias a mais de pastejo que o SIPA arroz/azevém. Resultando em 4 e 6 períodos avaliados de 88 e 119 dias para o SIPA arroz/azevém e SIPA soja-arroz/azevém respectivamente. E o último período do SIPA soja-arroz/azevém, teve apenas 10 dias. Isso porque o SIPA soja-arroz/azevém foi cultivado com arroz irrigado e o SIPA soja-arroz/azevém foi cultivado com soja na safra seguinte (2019/2020), respeitando a recomendação de época de semeadura indicada para cada uma das culturas (SOSBAI, 2018; CUNHA et al., 2001).

A altura do pasto em cada coleta, medido dentro e fora das gaiolas, não será discutido neste trabalho, portanto será apresentado a altura fora das gaiolas, para mostrar o comportamento do pasto ao longo de cada período em que foi realizada a coleta, para os dois sistemas estudados, SIPA arroz/azevém e SIPA soja-arroz/azevém, em função das doses de N adicionadas no azevém. E estão apresentados na Figura 7.



**Figura 7:** Altura do pasto medido fora das gaiolas, em cada período coletado em cada sub tratamento (doses de N, kg ha<sup>-1</sup>), no SIPA arroz/azevém (acima) e SIPA soja-arroz/azevém (abaixo), em 2019, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

#### 5.6.1.1. Delineamento experimental e testes estatísticos

O delineamento experimental foi de blocos casualizados (DBC) com três repetições em quatro parcelas subdivididas em dois tratamentos, o SIPA arroz/azevém e o SIPA soja-arroz/azevém. Resultando em 24 unidades

experimentais. E foram avaliadas em 4 e 6 períodos no SIPA arroz/azevém e no SIPA soja-arroz/azevém, respectivamente, totalizando 120 unidades amostrais.

Atendeu-se os pressupostos básicos para a escolha do número de repetições por tratamento, para se ter no mínimo 20 unidades experimentais e 10 graus de liberdade do erro (Gomes, 1978). Justificando a necessidade de termos utilizado o tratamento SIPA soja-arroz/azevém para análise dos dados em conjunto, possibilitando maior confiabilidade. O cálculo dos graus de liberdade do erro é apresentado na Tabela 9.

O termo “parcelas subdivididas” refere-se ao esquema do experimento, ou seja, a maneira pela qual os tratamentos são organizados. Os experimentos em parcelas subdivididas, em geral, estudam simultaneamente dois tipos de fatores os quais são geralmente denominados de fatores primários e fatores secundários. Sendo assim, diferente do arranjo fatorial, que teríamos apenas um resíduo para todos os F e comparação de médias, no “split-plot” (parcelas subdivididas) há dois resíduos (GOMES, 1978). No caso deste ensaio, o fator primário A, refere-se aos tratamentos (SIPA arroz/azevém e SIPA soja-arroz/azevém) e o fator secundário B, refere-se as sub parcelas com as doses de N no azevém. Sendo que o fator A foi distribuído segundo o delineamento experimental já existente no experimento, e o fator B foi distribuído dentro de cada tratamento (sistema), ao acaso.

**Tabela 9.** Cálculo dos graus de liberdade do erro, para parcelas subdivididas em blocos ao acaso, das parcelas de N alocados no azevém, no experimento SIPAtb, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

<b>Tabela da Análise da Variância – Parcelas Subdivididas</b>		
<b>Causas de Variação</b>	<b>Graus de Liberdade (GL)</b>	<b>GL</b>
<b>Blocos</b>	$r - 1$	$3 - 1 = 2$
<b>Tratamentos A</b>	$a - 1$	$2 - 1 = 1$
Erro experimental A	$(a - 1) (r - 1)$	$(2 - 1) (3 - 1) = 2$
<b>Parcelas</b>	$a r - 1$	$6 - 1 = 5$
<b>Tratamentos B</b>	$b - 1$	$4 - 1 = 3$
<b>A X B</b>	$(a - 1) (b - 1)$	$(2 - 1) (4 - 1) = 3$
Erro experimental B	$a (r - 1) (b - 1)$	$2 (3 - 1) (4 - 1) = 12$
<b>Total</b>	$a b r - 1$	$24 - 1 = 23$

Erro Experimental são os Resíduos; Resíduo (a), referente às parcelas; resíduo (b), à sub parcelas; e as repetições (r), os Blocos;

Verificados os pressupostos de normalidade (Shapiro-Wilk), homogeneidade (Bartlett) e independência dos resíduos, os dados foram submetidos à ANOVA. As médias dos resultados de cada tratamento foram comparadas por meio do teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), e os tratamentos quantitativos, foram submetidos a regressão, respeitando a mesma significância.

### **5.6.2. Adubação nitrogenada em sistema de produção de arroz irrigado anual com pastagem hibernal pastejada em terras baixas**

Este estudo pode ser considerado o seguimento do estudo anterior, realizado no azevém, continuado na cultura do arroz irrigado. Tem por objetivo testar a capacidade do N sustentar-se ao longo do tempo, verificando a eficiência da adubação de sistemas, em um sistema de monocultivo entre duas gramíneas em sucessão.

Dentre os cinco sistemas, foi escolhido o SIPA azevém/arroz, para o presente estudo, o qual consiste em cultivo de arroz irrigado anualmente em sucessão à pastagem de azevém anual pastejada por bovinos, sendo esse o único tratamento a receber arroz neste ano. O manejo do solo deste sistema prevê a semeadura direta tanto do arroz irrigado quanto do azevém, e as intervenções de solo ocorrem apenas para drenagem (após a colheita do arroz irrigado e quando se fizer necessário), fechamento dos drenos (antecipadamente à submersão dos quadros a partir do V3-V4 do arroz), eventual remonte das taipas e intervenções pontuais para correções no relevo.

Após a colheita do arroz do ano agrícola 2018/2019, em março de 2019, foram estabelecidos os pastos de azevém (cv. LE 284) que receberam toda a adubação (CQFS-RS/SC, 2016), em 10/06/2019, a lanço com 150, 120 e 75 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, conforme descrito na Tabela 6. O pastejo com terneiros iniciou em 15/07/2019, em pastoreio contínuo e taxa de lotação variada para manter o azevém a 15 cm de altura.

Previamente à adubação e entrada dos animais, em junho de 2019, foram delimitadas parcelas subdivididas (16 m<sup>2</sup>) que foram excluídas da adubação geral da parcela e foram, portanto, adubadas manualmente, respeitando a recomendação prevista para P e K. Já o N foi utilizado em doses crescente-descrecente (kg N ha<sup>-1</sup>) para o azevém, e posteriormente no arroz,

respectivamente (dose azevém-arroz): 0-150 N (T1), 50-100 N (T2), 100-50 N (T3) e 150-0 N (T4).

Para caracterização dos atributos químicos do solo, antes da semeadura do arroz, após a dessecação do azevém, foram realizadas amostragens na camada de 0 a 10 cm, para todas as parcelas subdivididas alocadas no azevém (T1 a T4), e uma amostra composta onde seria alocada as parcelas adicionais no arroz, (T5 a T8). Todas as amostras coletadas em cada bloco e parcela subdividida foram compostas por no mínimo seis sub amostras. Os resultados são apresentados na Tabela 10.

**Tabela 10.** Atributos químicos do solo antes da implantação do experimento no tratamento com arroz, após a dessecação do azevém, em outubro de 2019, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

Atributo químico do solo	Parcelas subdivididas (sub tratamentos)				
	1	2	3	4	5 a 8
pH em água	5,1	5,1	5,1	5,2	5,1
Carbono orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	34	33	30	35	30
P disponível (mg dm <sup>-3</sup> )	46,6	43,2	32,2	37,1	43,7
K disponível (mg dm <sup>-3</sup> )	152,7	140,7	128,0	123,7	140,0
Ca trocável (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,2	5,5	5,4	5,5	5,2
Mg trocável (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,6	2,9	2,6	2,8	2,7
CTC <sub>pH7,0</sub> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	20,6	20,5	18,4	21,3	21,9
Saturação por bases (%)	40,0	41,2	44,2	43,3	37,7
Saturação por Al (%)	3,3	4,8	3,1	2,2	4,4

Analisado segundo a metodologia de Tedesco et al. (1995). pH em água (relação 1:1); Fósforo (P) e potássio; (K) disponíveis extraídos com solução Mehlich 1; Cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>.

Após a dessecação do azevém, em 10/10/2019, foi semeado o arroz em 21/10/2019. Antes da entrada d'água, foram sorteadas e delimitadas parcelas subdivididas adicionais àquelas já alocadas no azevém, em junho de 2019 e aplicadas doses de N adicionais ao sistema no arroz, fracionadas em duas aplicações (SOSBAI, 2018), ou seja, 2/3 em V3 e 1/3 em R0, pela escala COUNCE et al. (2000) (Figura 2). Portanto, um outro grupo de tratamentos foi delimitado em área do sistema que já havia recebido 150 kg N ha<sup>-1</sup> no azevém e que corresponderam a doses crescentes de N (kg ha<sup>-1</sup>) no arroz irrigado: dose

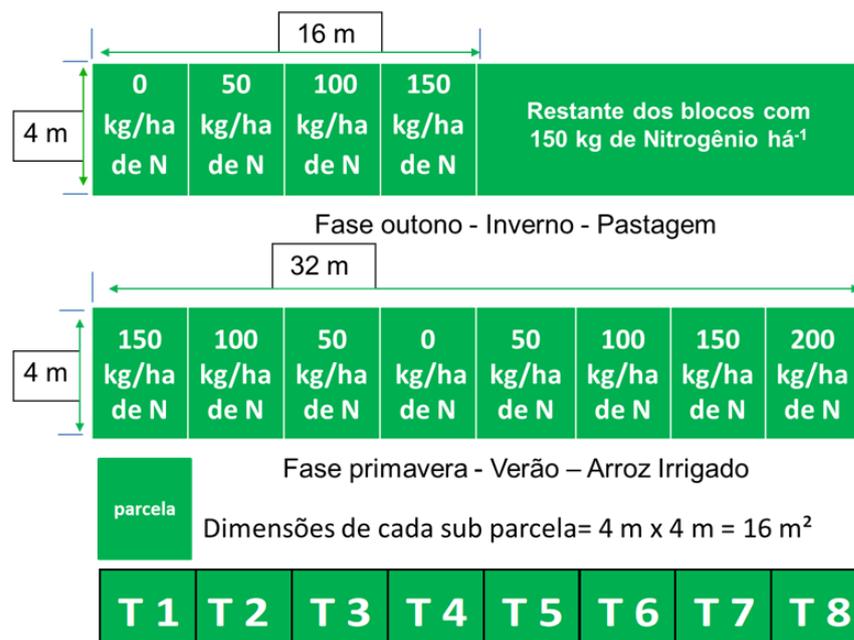
azevém-arroz, respectivamente, 150+50 (T5), 150+100 (T6), 150+150 (T7) e 150+200 (T8). Conforme descrito na Tabela 11.

**Tabela 11.** Sub tratamento com doses de N alocados no SIPA azevém/arroz, no arroz irrigado, em novembro de 2019, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

sub tratamentos (sub parcelas)	Adubação de N (kg ha <sup>-1</sup> )		
	No Azevém	No arroz irrigado	Total no ano/safra
T1*	0	150	150
T2	50	100	150
T3	100	50	150
T4	150	0	150
T5**	150	50	200
T6	150	100	250
T7	150	150	300
T8	150	200	350

\* Primeiro grupo de sub tratamentos, referente a adubação fracionada entre azevém e o arroz;

\*\* Segundo grupo de sub tratamentos, referente a adubação prevista para o ano, realizada toda no azevém, mais as doses adicionais no arroz.



**Figura 8.** Distribuição ilustrativa das parcelas subdivididas, com os sub tratamentos com doses de nitrogênio, na pastagem de azevém e no arroz irrigado, em 2019 no experimento SIPA terras baixas, na fazenda Corticeiras, Cristal, RS.



