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.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Marcelo Ferreira Ely
Engenheiro-Agrônomo (UFPel)

DISSERTAÇÃO

submetida como parte dos requisitos

para a 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

Aprovada em: ____/____/____
Pela Banca Examinadora

AMANDA POSSELT MARTINS
Orientadora-Departamento de Solos/UFRGS

FILIPE SELAU CARLOS