**Figura 9.** Desenvolvimento do arroz irrigado após entrada d'água e demarcação das parcelas subdivididas (A); Colheita das parcelas de N no arroz irrigado (B), no experimento SIPA terras baixas, na fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

Em cada parcela, foi determinada a produtividade de grãos de arroz irrigado, no dia 19/03/2020, extrapoladas para  $\text{Mg ha}^{-1}$ , utilizando um quadro de  $1 \text{ m}^2$  com duas coletas realizadas em cada parcela. Além disso, foi calculada a eficiência agrônômica do N (EAN), obtida em  $(\text{kg kg}^{-1})$ , ou seja, kg de grãos de arroz irrigado produzidos por kg de N aplicado, usando a planta não fertilizada como referência, de acordo com a equação proposta por Moll et al. (1982):

$$\text{EAN} = (\text{PF} - \text{RNF}) / \text{QNA}$$

Onde:

PF = produtividade de grãos das plantas fertilizadas ( $\text{kg ha}^{-1}$ );

PNF = produtividade de grãos de plantas não fertilizadas ( $\text{kg ha}^{-1}$ );

QN = quantidade de N aplicada em cobertura ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

Foi determinado também os fatores de rendimento do arroz irrigado, número de panículas por metro quadrado, no estágio R4 (COUNCE et al., 2000), grãos por panícula, peso de mil grãos de arroz (g), esterilidade (%) e renda de grãos inteiros (%).

### 5.6.2.1. Delineamento experimental e testes estatísticos

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), com três repetições distribuídas em oito parcelas subdivididas apenas no SIPA arroz/azevém. Resultando em 24 unidades experimentais. Atendeu-se os pressupostos básicos para a escolha do número de repetições por tratamento, para se ter no mínimo 20 unidades experimentais e 10 graus de liberdade do erro (GOMES, 1978). O cálculo dos graus de liberdade do erro é apresentado na Tabela 12.

Neste caso, como utilizamos apenas um tratamento (SIPA) na alocação das sub parcelas, o cálculo leva em consideração os sub tratamentos, ou seja, as sub parcelas de N alocadas. E as repetições são os blocos já distribuídos no experimento.

**Tabela 12.** Cálculo dos graus de liberdade do erro, para as sub parcelas de N distribuídas em blocos ao acaso, alocados no arroz irrigado, no experimento SIPAtb, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

<b>Tabela da Análise da Variância – DBC</b>		
Causas de Variação	Graus de Liberdade (GL)	GL
<b>Entre Blocos</b>	$r - 1$	$3 - 1 = 2$
<b>Entre tratamentos</b>	$t - 1$	$8 - 1 = 7$
Erro experimental	$(t-1)(r-1)$	$(8-1)(3-1) = 14$
<b>Total</b>	$n - 1$	$24 - 1 = 23$

Repetição (r), são os Blocos; tratamento (t), são as sub parcelas de N; e n é o número de unidades experimentais.

Para a produção de grãos de arroz foram verificados os pressupostos de normalidade (Shapiro-Wilk), homogeneidade (Bartlett) e independência dos resíduos, os dados foram submetidos à ANOVA. As médias para a produtividade de grãos, foram comparadas por meio do teste de Duncan ( $P < 0,05$ ), que foi escolhido por ser menos rigoroso que o teste de Tukey, possibilitando melhor interpretação dos resultados, separando-os em grupos de faixa de produtividade. Por se tratar de fatores quantitativos (doses de N), estes foram submetidos a regressão, respeitando a significância de acordo com a correlação de Pearson.

Para as demais variáveis analisadas (componentes de rendimento), após verificados os pressupostos de normalidade (Shapiro-Wilk), homogeneidade (Bartlett) e independência dos resíduos, os dados foram submetidos à ANOVA e ao teste de médias, comparadas por meio do teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

### **5.6.3. Adubação nitrogenada em sistema de produção de arroz irrigado em semeadura direta: efeito do pastejo e do pousio hibernal**

No presente estudo foi considerado os sistemas, SC, arroz irrigado anual com pousio no inverno e preparo antecipado do solo; e SIPA, arroz todos os anos em sucessão ao azevém fertilizado, sob pastejo com bovinos de corte. Esses sistemas embora recebam arroz todos os anos, diferem-se principalmente pelo preparo do solo, ocupação no período hibernal e o momento em que recebem a fertilização. O SC, recebe a adubação no estabelecimento do arroz, enquanto o SIPA, recebe na pastagem de azevém, no inverno após a colheita do arroz. Conforme descrito na Tabela 5.

Após a semeadura do arroz irrigado em 21/10/2019, antes da entrada d'água, foram delimitadas as parcelas adicionais no SIPA, conforme descrito no estudo 2 e aplicadas as doses de N adicionais ao sistema no arroz, que recebeu  $150 \text{ kg N ha}^{-1}$  no azevém e que corresponderam a doses crescentes de N no arroz irrigado: dose azevém-arroz, respectivamente, ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) 150+50 (T5), 150+100 (T6), 150+150 (T7) e 150+200 (T8), descrito na Tabela 8. Paralelo e semelhante aos sub tratamentos do SIPA, sorteamos, delimitamos e alocamos parcelas subdivididas no SC em cada bloco, e que foram excluídas da adubação (vide Tabela 6), por meio da alocação de uma lona. A adubação das sub parcelas, tanto para N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  foram realizadas manualmente, respeitando as quantidades previstas para no protocolo experimental, diferindo apenas para o N. Os sub tratamentos do SC, receberam as mesmas doses de N em cobertura das parcelas adicionais do SIPA, ou seja, 0 (T1), 50 (T2), 100 (T4) e 150 (T5)  $\text{kg ha}^{-1}$  de N, na forma de ureia (45%), fracionadas em duas aplicações (SOSBAI, 2018), sendo, 2/3 em V3 e 1/3 em R0, pela escala COUNCE et al. (2000). Os sub tratamentos deste estudo são descritos na Tabela 13.

**Tabela 13.** Sub tratamento com doses de N alocados nos tratamentos SC e SIPA, com arroz irrigado, em novembro de 2019, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

Sub tratamentos (Parcelas subdivididas)		Quantidade de N no arroz (kg ha <sup>-1</sup> )
S. Convencional	SIPA	
T1	T4	0
T2	T5	50
T3	T6	100
T4	T7	150
T5	T8	200

Os tratamentos T1 ao T5 do SC (Sistema Convencional) = Pousio – arroz (com preparo de solo); comparados aos tratamentos T4 ao T8 do SIPA = Azevém pastejado – arroz (semeadura direta).

Mantivemos a identificação dos sub tratamentos do SIPA azevém/arroz das doses adicionais (T4 a T8), que serão comparados aos tratamentos (T1 a T5) do SC.

Para caracterização dos atributos químicos do solo, antes da semeadura do arroz, foram realizadas amostragens compostas nas camadas de 0 a 10 cm, no local em que seriam alocadas as parcelas subdivididas adicionais no arroz. As amostras foram compostas por no mínimo seis sub amostras. Os resultados são apresentados na Tabela 14.

**Tabela 14.** Atributos químicos do solo no local onde foram alocadas as parcelas subdivididas, antes da implantação do arroz no experimento SIPA, na fazenda Corticeiras, Cristal, RS, (outubro de 2019).

Atributo químico do solo	S. Convencional	SIPA
pH em água	5,4	5,1
Carbono orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	23	30
P disponível (mg dm <sup>-3</sup> )	16,9	43,7
K disponível (mg dm <sup>-3</sup> )	127	140
Ca trocável (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,4	5,2
Mg trocável (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,4	2,7
CTC <sub>pH7,0</sub> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	16,3	21,9
Saturação por bases (%)	44	38
Saturação por Al (%)	1,9	4,4

Analisado segundo a metodologia de Tedesco et al. (1995). pH em água (relação 1:1); Fósforo (P) e potássio; (K) disponíveis extraídos com solução Mehlich 1; Cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>.

Em cada parcela, foi determinada a produtividade de grãos de arroz irrigado, no dia 19/03/2020, extrapoladas para  $\text{Mg ha}^{-1}$ , utilizando um quadro de  $1 \text{ m}^2$  com duas coletas realizadas em cada parcela. Além disso, foi calculada a eficiência agrônômica do N (EAN), obtida em  $(\text{kg kg}^{-1})$ , ou seja, kg de grãos de arroz irrigado produzidos por kg de N aplicado, usando a planta não fertilizada como referência, de acordo com a equação proposta por MOLL et al. (1982):

$$\text{EAN} = (\text{PF} - \text{RNF}) / \text{QNA} \quad \text{eq. 1}$$

Onde:

PF = produtividade de grãos das plantas fertilizadas ( $\text{kg ha}^{-1}$ );

PNF = produtividade de grãos de plantas não fertilizadas ( $\text{kg ha}^{-1}$ );

QN = quantidade de N aplicada em cobertura ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

Determinamos também a Dose de Máxima Eficiência Técnica (DMET) (eq. 2) do uso do N e a Dose mais econômica (DME), ambos expressos em  $(\text{Kg de N ha}^{-1})$ , e calculados pelas seguintes formas:

$$\text{DMET (X)} = \frac{b}{2c} \quad \text{eq. 2}$$

Onde:

b e c, são valores obtidos da equação do trinômio de segundo grau:

$$Y = a + bx + cx^2$$

A DME foi determinada através da máxima distância entre a linha de custo do insumo (N) e a curva de resposta em produtividade de arroz. O custo do insumo (N), será representado em termos de produto, ou seja, relacionado ao preço do arroz (eq. 3), para permitir a análise em termos que não desatualizam tanto com o passar dos anos e com a alteração dos preços.

$$\text{Custo do produto} = \frac{\text{Custo do N (R\$ Kg}^{-1}\text{)}}{\text{Custo do arroz (R\$ Mg}^{-1}\text{)}} \quad \text{eq. 3}$$

Foi determinado também os fatores de rendimento do arroz irrigado, número de panículas por metro quadrado, no estádio R4 (COUNCE et al., 2000), grãos por panícula, peso de mil grãos de arroz (g), esterilidade (%) e renda de grãos inteiros (%).

### 5.6.3. 1. Delineamento experimental e testes estatísticos

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) com três repetições de cinco parcelas subdivididas em dois tratamentos, o SC e o SIPA. Resultando em 30 unidades experimentais. Atendendo os pressupostos básicos para a escolha do número de repetições por tratamento (GOMES, 1978). Os cálculos dos graus de liberdade do erro são apresentados na Tabela 15.

Verificados os pressupostos de normalidade (Shapiro-Wilk), homogeneidade (Bartlett) e independência dos resíduos, os dados foram submetidos à ANOVA. As médias foram comparadas por meio do teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Os fatores quantitativos, foram submetidos a regressão, respeitando a significância de acordo com a correlação de Pearson. Para as demais variáveis analisadas (componentes de rendimento), após verificados os pressupostos de normalidade (Shapiro-Wilk), homogeneidade (Bartlett) e independência dos resíduos, os dados foram submetidos à ANOVA e ao teste de médias, comparadas por meio do teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 15.** Cálculo dos graus de liberdade do erro, para parcelas subdivididas em blocos ao acaso, das parcelas de N alocados no arroz irrigado, no experimento SIPAtb, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

<b>Tabela da Análise da Variância – Parcelas Subdivididas</b>		
<b>Causas de Variação</b>	<b>Graus de Liberdade (GL)</b>	<b>GL</b>
<b>Blocos</b>	$r - 1$	$3 - 1 = 2$
<b>Tratamentos A</b>	$a - 1$	$2 - 1 = 1$
Erro experimental A	$(a - 1)(r - 1)$	$(2 - 1)(3 - 1) = 2$
<b>Parcelas</b>	$a r - 1$	$6 - 1 = 5$
<b>Tratamentos B</b>	$b - 1$	$5 - 1 = 4$
<b>A X B</b>	$(a - 1)(b - 1)$	$(2 - 1)(5 - 1) = 4$
Erro experimental B	$a(r - 1)(b - 1)$	$2(3 - 1)(5 - 1) = 16$
<b>Total</b>	$a b r - 1$	$30 - 1 = 29$

Erro Experimental são os Resíduos; Resíduo (a), referente às parcelas; resíduo (b), à sub parcelas; e as repetições (r), os Blocos;

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. Estudo 1 - Adubação nitrogenada no azevém pastejado em sucessão ao arroz irrigado, após seis anos de plantio direto;

A interação não foi significativa ( $P = 0,9$ ) para massa de forragem (MFT) para os tratamentos SIPA arroz/azevém e o SIPA soja-arroz/azevém e por isso apresentaremos os resultados médios em conjunto. Portanto, o fato do SIPA soja-arroz/azevém rotacionar com soja não resultou em maior produção de massa de forragem acumulada ao final do período experimental (MFT) do azevém em relação ao SIPA arroz/azevém, em um ano em que ambos os sistemas foram cultivados com arroz irrigado antes da fase pecuária sobre azevém (Tabela 16).

**Tabela 16.** Produção de massa de forragem no início do experimento (MFI), massa de forragem acumulada total (MFT) e taxa de acúmulo (TA). Resultados médios para os dois sistemas (SIPA arroz e SIPA soja-arroz) em conjunto. Inverno de 2019, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

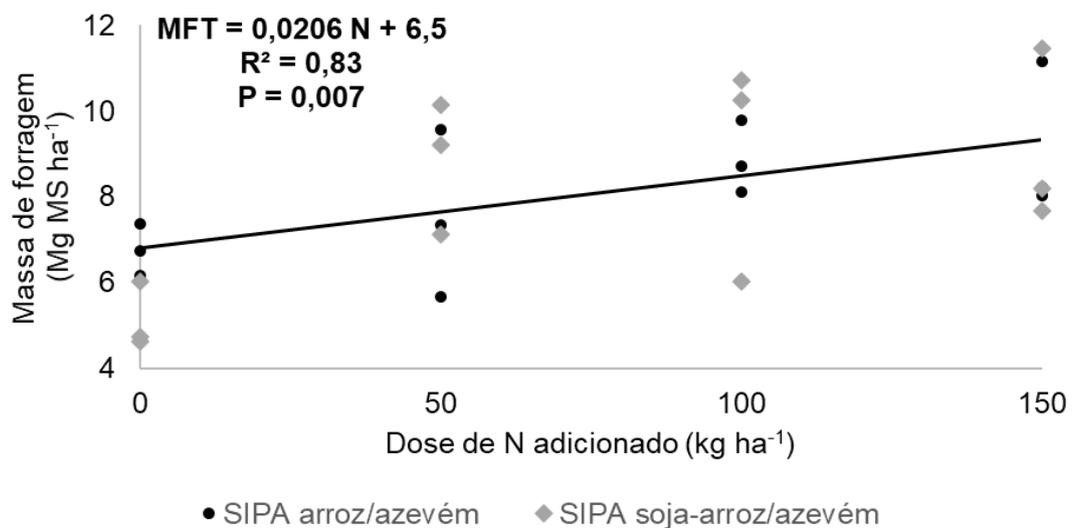
Sistema	MFI	MFT (Mg ha <sup>-1</sup> )	TA (kg MS ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )
SIPA arroz	0,45 <sup>ns</sup>	8,06 <sup>ns</sup>	87 A
SIPA soja-arroz	0,51	8,02	69 B
CV (%)	61,2	13,8	13,2
Valor de P	0,65	0,92	0,05

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; ns = não significativo. CV= Coeficiente de variação.

O SIPA soja-arroz/azevém teve 31 dias a mais de pastejo que o SIPA arroz/azevém, de 88 e 119 dias respectivamente, pelo fato de ter recebido soja após o azevém.

O maior período de pastejo no SIPA soja-arroz/azevém não resultou em maior produção de MFT, e sim, em menor TA em relação ao SIPA arroz/azevém, de 69 e 87 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, respectivamente. O azevém, nesse último período, estava iniciando o processo reprodutivo, e pode ter diminuído a produção de folhas para produzir semente. Pellegrini et al. (2010) também verificaram redução no número de folhas, colmos e massa seca de forragem a partir 85 dias de pastejo, em períodos semelhantes ao do presente trabalho.

Outro fator que pode ser considerado é de que o arroz cultivado anterior ao azevém ter produzido em torno de 2,3 Mg ha<sup>-1</sup> a mais no SIPA soja-arroz/azevém do que no SIPA arroz/azevém, deixando maior quantidade de resíduo de palha de arroz na lavoura, que possui alta relação C:N, necessitando assim, maior aporte de N para a sua decomposição (ZHANG et al., 2015).



**Figura 10.** Relação entre a dose de nitrogênio adicionada via adubação e a resposta na produção de massa seca de forragem acumulada no final do período de pastejo (Mg MS ha<sup>-1</sup>), resultados médios em conjunto para os dois sistemas: SIPA arroz/azevém (monocultivo de arroz, com azevém no inverno) aos 88 dias; SIPA soja-arroz/azevém (rotação soja - arroz com azevém no inverno), aos 119 dias. Experimento SIPA terras baixas, Inverno de 2019, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS

Portanto, como pode ser verificado, para ambos os sistemas houve resposta à adição de N via adubação na produção de MFT do azevém.

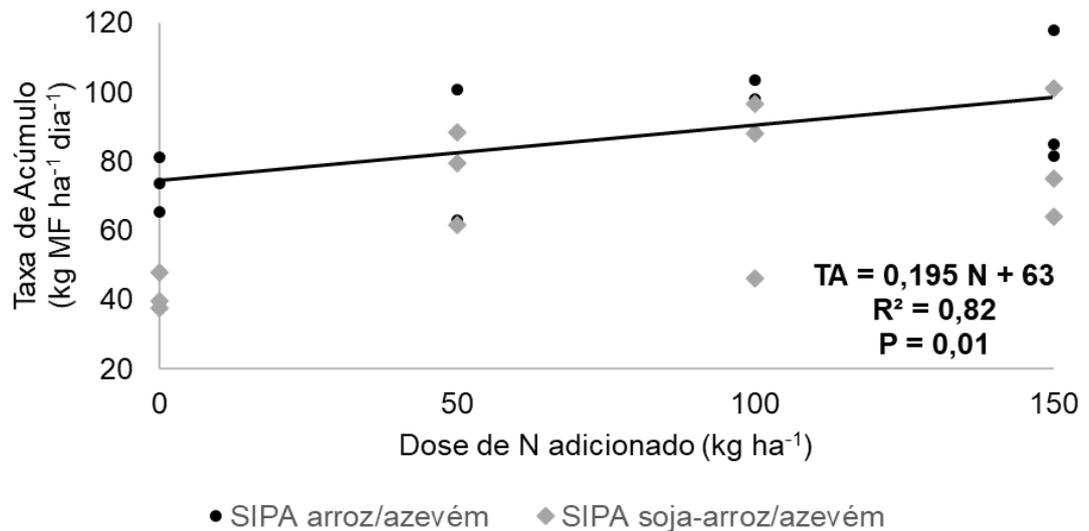
Considerando a resposta dos dois sistemas em conjunto, a regressão mostra um ganho de 20,5 kg de MF por kg de N aplicado. A resposta foi linear ( $P=0,002$ ) para as doses testadas, mesmo que com grande variação, que é explicado pelo efeito significativo entre os blocos. Conforme apresentado na (Figura 10).

A resposta à adubação de N obteve um incremento na produção de MF de azevém, até a dose de 150 kg N ha<sup>-1</sup>, taxa máxima testada. FREITAS (2003), encontrou resposta linear na produção de MF de azevém, porém, com resposta a adição da adubação nitrogenada a doses de até 350 kg N ha<sup>-1</sup>. Resposta semelhante a Pellegrini et al. (2010), a adição de N, embora com valores diferentes que o presente ensaio para produção de MFT, mas que mostram a importância da adubação ao menos a dose máxima testada

O manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS – RS/SC 2016), para o teor de carbono orgânico na faixa de 16 a 25 (g kg<sup>-1</sup>), correspondente a análise de solo do sistema testado, recomenda a adubação de 140 a 160 kg ha<sup>-1</sup> de N para uma expectativa de rendimento de até 6 Mg MS ha<sup>-1</sup>, sendo que para expectativas maiores, recomenda-se acrescentar 30 kg de N ha<sup>-1</sup> por tonelada adicional de matéria seca a ser produzida. Que pode indicar uma maior resiliência do sistema testado, sendo que o resultado obtido foi 50% superior para a mesma dose de N (150 kg de N ha<sup>-1</sup>) e remete a possibilidade de se testar doses maiores de N em sistemas pastejados em ambientes de terras baixas rotacionados com arroz irrigado, sendo que a produção manteve um incremento linear a adição de N.

A MFT teve um CV de 21,8% entre os resultados das doses testadas. E as médias foram de 5,9; 8,2; 8,9 e 9,1 Mg ha<sup>-1</sup>, para as doses de 0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N respectivamente.

A taxa de acúmulo (TA) também respondeu significativamente as doses de N adicionadas ( $P = 0,01$ ; CV = 22,8%). As médias para este fator foram de 58; 79; 87 e 88 kg MS ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, para as doses de 0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N respectivamente. E a regressão respondeu linearmente à adição de N, com um incremento de 0,20 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MF a cada kg de N adicionado, a partir de 63 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. Conforme apresentado na Figura 11.



**Figura 11.** Relação entre a dose de nitrogênio adicionada via adubação e a resposta na taxa de acúmulo diário ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) de massa de forragem ao longo do período de pastejo, resultados médios em conjunto para os dois sistemas: SIPA arroz/azevém (monocultivo de arroz, com azevém no inverno) aos 88 dias; SIPA soja-arroz/azevém (rotação soja - arroz com azevém no inverno), aos 119 dias. Experimento SIPA terras baixas, inverno de 2019, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

Entretanto, eficiência de utilização do nitrogênio (EUN) aplicado não mostrou diferença significativa pela análise de variância (ANOVA) ( $P=0,27$ ) devido ao alto coeficiente de variação associado a esta variável ( $CV=73,3\%$ ). A média foi de  $32 \text{ kg de MS kg de N}^{-1}$  e os valores para as doses de 50, 100 e 150  $\text{kg N ha}^{-1}$  foi de 45; 30 e 21  $\text{kg MS kg}^{-1} \text{ N}$ , respectivamente. O tratamento com dose de 0  $\text{kg N ha}^{-1}$  não consta nos resultados pois foi utilizado como referência para os demais.

## 6.2. Estudo 2. Adubação nitrogenada em sistema de produção de arroz irrigado anual com pastagem hibernal pastejada em terras baixas

A produtividade de grãos de arroz apresentou diferença significativa ( $P=0,005$ ) entre as estratégias de adubação nitrogenada no SIPA azevém-arroz e entre os blocos ( $P = 0,001$ ), justificando a importância do bloqueamento neste experimento e a diferença dos resultados obtidos em cada bloco. No T4, que contou apenas com o N aplicado no azevém pastejado, ou

seja, sem adubação de N no arroz e que pode ser usado como referência, a produtividade de grãos foi inferior aos demais tratamentos, com média de 7,2 Mg ha<sup>-1</sup> (Tabela 17). Este valor está abaixo da média de 8 Mg ha<sup>-1</sup> obtida pelos produtores de arroz na Região Orizícola Gaúcha Planície Costeira Interna na safra 2019/2020 (IRGA, 2020), região onde localiza-se a área experimental. Contudo, corrobora com estudo realizado por ANGHINONI & CARLOS (2019) para seis regiões orizícolas nas safras 2016/2017 e 2017/2018, no qual determinaram produtividade média de 7,55 Mg ha<sup>-1</sup> para a cultivar IRGA 424 RI, sem adição de N via adubo. Na área experimental do presente trabalho, DENARDIN et al. (2020) encontraram 8,70 Mg ha<sup>-1</sup> para a produtividade de arroz irrigado sem adubação de N no arroz irrigado neste mesmo sistema para o arroz, pós azevém.

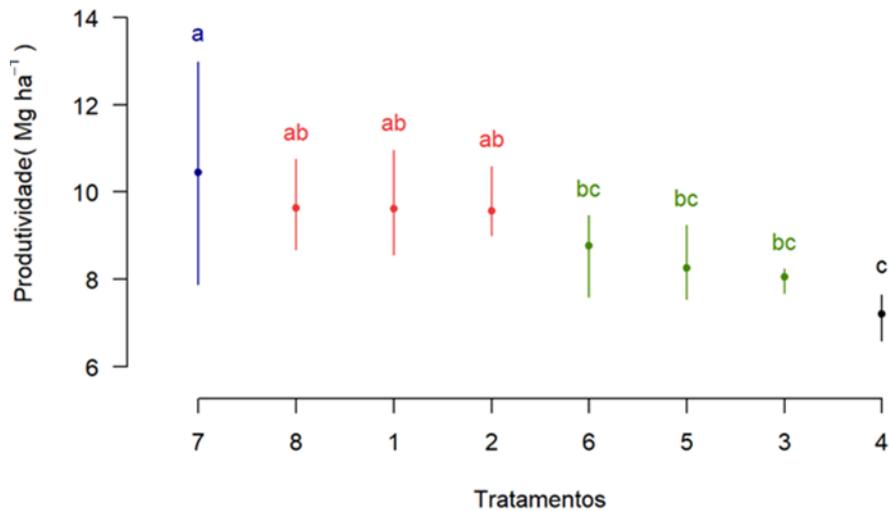
**Tabela 17.** Produtividade de grãos de arroz irrigado e a eficiência agrônômica do N (EAN) aplicado em cobertura no arroz irrigado cultivado em sistema integrado de produção agropecuária (SIPA) manejado com distintas estratégias de adubação nitrogenada. Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

Manejo do N em SIPA	Adubação de N (kg ha <sup>-1</sup> )			Produtividade (Mg ha <sup>-1</sup> )	EAN (kg kg <sup>-1</sup> N)
	Azevém	Arroz	Total		
T1	0	150	150	9,6 ab	16 <sup>ns</sup>
T2	50	100	150	9,6 ab	24
T3	100	50	150	8,1 bc	17
T4	150	0	150	7,2 c	-
T5	150	50	200	8,3 bc	21
T6	150	100	250	8,8 bc	16
T7	150	150	300	10,5 a	22
T8	150	200	350	9,6 ab	12
	Valor P			0,005*	0,42
	CV (%)			9,2	50

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste Duncan (P<0,05); ns = não diferiu significativamente; CV = Coeficiente de variação; T4, utilizado como referência, para os dois grupos de Tratamentos.

O T7 foi o tratamento que apresentou a maior produtividade de grãos de arroz, seguido pelo T8, T1 e T2, que tiveram resultados estatisticamente iguais. Esses tratamentos, representam as estratégias de adubação que receberam os maiores aportes de N em cobertura no cultivo do

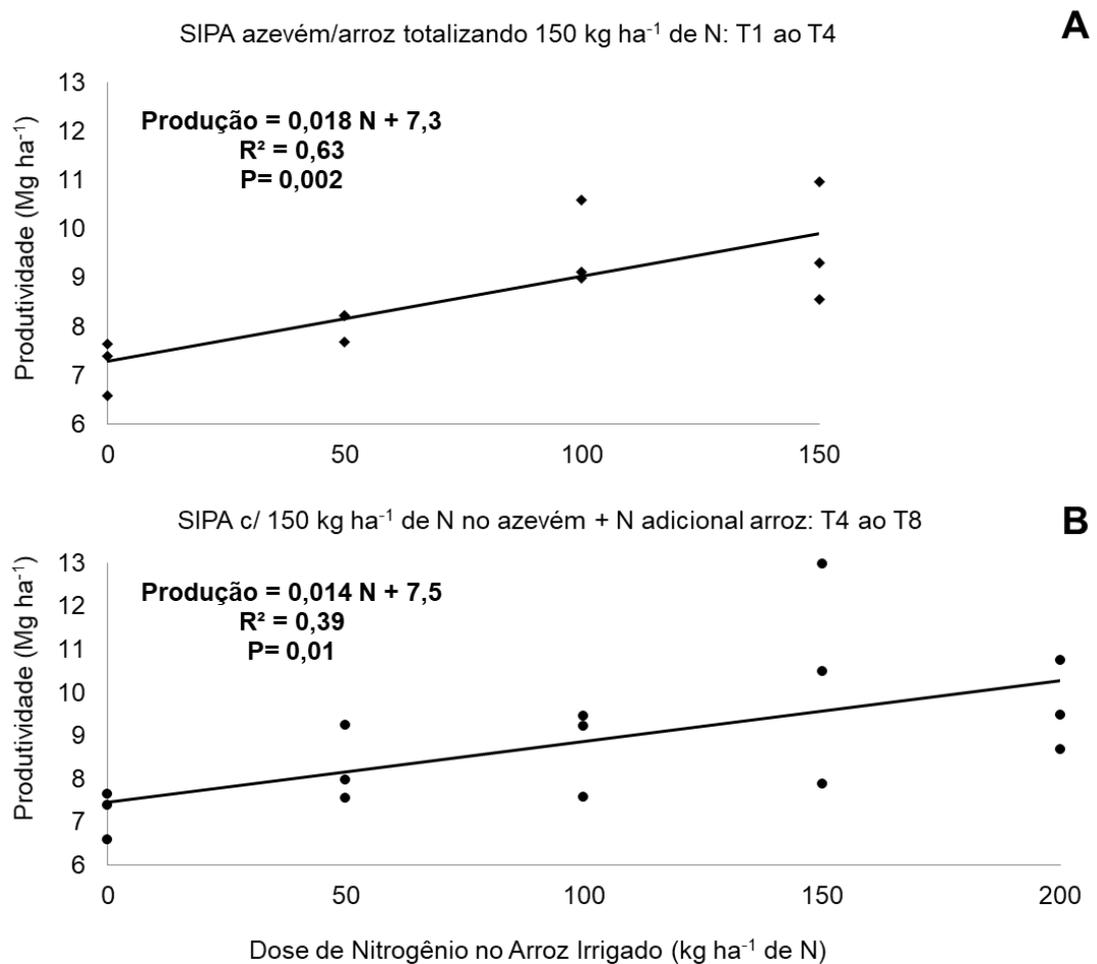
arroz irrigado. Já o T6, que recebeu 100 kg N ha<sup>-1</sup> e o T3 e T5, os quais receberam 50 kg N ha<sup>-1</sup> de N em cobertura no arroz irrigado, apresentaram produtividades intermediárias de grãos. Embora o T5 tenha recebido 50 kg N ha<sup>-1</sup> a mais no azevém em relação ao T3, os resultados foram semelhantes. E a distribuição dos tratamentos em ordem de produtividade, bem como a amplitude dos resultados pelas repetições, pode ser mais bem visualizada na Figura 12.



**Figura 12.** Distribuição dos tratamentos conforme a produtividade (Mg ha<sup>-1</sup>) do arroz irrigado e a amplitude dos resultados das repetições (Blocos) para o SIPA (monocultivo de arroz, com azevém no inverno). Tratamento 4 – referência, sem adubação de N no arroz; T1 ao T4 - estratégia de adubação de N no sistema SIPA azevém/arroz (150 kg N ha<sup>-1</sup>); T5 a T8 adubação com N na pastagem de azevém (150 kg N ha<sup>-1</sup>) mais adubação adicional no arroz irrigado (0, 50, 100, 150 e 200 kg N ha<sup>-1</sup>). Experimento SIPA terras baixas, Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS

Do T1 ao T4 consiste na estratégia de manter a quantidade de N no SIPA entre azevém e arroz (150 kg ha<sup>-1</sup>), quantidade proposta para o ano agrícola, distribuído na pastagem e arroz. Já o grupo de T5 a T8 diferenciam-se quanto ao aporte adicional de N no arroz em sucessão a pasto de azevém adubados com 150 kg N ha<sup>-1</sup>. A dose de 200 kg N ha<sup>-1</sup> (T8) no arroz mais a adubação (150 kg ha<sup>-1</sup> de N) no azevém na fase hiberna, não diferiu das doses de 150 e 100 kg N ha<sup>-1</sup> no arroz e percebe-se também que o T8 influenciou no

ajuste da regressão para a menor eficiência do grupo de tratamentos T4 ao T8. Entretanto, neste caso, pode ser visto como positivo, pelo fato de não responder tanto à adição de N no arroz, podendo ser atribuído a melhor nutrição de N do azevém, no cultivo anterior. Em função disso, foram gerados modelos de regressão para cada grupo de tratamentos, e são apresentados na Figura 13.



**Figura 13.** Produtividade do arroz (Mg ha<sup>-1</sup>) em função de doses de N aplicados no arroz em sucessão à pastagem de azevém anual. **A**, Tratamentos com 150 kg ha<sup>-1</sup> de N com fracionamento entre azevém pastejado e arroz irrigado (T1 ao T4); **B**, Tratamentos com 150 kg ha<sup>-1</sup> de N no azevém pastejado somadas às doses adicionais de N na lavoura (T4 ao T8). Experimento SIPA terras baixas, Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

Neste estudo, levando em consideração o modelo apresentado acima, pode-se perceber que a perda na produtividade de arroz por kg de N retirado da lavoura de arroz e inserido no azevém, foi maior para o T1 ao T4, de

18 kg de grãos de arroz produzido por kg de N, do que o ganho obtido na adição da adubação de N no arroz, T4 ao T8, 14 kg de grãos de arroz produzido por kg de N.

Para a eficiência agrônômica do uso do nitrogênio (EAN), no cálculo é contabilizado apenas o N adicionado na cultura de grãos, neste caso, o arroz irrigado, não levando em consideração o N adicionado na pastagem de azevém, na entrada do inverno do mesmo ano (2019) anteriormente ao cultivo do arroz. Os resultados para esta variável não apresentaram diferença significativa ( $P=0,42$ ), devido ao alto coeficiente de variação associado a esta variável ( $CV=50\%$ ), a EAN média foi de 18,5 (kg de grãos  $\text{kg}^{-1}$  N adicionado),

Quanto aos atributos avaliados que permitem a construção do rendimento e da qualidade dos grãos, foi determinado o peso de mil grãos (PMG) em gramas, a esterilidade dos grãos (esterilidade) em porcentagem (%), o número de grãos por panícula, número de panículas por metro quadrado ( $\text{pan. m}^{-2}$ ) e a proporção de grãos inteiros do arroz, em porcentagem (%).

O rendimento de grãos de diversas culturas é descrito como produto de alguns componentes de rendimento (DEWEY & LU, 1959; NEDEL, 1994). Em cereais, quando se trabalha com uma população de plantas constante, o rendimento de grãos pode simplesmente ser obtido pelo produto de três componentes principais: número de panículas por unidade de área, número de grãos por panícula e peso de grãos. Estes componentes, até um certo limite, variam independentes um do outro.

Os atributos PMG, esterilidade, grãos por panícula e grãos inteiros, não mostraram diferença significativa entre as taxas de N adicionado, ( $P= 0,88$ ;  $0,03$ ;  $0,20$  e  $0,76$ ) respectivamente. A diferença foi significativa apenas para o número de panículas por metro quadrado ( $P= 0,02$ ). Os resultados dos fatores de rendimento e de qualidade de grãos inteiros do arroz irrigado descritos acima, são apresentados na Tabela 18.

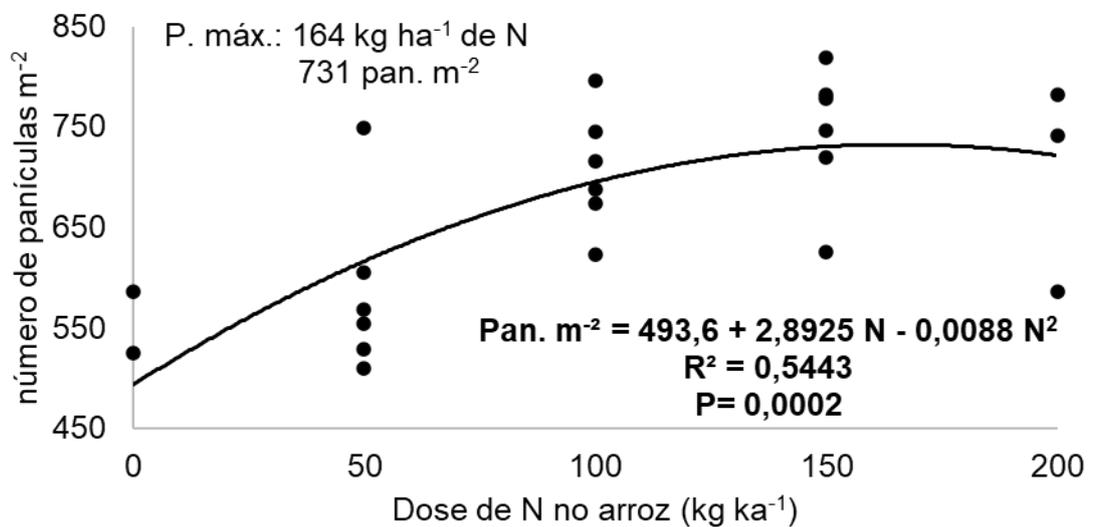
**Tabela 18.** Componentes de rendimento, peso de mil grãos (PMG), Esterilidade dos grãos, número de panículas por metro quadrado, número de grãos por panícula e renda de grãos inteiros do arroz irrigado para cada sub tratamentos com doses de N, testadas no Sistema 2 (tratamento), no experimento SIPAtb, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS, safra 2019/2020.

Manejo do N em SIPA	Adubação de N (kg ha <sup>-1</sup> )			PMG (g)	Esterilidade dos grãos (%)	Número de Panículas (m <sup>2</sup> )	Grãos por Panícula (n <sup>o</sup> )	Grãos inteiros (%)
	Azevém	Arroz	Total					
T1	0	150	150	24,6 <sup>ns</sup>	14,9 <sup>ns</sup>	749 a	106 <sup>ns</sup>	63 <sup>ns</sup>
T2	50	100	150	26,3	14,5	693 ab	93	62
T3	100	50	150	26,0	16,3	624 ab	105	61
T4	150	0	150	26,4	22,5	520 b	112	60
T5	150	50	200	25,7	19,8	548 ab	101	60
T6	150	100	250	26,4	19,2	721 ab	111	62
T7	150	150	300	25,7	24,5	741 a	133	61
T8	150	200	350	26,8	16,2	703 ab	138	60
	Média			26,0	18,5	662	112	61
	Valor P			0,88	0,03	0,02	0,20	0,76
	CV (%)			3,53	18,88	12,35	18,54	3,78

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05); ns = não diferiu significativamente; T4, utilizado como referência, para os dois grupos de Tratamentos; PMG = Peso de mil grãos de arroz.

Um dos principais componentes de rendimento, determinantes e limitantes para o arroz irrigado expressar o máximo potencial produtivo das cultivares, é o número de panículas por metro quadrado, sendo necessário a obtenção de mais de 600 pan. m<sup>-2</sup> para expressar esse potencial, e responde diretamente a adição de adubação nitrogenada (FREITAS et al., 2008; SOSBAI, 2018).

Neste ensaio, a resposta a adição de N, foi significativa para o modelo quadrático (P= 0,0002), com resposta máxima na dose de 164 kg ha<sup>-1</sup> de N, resultando na produção de 731 pan. m<sup>-2</sup>. A regressão para a resposta em produção de panículas de arroz a adição de N está representada na Figura 14.



**Figura 14.** Panículas de arroz por metro quadrado em função das doses de N aplicados no arroz irrigado em sucessão à pastagem de azevém anual. Experimento SIPA terras baixas, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS, Safra 2019/2020.

Cabe recordar que as dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N foram as que responderam com as maiores produtividades de grãos deste ensaio, seguido da dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, que também tiveram resultados satisfatórios, reforçando a influência deste fator na produtividade de grãos de arroz e a influência do N sobre esse.

### 6.3. Estudo 3 - Adubação nitrogenada em sistema de produção de arroz irrigado em semeadura direta: efeito do pastejo e do pousio hibernar

Os sistemas S. convencional, arroz irrigado anual com pousio no inverno e preparo antecipado do solo; e SIPA azevém/arroz, arroz todos os anos em sucessão ao azevém fertilizado, sob pastejo e semeadura direta, tiveram as médias para produtividade de grãos de arroz estatisticamente iguais entre eles ( $P= 0,83$ ), sendo assim, apresentaremos os resultados médios dos dois sistemas, para as diferentes doses de N.

A EAN não diferiu entre tratamentos ( $P=0,65$ ), que pode ser atribuído ao alto coeficiente de variação associado a esta variável ( $CV= 134,7\%$ ). As médias para o S. convencional e o SIPA azevém/arroz, foram 23,3 e 17,5 kg de grãos por kg de N. respectivamente.

Os resultados médios dos dois tratamentos, para produtividade e EAN, são apresentados na Tabela 19.

**Tabela 19.** Produtividade do arroz irrigado e a eficiência agronômica do nitrogênio (EAN). Resultados médios para os dois sistemas (S. convencional e SIPA azevém/arroz) em conjunto. Experimento SIPA terras baixas. Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

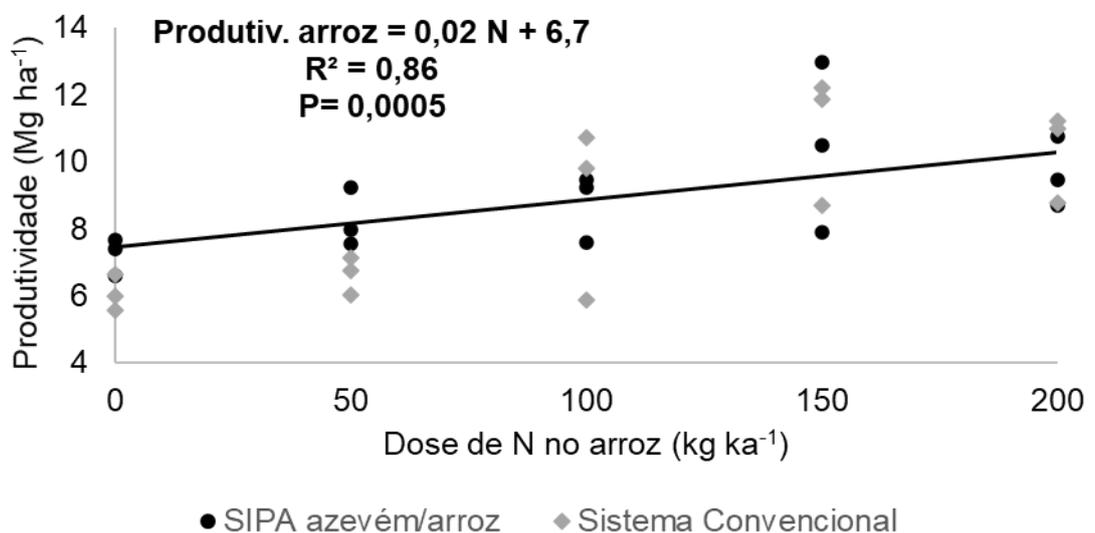
Tratamento (Sistema)	Produtividade (Mg ha <sup>-1</sup> )	EAN (kg kg <sup>-1</sup> N)
S. convencional	8,6 <sup>ns</sup>	23,3 <sup>ns</sup>
SIPA azevém/arroz	8,9	17,5
Valor de P	0,83	0,65
CV (%)	39,77	134,7

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%, ns = não significativo. CV= Coeficiente de variação.

Melhorar a eficiência do uso do nitrogênio é um dos principais objetivos na criação de plantas para a agricultura sustentável (HIREL et al., 2007). Do ponto de vista agronômico, os melhoristas de plantas procuram maior produção por unidade de nutriente adicionado, como é o caso do arroz irrigado (FAGERIA et al., 2007). Entretanto, para avaliar o sistema de cultivo, o tratamento que responde menos a adição do nutriente, pode ser aquele que é menos dependente e não o menos eficiente.

Os resultados obtidos por DENARDIN et al. (2020), neste mesmo experimento na safra 2016/2017, foram 8,7 e 7,2 Mg ha<sup>-1</sup> para o SC e SIPA azevém/arroz respectivamente, apresentando diferença significativa entre eles, de ~1,5 Mg ha<sup>-1</sup>. Porém no presente estudo, as médias para os dois tratamentos foram estatisticamente iguais, como apresentado acima.

As médias para produtividade de grãos de arroz, para cada sub tratamento (doses de N), diferenciaram entre si (P= 0,0005; CV = 12,9 %). Os resultados indicam uma regressão linear até a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N com incremento de produção de 20 kg de grãos de arroz por kg de N adicionado, a partir de 6,7 Mg ha<sup>-1</sup>, como apresentado na Figura 15.



**Figura 15.** Correlação linear da produtividade de grãos de arroz (Mg ha<sup>-1</sup>) em função de doses de N aplicados no cultivo de arroz irrigado para os dois sistemas em conjunto, Sistema convencional e SIPA azevém/arroz. No experimento SIPA terras baixas. Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

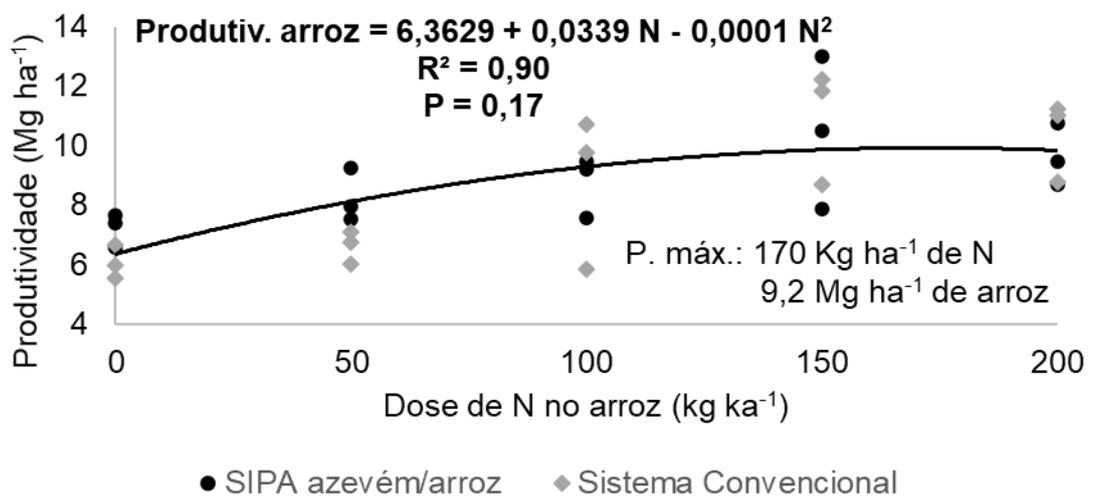
Por tratarmos de adição de fertilizantes com resposta para incremento de produtividade, ao menos para os macronutrientes, como neste caso (N) é esperado que ocorra um decréscimo no incremento de produtividade à medida que adicionamos doses sucessivas de um determinado nutriente a partir do maior incremento de produção obtido com a primeira quantidade

aplicada. Podendo ocorrer também em muitos casos, um efeito depressivo a adição excessiva de nutrientes.

Essa observação foi descrita por Mitscherlich na primeira década deste século e chamada de “Lei dos mínimos decrescentes”. A lei de Mitscherlich assume um comportamento assintótico, isto é, a produção aproxima-se da máxima quando aumentamos a dose do nutriente, tendendo para o infinito. Na prática da adubação, porém não são raros os efeitos depressivos de doses elevadas de fertilizantes. Quando isso ocorre, pode ser mais conveniente o trinômio de segundo grau (Van Raij, 2011).

Sendo assim, para este estudo, optamos pelo modelo quadrático, que embora tenha apresentado um valor de P maior ( $P = 0,17$ ) que o modelo linear ( $P = 0,0005$ ), representa melhor os resultados práticos obtidos neste experimento e a resposta obtida corrobora com a recomendação atual para a cultivar de arroz de ciclo médio poder expressar o potencial produtivo, neste caso, a IRGA 424 RI (SOSBAI 2018; CQFS-RS/SC, 2016).

Ajustando a regressão para o trinômio de segundo grau, obtivemos os nos resultados apresentados a seguir na figura 16:



**Figura 16.** Correlação polinomial da produtividade de grãos de arroz ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) em função de doses de N aplicados no cultivo de arroz irrigado para os dois sistemas em conjunto, Sistema convencional e SIPA azevém/arroz. No experimento SIPA terras baixas. Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

Nesse modelo é possível determinar a estimativa de máxima produção do arroz pela adição de N, ou seja, a dose de máxima eficiência técnica do N adicionado (DMET), no qual a partir dessa dose não há incremento de produtividade, podendo causar efeito depressivo. A dose que obteve a máxima resposta em produtividade de arroz, foi a de 170 Kg N ha<sup>-1</sup> e corresponde a uma produtividade de 9,2 Mg ha<sup>-1</sup> de arroz.

Podemos determinar também a dose mais econômica (DME) que permite indicar o maior retorno financeiro por quantidade de nutriente adicionado, ou seja, a partir dessa dose há “prejuízo” ao se adicionar ou deixar de adicionar o nutriente. O valor da DME foi obtido através da máxima distância entre a linha de custo do N e a curva de resposta de produção de arroz, a mesma gerada no modelo quadrático da figura anterior (figura 16).

Para esse cálculo foi utilizado a média do preço do arroz nos últimos cinco anos e do valor da uréia (45%), convertido para N (100%). O valor do N é dividido pelo valor do arroz. Como no gráfico acima usamos duas grandezas diferentes para o N adicionado e para o arroz produzido, deve-se utilizar a mesma escala do gráfico que gerou a equação da curva de resposta para cada insumo correlacionado. Os valores utilizados para os cálculos são apresentados na tabela 20.

**Tabela 20.** Valores utilizados para calcular o custo do nutriente (N) em relação ao preço do arroz, necessários para obter a DME. Experimento SIPA terras baixas. Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

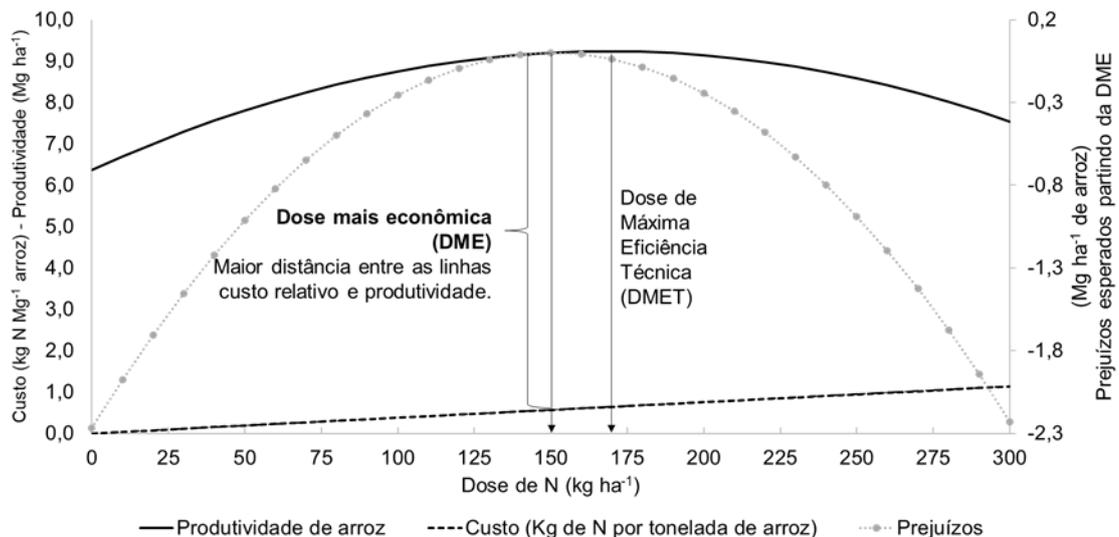
Insumo	Nitrogênio	Arroz	Custo do N em equivalente arroz
	(R\$ kg <sup>-1</sup> )	(R\$ Mg <sup>-1</sup> )	(Kg N Mg <sup>-1</sup> arroz)
Valor	3,3756	972,00	0,003779

Fonte: (Cepea/Esalq/Usp, 2020)

A DME indicada neste modelo (Figura 17) foi de 150 Kg N ha<sup>-1</sup>. Nesta dose, obtivemos o máximo retorno sobre o investimento do nutriente adicionado (N), que corresponde a praticamente 90% da DMET (DME = 88,23% DMET). No entanto, percebe-se pela curva do “prejuízo”, que há pouca sensibilidade para mais ou para menos. Por exemplo, para a DMET, que é de 170 Kg N ha<sup>-1</sup>, estaríamos perdendo apenas 38 kg de arroz ha<sup>-1</sup> ao adicionar 20

kg ha<sup>-1</sup> a mais de N. E se fosse o contrário, ao deixar de adicionar 20 Kg N ha<sup>-1</sup>, ou seja, adicionar apenas 130 Kg N ha<sup>-1</sup>, estaríamos tendo um prejuízo de 42 kg de arroz ha<sup>-1</sup>. Sendo assim, podemos concluir que perdemos mais ao deixar de adicionar N do que ao adicionando quantidades acima da DME, ou seja, perde-se pouco ao utilizar a DMET por exemplo.

Os resultados calculados citados acima constam na figura 17.



**Figura 17:** Curva de resposta da produção de arroz (Mg ha<sup>-1</sup>) gerado pelo modelo quadrático em função de doses de N (kg ha<sup>-1</sup>) aplicados no cultivo de arroz irrigado para os dois sistemas em conjunto, Sistema convencional e SIPA azevém/arroz; Custo do nutriente relativizado pelo preço do arroz, expresso em (kg N Mg<sup>-1</sup> arroz) e os prejuízos estimados adicionando ou deixando de adicionar o nutriente a partir da DME. No experimento SIPA terras baixas. Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

Esse exercício é interessante quando se utiliza resposta em produção por nutriente utilizado, ainda mais quando trabalhamos com sistemas integrados em que é necessário avaliar o que se ganha e o que deixa de ganhar em determinada área, ao longo do ano inteiro. Neste caso, podemos concluir que a adubação com N em dois sistemas em monocultivo de arroz, um com pousio hibernar e preparo de solo e outro consorciado com gramíneas sem a inserção em algum momento com leguminosas torna dependente da adição

deste nutriente, mesmo em um sistema com semeadura direta e cobertura pastejada no inverno com sete anos de cultivo.

Avaliamos também os fatores que permitem a construção do rendimento e da qualidade dos grãos, como peso de mil grãos (PMG) em gramas, a esterilidade dos grãos em porcentagem (%), o número de grãos por panícula, número de panículas por metro quadrado (pan. m<sup>-2</sup>) e a proporção de grãos inteiros do arroz, em porcentagem (%). Dentre eles, o único que diferiu entre os sistemas, foi a esterilidade de grãos, os demais foram estatisticamente iguais. Apresentando o SIPA azevém/arroz maior porcentagem de grãos vazios em relação ao S. convencional, 21 e 15 (%), respectivamente.

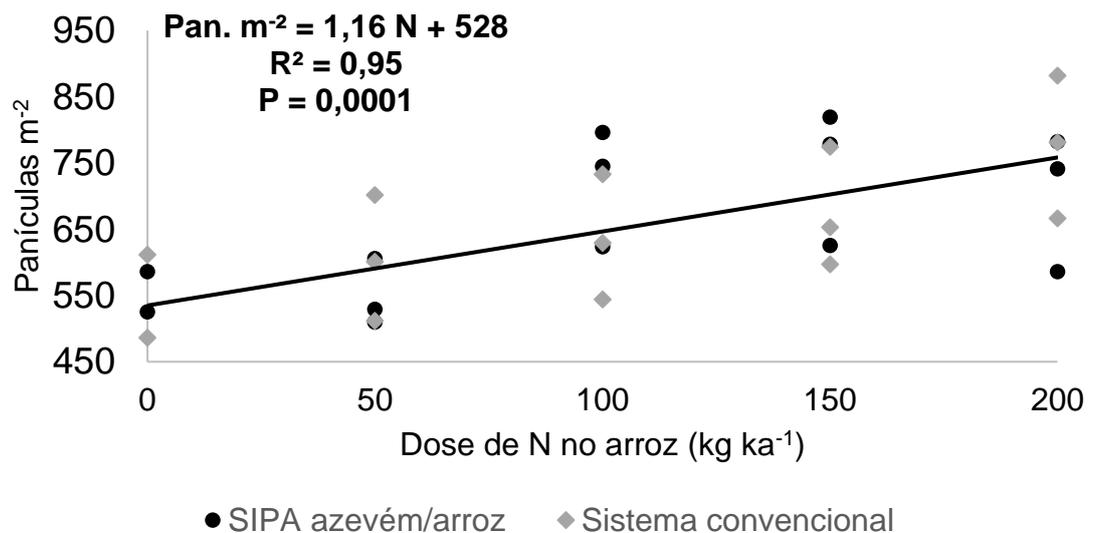
Entre as doses de N, os atributos PMG e Esterilidade não tiveram diferença significativa (P = 0,39; 0,42) respectivamente. Encontramos diferença significativa para o número de pan. m<sup>-2</sup> (P = 0,0001), grãos por panícula (P = 0,026) e renda de grãos inteiros (P = 0,045). Na variável Grãos por panícula, apenas a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N foi superior a dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, com diferença em torno de 40 grãos a mais por panícula. E a renda de grãos inteiros diferiu apenas a dose de 50 para 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, com 4% a mais de grão inteiros para a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N. Os resultados são apresentados na Tabela 21.

**Tabela 21.** Componentes de rendimento, peso de mil grãos (PMG), Esterilidade dos grãos, número de panículas por metro quadrado, número de grãos por panícula e renda de grãos inteiros do arroz irrigado para cada sub tratamentos com doses de N, testadas nos Sistemas 1 e 2 (tratamentos), no experimento SIPAtb, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS, safra 2019/2020.

Adução de N no Arroz (kg ha <sup>-1</sup> )	PMG (g)	Esterilidade dos grãos (%)	Número de Panículas (m <sup>2</sup> )	Grãos por Panícula (n <sup>o</sup> )	Grãos inteiros (%)
0	25,4 <sup>ns</sup>	18,4 <sup>ns</sup>	516 c	105 ab	60,0 ab
50	26,1	16,4	576 bc	93 b	58,5 b
100	25,8	16,1	678 ab	105 ab	61,3 ab
150	25,4	19,8	708 a	129 ab	62,5 a
200	25,6	16,5	740 a	131 a	61,5 ab
Média	25,7	17,5	643,6	112,6	60,8
Valor P	0,39	0,42	0,0001	0,026	0,045
CV (%)	3,98	22,04	10,61	19,14	3,55
S. convencional	26,3 <sup>ns</sup>	14,5 B	640 <sup>ns</sup>	106 <sup>ns</sup>	60,7 <sup>ns</sup>
SIPA azevém/arroz	25,3	20,5 A	646	119	60,8
Valor P	0,15	0,027	0,93	0,21	0,90
CV (%)	5,4	16,00	18,48	17,09	2,16

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05); ns = não diferiu significativamente; CV = Coeficiente de Variação; PMG = Peso de mil grãos de arroz.

Um dos principais componentes de rendimento, determinantes e limitantes para o arroz irrigado expressar o máximo potencial produtivo das cultivares, é o número de panículas por metro quadrado, sendo necessário a obtenção de mais de 600 pan. m<sup>-2</sup> para o arroz irrigado expressar o seu potencial, que responde diretamente a adição de adubação nitrogenada (SOSBAI, 2018). Neste ensaio, obtivemos resposta linear significativa ( $P = 0,0001$ ) a adição de N até a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, resultando em um valor médio de 740 pan. m<sup>-2</sup> para essa dose. Semelhante a FREITAS et al. (2008), em trabalho realizado na safra 2005/2006, na Estação Experimental do Arroz (EEA) do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), com uma cultivar de ciclo médio, também obteve resposta linear à adição de N, até a dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> e obteve 771 pan. m<sup>-2</sup>, com uma produtividade próxima de 8,9 Mg ha<sup>-1</sup>. A regressão do presente trabalho é apresentada na Figura 18.



**Figura 18.** Panículas de arroz por metro quadrado em função de doses de N aplicados no cultivo de arroz irrigado para os dois sistemas testados (S. convencional e SIPA azevém/arroz). Experimento SIPA terras baixas. Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

## 7. CONCLUSÕES

O aporte de nitrogênio na produção de biomassa aérea acumulada do azevém respondeu até a dose máxima adicionada ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N), resultando em um aporte de  $20,5 \text{ kg de MF kg}^{-1}$  de nitrogênio adicionado. E os dois tratamentos testados SIPA arroz/azevém e SIPA soja-arroz/azevém apresentaram comportamentos semelhantes na produção de massa de forragem de azevém, quando foram cultivados com arroz no ano anterior.

O arroz irrigado integrado com a pecuária e semeadura direta a mais de seis anos, mesmo com pastagens fertilizadas no período hibernar, ainda é dependente da adubação nitrogenada, que pode estar ligado ao monocultivo entre as duas gramíneas em sucessão e não refletiu em maior produtividade do arroz. Tornando-se importante a adubação nitrogenada no cultivo de duas gramíneas em sucessão, tendo em vista que as duas culturas (arroz e azevém) são responsivas a adição de nitrogênio.

O arroz irrigado respondeu a adição do nitrogênio mineral, para os dois sistemas (tratamentos) estudados SIPA azevém/arroz e Sistema Convencional e respondeu até a dose de  $170 \text{ kg ha}^{-1}$  de N de N (Dose de máxima eficiência técnica - DMET) e a dose mais econômica foi de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, 90% da DMET. A equação resultante do modelo de regressão polinomial, indica que arroz perde mais ao deixar de adicionar N do que adicionar doses superiores a DME.

Os fatores de rendimento do arroz responderam a adição de nitrogênio, principalmente no número de panículas por metro quadrado.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento, fonte dos estudos acima, tem grande importância para a lavoura orizícola do Rio Grande do Sul, fornecendo informações científicas e técnicas para aplicação prática dos produtores sobre sistemas integrados de produção envolvendo a lavoura arroteira.

Contudo, um experimento desta envergadura, envolvendo a “integração” da lavoura com a pecuária, torna as atividades intensas ao longo de todo o ano e requer um envolvimento enorme da fazenda e dos estudantes.

O estudo proposto surgiu dos questionamentos dos produtores locais, bem como do proprietário da fazenda, acerca da adubação que estava sendo fornecida após a colheita das culturas de verão, nas pastagens, ficando o cultivo de verão, sem fertilização, resultando na menor produção do arroz irrigado.

No entanto, o presente estudo mostrou a necessidade de fertilização com nitrogênio em dois sistemas com baixa diversificação e duas gramíneas em sucessão.

Mostra também a importância da diversificação e sucessão de culturas na manutenção da sustentabilidade da atividade orizícola. Essa integração é perfeitamente aplicável e a disposição do produtor. E para isso, é necessário a ampliação dos estudos nesta temática, bem como a transferência aos produtores das informações científicas e das técnicas de manejo geradas.

A adoção das técnicas e manejos gerados estão sendo largamente adotadas por produtores da região, bem como do restante do estado do RS, fazendo com que os mesmos, desponham dos demais, permitindo além da manutenção na atividade, a agregação de renda e melhora na qualidade de vida.

Portanto deixa uma enorme lacuna de estudos que devem ser explorados, dentre eles:

1. Quando dessecar o azevém pastejado com bovinos de corte para a semeadura direta do arroz irrigado sobre o azevém;

2. Qualidade da água da drenagem do arroz irrigado, na floração plena, permitindo assim que a colheita seja realizada no seco, evitando danos a estrutura do solo e a semeadura antecipada dos pastos após o cultivo do arroz;

3. A atividade microbiana do solo nos diferentes sistemas propostos e taxas de fertilização com nitrogênio;

4. Acúmulo do nitrogênio nas plantas de acordo com a marcha de absorção por elas, tanto para o azevém, quanto para o arroz;

5. Investigação em produtores, acerca das dificuldades e novas demandas de estudo em sistemas integrados de produção em terras baixas.

Tendo em vista que o ciclo 2 deste experimento, encerra no ano agrícola 2020/2021, com todos os sistemas com arroz, é importante a ampliação destes estudos, para todos os sistemas testados neste experimento.

## 9. REFERÊNCIAS

- ALVES, L. A. *et al.* Soil acidification and P, K, Ca and Mg budget as affected by sheep grazing and crop rotation in a long-term integrated crop-livestock system in southern Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 351, p. 197-208, 2019.
- ALVES, L. A. *et al.* The effect of crop rotation and sheep grazing management on plant production and soil C and N stocks in a long-term integrated crop-livestock system in Southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 203, p. 104678, 2020.
- ANGHINONI, I. *et al.* Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção no subtropico brasileiro. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 8, p. 325-380, 2013.
- ANGHINONI, I.; CARLOS, F. S. Manejo da adubação nitrogenada de cobertura no arroz irrigado no Sul do Brasil. **Circular Técnica IRGA**, Porto Alegre, n. 001, 2019. 6 p.
- ASSMANN, J. M. *et al.* Phosphorus and potassium cycling in a long-term no-till integrated soybean-beef cattle production system under different grazing intensities insubtropics. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 108, p. 1–13, 2017.
- BARTHAM, G.T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. **Biennial Report**, Edinburgh, p. 29-30, 1985.
- BURNS, R.G. *et al.* Soil enzymes in a changing environment: Current knowledge and future directions. **Soil Biology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 58, n. 1, p. 216-234, 2013.
- CARLOS, F. S. *et al.* Integrated crop–livestock systems in lowlands increase the availability of nutrients to irrigated rice. **Land Degradation**, Oxford, p. 1–11, 2020.
- 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**, Dordrecht, v. 88, p. 259-273, 2010.
- CARVALHO, P. C. F. *et al.* Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 5 (Especial), p. 1040-1046, 2014.
- CASSMAN, K. G. *et al.* Yield decline and the nitrogen economy of longterm experiments on continuous, irrigated rice systems in the tropics. **Soil management: Experimental basis for sustainability and environmental quality**. Boca Raton, FL: Lewis Publishers, 1995. p. 181-222.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA)- Departamento de Economia, Administração e Sociologia-ESALQ - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. USP - Universidade de São Paulo. **Mercado de insumos agrícolas**. Piracicaba, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/consultas-ao-banco-de-dados-do-site.aspx>. Acesso em: 08 abr. 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **Levantamento de safras**. Brasília, 2020. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 17 set. 2020.

COUNCE, P. A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptive. 352 systems for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v. 40, p. 436–443, 2000.

CUNHA, G. R. *et al.* Zoneamento agrícola e época de semeadura para soja no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 446-459, 2001. Nº Especial: Zoneamento Agrícola.

DENARDIN, L. G. O. *et al.* Integrated crop-livestock systems in paddy fields: new strategies for flooded rice nutrition. **Agronomy Journal**, Madison, v. 112, p. 2219– 2229, 2020.

DEWEY, D. R.; LU, K. H. A correlation path coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. **Agronomy Journal**, Madison, v. 51, p. 515-518, 1959.

ELY, M. F. *et al.* Desenvolvimento de planta e produtividade de grãos de arroz irrigado na integração lavourapeçuária com adubação de sistemas. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 11., 2019, Balneário Camboriú, SC. **Anais** [...]. Itajaí: Epagri/ Sosbai, 2019. Tema: Inovação e desenvolvimento na orizicultura. p. 110-113.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS - FAOSTAT. **Crops**. Rome, 2020. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. Acesso em: 10 set. 2020.

FAGERIA, N. K; STONE, L. F. Manejo do nitrogênio. *In*: FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. **Manejo da fertilidade do solo para o arroz irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 51-94.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; CUTRIN, V. A. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p.1029-1034, jul. 2007.

FARIAS, G. D. *et al.* Integrated crop-livestock system with system fertilization approach improves food production and resource-use efficiency in agricultural lands. **Agronomy for Sustainable Development**, Les Ulis / Paris, v. 40, n. 6, p. 39, 2020.

FRANZLUEBBERS, A. J. Phosphorus and potassium cycling in a long-term no-till integrated soybean-beef cattle production system under different grazing intensities insubtropics. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 108, p. 1–13, 2017.

FREITAS, T. F. E. Produtividade de arroz irrigado e eficiência da adubação nitrogenada influenciadas pela época da semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 2397-2405, 2008.

FREITAS, T. M. S. **Dinâmica da produção de forragem, comportamento ingestivo e produção de ovelhas Ile de France em pastagem de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) em resposta a doses de nitrogênio**. 2003. 159 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS), 2003.

GASTAL, F.; BELANGER, G.; LEMAIRE, G. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. **Annals of Botany**, Oxford, UK, v. 70, p. 437-442, 1992.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 403 p.

GOMES, A. S. *et al.* **Rotação de culturas em área de várzea e plantio direto de arroz**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002. 65 p.

GOMES, A. S; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 899 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Censo agropecuário 2017**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?=&t=downloads>>. Acesso em: 30 set. 2020.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ; OLIVEIRA, C. F. (coord.). **Censo da lavoura de arroz irrigado do Rio Grande do Sul: safra 2004/5**. Porto Alegre: IRGA, 2006. 122 p.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ- IRGA. **Safras**. Porto Alegre, 2020. Disponível em: < <https://irga.rs.gov.br/safras-2>>. Acesso em: 20 out. 2020.

KLINGMAN, D. L.; MILES, S. R.; MOTT, G. O. The cage method for determining consumption and yield of pasture herbage. **Journal of American Society Agronomic**, Geneva, v. 35, p. 739- 746, 1943.

KLUG, M. J.; REDDY, M. J. (ed.). Current perspectives in microbial ecology. *In*: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MICROBIAL ECOLOGY**: papers. 3., 1983, East Lansing, MI. Washington: America Society for Microbiology, 1984. p. 515-521.

LAL, R. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. **Sustainability**, Switzerland, v. 8, p. 5875- 5895, 2015.

LEMAIRE, G. *et al.* Crop species present different qualitative types of response to N deficiency during their vegetative growth. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 105, p. 253–265, 2008.

LEMAIRE, G. *et al.* Integrated crop–livestock systems: strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 190, p. 4-8, 2014.

LOUARN, G. *et al.* An empirical model that uses light attenuation and plant nitrogen status to predict withincanopy nitrogen distribution and upscale photosynthesis from leaf to whole canopy. **AoB Plants**, Oxford, v. 7, n. 116, 2015.

MAE, T. Physiological nitrogen efficiency in rice: nitrogen utilization, photosynthesis, and yield potential. **Plant and Soil**, The Hague, v. 196, p. 201-210, 1997.

MAKINO, A.; MAE, T.; OHIRA, K. Relation between nitrogen and ribulose 1,5-biphosphate carboxylase in rice leaves from emergence through senescence. **Plant and Cell Physiology**, Oxford, v. 25, n. 3, p. 429-437, 1984.

MALAVOLTA, E. *et al.* **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997.

MARTINS, A. P. *et al.* Short-term impacts on soil-quality assessment in alternative 24 land uses of traditional paddy fields in Southern Brazil. **Land Degradation & Development**, Chichester, v. 28, Is 2, p. 534–542, 2016.

MCDANIEL, M. D.; GRANDY, A. S. Soil microbial biomass and function are altered by 12 years of crop rotation. **Soil**, Göttingen, v. 2, p. 583–599, 2016.

MCNAUGHTON S. J. Ecology of grazing ecosystem: the Serengeti. **Ecological Monographs**, Durham, v. 55, n. 3, p. 259-295, 1992.

MEDEIROS, A. A.; MALAVOLTA, E. Exigências nutricionais do arroz. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 37. n. 1, p. 401-418, 1980.

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, 2012. 101 p.

MOLL, R. H.; KAMPRATH, E. J.; JACKSON, W. A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, p. 562–564, 1982.

NEDEL, J. L. Progresso genético no rendimento de grãos de cultivares de trigo lançadas para cultivo entre 1940a 1992. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 10, p.1565-1570, out. 1994.

PELLEGRINI, L. G. *et al.* Produção de cordeiros em pastejo contínuo de azevém anual submetido à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 6, p. 1399-1404, jun. 2010

PINTO, L. F. S. *et al.* Solos de várzea do Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. *In*: GOMES, A. S.; MAGALHÃES, A. M. (ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa, 2004. p. 75-96.

PONNAMPERUMA, F. N. *et al.* Influence of redox potential and partial pressure of carbon dioxide on pH values and the suspension effect of flooded soils. **Soil Science**, Baltimore, v. 101, p. 421-431, 1966.

RAIJ, B. V. Conceitos. *In*: RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba, SP: IPNI, 2011. cap. 4, p. 81-100.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO-SBCS. **Manual de calagem e adubação**: para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11 ed. [S.l.]: SBCS. Núcleo Regional Sul, 2016. 375 p.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO- SOSBAI. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. *In*: REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 32., 2018, Farroupilha, RS. **Anais [...]** Cachoeirinha: SOSBAI, 2018. 205 p.

SOUSA, R. O. *et al.* Solos alagados (Reações de REDOX). *In*: MEURER, E. J. (ed.). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Evangraf, 2015. p. 201-242.

STRECK, E. V. *et al.* **Solos do Rio Grande do Sul**. 3. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2018. 252 p.

SCHUSTER, M. Z. *et al.* Optimizing forage allowance for productivity and weed management in integrated croplivestock systems. **Agronomy for Sustainable Development**, Les Ulis / Paris, v. 39, n. 2, p. 1-10, 2019.

TEDESCO, M. J. *et al.* **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. rev. amp. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 33, p. 141-163, 1982.

TANGRIANI, S. A.; SOARES, A. B. Migrando da adubação de culturas para a adubação de sistemas por meio da integração lavoura pecuária. **Informativo Integrar**, Triunfo, RS, n. 15, 2016. Disponível em: [www.aliancasipa.org](http://www.aliancasipa.org). Acesso em: 10 de abr. 2019.

VARVEL, G. E.; WILHELM, W.W. Soybean nitrogen contribution to corn and sorghum in western corn belt rotations. **Agronomy Journal**, Madison, v. 95, p. 1220-1225, 2003. DOI: 10.2134/agronj2003.1220.

ZHANG, Q. *et al.* Effects of different organic manures on the biochemical and microbial characteristics of albic paddy soil in a short-term experiment. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 10, n. 4, 2015.

ZHOU, G. *et al.* Grazing intensity significantly affects belowground carbon and nitrogen cycling in grassland ecosystems: a meta-analysis. **Global change biology**, England, v. 23, n. 3, p. 1167-1179, 2017. DOI: 10.1111/gcb.13431.

ZUBIETA, A. S. *et. al.* Does grazing management provide opportunities to mitigate methane emissions by ruminants in pastoral ecosystems? **Science of the Total Environment**, Netherlands, v. 754, Feb. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142029>.

## 10. RESUMO BIOGRÁFICO

Marcelo Ferreira Ely, filho de Laury Michelin Ely e Clara Maria Ferreira Ely, nasceu em 27 de julho de 1981, em São Lourenço do Sul, Rio Grande do Sul (RS). Estudou no colégio Nossa Senhora Estrela do Mar, onde completou seus estudos de primeiro grau e nos colégios Gonzaga e Érico Veríssimo, em Pelotas, RS, onde completou seus estudos de segundo grau. Em 1999, ingressou na Faculdade de Agronomia da Universidade da Região da Campanha, em Bagé, RS, em 2000 foi através de transferência para a Faculdade de Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, graduando-se como Engenheiro-Agrônomo em 2004. De janeiro de 2005 à dezembro de 2013 foi agricultor e responsável técnico na propriedade da família no município de São Lourenço do Sul. Em janeiro de 2014, foi empossado como Técnico Superior Orizícola do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), lotado no 3º Núcleo de Assistência Técnica e Extensão (NATE), no município de Camaquã, RS. Casou-se com Niara Gonçalves do Amaral Ely em 2015 e tem duas filhas, chamadas Laila e Aurora, nascidas em Porto Alegre e São Lourenço do Sul em 2012 e 2018, respectivamente. Em março de 2019 iniciou seus estudos de Mestrado em Ciência do Solo no Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Atualmente, é Técnico Superior Orizícola do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), lotado no 3º Núcleo de Assistência Técnica e Extensão (NATE), no município de Camaquã, RS.

## 11. ANEXO

### 11.1. Base de dados do Azevém para os sistemas 2 (SIPA azevém/arroz) e 3 (SIPA soja/azevém/arroz).

Base de dados do azevém, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, safra 2019/2020.

Tratamento	Dose de N	Sistema	Bloco	Tx de Acúm. (kg/ha/dia de MS)	Inicial (kg/ha de MS)	Produção de MS (kg/ha de MS)	Eficiência N (kg MS/kg N)
1	0	2	1	65,5	403	6166	0,0
2	50	2	1	79,6	340	7343	23,5
3	100	2	1	98,2	70	8711	25,5
4	150	2	1	117,9	775	11151	33,2
1	0	2	2	81,4	195	7357	0,0
2	50	2	2	101,0	676	9560	44,1
3	100	2	2	103,5	674	9780	24,2
4	150	2	2	85,1	719	8208	5,7
1	0	2	3	73,8	231	6727	0,0
2	50	2	3	63,0	131	5672	-21,1
3	100	2	3	88,3	350	8123	14,0
4	150	2	3	81,5	848	8018	8,6
1	0	3	1	39,6	316	4629	0,0
2	50	3	1	61,7	410	7130	50,0
3	100	3	1	96,8	181	10731	61,0
4	150	3	1	75,1	8	8193	23,8
1	0	3	2	47,9	804	6028	0,0
2	50	3	2	88,5	513	10155	82,6
3	100	3	2	46,2	994	6030	0,0
4	150	3	2	101,2	419	11453	36,2
1	0	3	3	37,5	651	4743	0,0
2	50	3	3	79,4	548	9207	89,3
3	100	3	3	88,2	630	10247	55,0
4	150	3	3	64,1	686	7673	19,5

**11.2. Base de dados da Produtividade do Arroz, apenas para o sistema 2, safra 2019/2020.**

Sistema	Bloco	Tratamento	Dose N	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Produtividade (Mg ha <sup>-1</sup> )
2	1	1	150	9.302,46	9,302462529
2	1	2	100	9.112,60	9,112596552
2	1	3	50	8.229,19	8,229191092
2	1	4	0	7.648,54	7,648538793
2	1	5	50	7.967,36	7,967356322
2	1	6	100	9.218,42	9,218423103
2	1	7	150	10.484,24	10,484235
2	1	8	200	8.678,01	8,678012816
2	2	1	150	8.559,45	8,559448276
2	2	2	100	9.001,72	9,001724138
2	2	3	50	7.673,32	7,673320345
2	2	4	0	6.585,25	6,585251609
2	2	5	50	7.541,63	7,541626437
2	2	6	100	7.587,59	7,587591954
2	2	7	150	7.875,47	7,875466667
2	2	8	200	9.471,03	9,471034483
2	3	1	150	10.965,07	10,96507414
2	3	2	100	10.588,92	10,58891989
2	3	3	50	8.234,01	8,234009483
2	3	4	0	7.384,74	7,38474092
2	3	5	50	9.238,23	9,238227586
2	3	6	100	9.461,93	9,461928621
2	3	7	150	12.985,05	12,9850477
2	3	8	200	10.752,55	10,75254954

**11.3. Base de dados Produtividade do Arroz para os sistemas 1 e 2 - Parcelas adicionais, safra 2019/2020.**

Sistema	Bloco	Tratamento	Dose_N_Inv	Dose_N_Ver	Produtiv. (kg ha <sup>-1</sup> )	Produtividade (Mg ha <sup>-1</sup> )
1	1	5	0	0	5.546,41	5,54640885
1	1	6	0	50	6.032,47	6,03247442
1	1	7	0	100	10.735,48	10,7354764
1	1	8	0	150	12.223,62	12,2236180
1	1	9	0	200	11.213,08	11,2130758
1	2	5	0	0	6.649,54	6,64954482
1	2	6	0	50	7.111,37	7,11137241
1	2	7	0	100	9.787,80	9,78779885
1	2	8	0	150	11.848,13	11,8481304
1	2	9	0	200	11.006,40	11,0064036
1	3	5	0	0	5.968,95	5,96894758
1	3	6	0	50	6.753,31	6,75330965
1	3	7	0	100	5.855,34	5,85534431
1	3	8	0	150	8.702,04	8,70203706
1	3	9	0	200	8.761,59	8,76159310
2	1	5	150	0	7.648,54	7,64853879
2	1	6	150	50	7.967,36	7,96735632
2	1	7	150	100	9.218,42	9,21842310
2	1	8	150	150	10.484,24	10,484235
2	1	9	150	200	8.678,01	8,67801281
2	2	5	150	0	6.585,25	6,58525160
2	2	6	150	50	7.541,63	7,54162643
2	2	7	150	100	7.587,59	7,58759195
2	2	8	150	150	7.875,47	7,87546666
2	2	9	150	200	9.471,03	9,47103448
2	3	5	150	0	7.384,74	7,38474092
2	3	6	150	50	9.238,23	9,23822758
2	3	7	150	100	9.461,93	9,46192862
2	3	8	150	150	12.985,05	12,9850477
2	3	9	150	200	10.752,55	10,7525495

**11.4. Base de dados dos Componentes de rendimento do Arroz para os sistemas 1 e 2, safra 2019/2020.**

Sistema	Bloco	Trat.	Dose de N	PMG	Esterilidade	Grãos por Pan.	Estan de Plant.	Panículas	Perfílhos
1	1	4	0	25,70	13,5	82,0	184	612	3,3
1	1	5	50	29,40	12,8	79,1	143	702	4,9
1	1	6	100	25,40	19,1	125,2	119	733	6,2
1	1	7	150	25,40	17,0	158,8	111	774	7,0
1	1	8	200	24,80	13,5	134,2	190	882	4,6
1	2	4	0	26,40	18,3	95,3	132	486	3,7
1	2	5	50	27,80	11,2	80,5	157	512	3,3
1	2	6	100	28,00	12,6	80,4	120	629	5,3
1	2	7	150	27,00	15,9	117,0	117	653	5,6
1	2	8	200	26,50	23,2	125,8	158	666	4,2
1	3	4	0	23,50	10,8	117,7	178	436	2,4
1	3	5	50	25,50	14,9	92,4	167	601	3,6
1	3	6	100	26,20	7,5	91,6	138	544	3,9
1	3	7	150	26,80	12,6	103,2	191	597	3,1
1	3	8	200	26,50	14,0	113,9	175	781	4,5
2	1	1	150	25,00	16,7	100,0	169	782	4,6
2	1	2	100	26,30	15,6	105,8	127	688	5,4
2	1	3	50	25,20	14,9	97,3	157	749	4,8
2	1	4	0	25,10	22,8	134,9	114	586	5,2
2	1	5	50	25,70	14,1	84,5	139	510	3,7
2	1	6	100	25,00	20,2	103,8	77	623	8,1
2	1	7	150	24,70	26,2	145,9	86	778	9,0
2	1	8	200	24,60	19,2	167,2	82	586	7,1
2	2	1	150	25,40	13,6	107,0	109	747	6,9
2	2	2	100	25,10	13,8	74,1	104	674	6,5
2	2	3	50	25,80	18,8	122,1	119	568	4,8
2	2	4	0	25,10	26,8	114,6	102	449	4,4
2	2	5	50	24,50	29,9	123,6	69	606	8,8
2	2	6	100	26,40	20,3	98,7	97	745	7,7
2	2	7	150	25,70	28,0	137,7	62	625	10,1
2	2	8	200	24,30	16,2	151,6	79	741	9,3
2	3	1	150	23,50	14,3	111,1	155	719	4,6
2	3	2	100	24,40	14,3	98,2	220	715	3,3
2	3	3	50	26,00	15,2	95,3	158	555	3,5
2	3	4	0	26,40	18,0	87,7	145	525	3,6
2	3	5	50	25,40	15,5	95,9	105	529	5,0
2	3	6	100	25,50	17,1	131,6	107	796	7,4
2	3	7	150	25,40	19,4	114,0	127	819	6,4
2	3	8	200	26,80	13,2	95,4	96	782	8,1

**11.5. Base de dados para a Renda de inteiros do Arroz para os sistemas 1 e 2, safra 2019/2020.**

Sist.	Bloco	Tratam.	Dose N	Renda total	G. Inteiros	Quebrad.
1	1	4	0	68	59	9
1	1	5	50	68	57	11
1	1	6	100	69	62	7
1	1	7	150	70	64	6
1	1	8	200	69	63	6
1	2	4	0	69	59	10
1	2	5	50	68	56	12
1	2	6	100	69	61	8
1	2	7	150	69	64	5
1	2	8	200	69	62	7
1	3	4	0	68	61	7
1	3	5	50	68	57	11
1	3	6	100	71	60	11
1	3	7	150	70	63	7
1	3	8	200	69	63	6
2	1	1	150	70	63	7
2	1	2	100	70	63	7
2	1	3	50	68	60	8
2	1	4	0	69	62	7
2	1	5	50	66	55	11
2	1	6	100	69	62	7
2	1	7	150	69	61	8
2	1	8	200	68	62	6
2	2	1	150	69	62	7
2	2	2	100	69	62	7
2	2	3	50	69	62	7
2	2	4	0	67	60	7
2	2	5	50	70	64	6
2	2	6	100	69	61	8
2	2	7	150	70	64	6
2	2	8	200	68	58	10
2	3	1	150	69	64	5
2	3	2	100	69	62	7
2	3	3	50	69	60	9
2	3	4	0	69	59	10
2	3	5	50	69	62	7
2	3	6	100	69	62	7

2	3	7	150	68	59	9
2	3	8	200	69	61	8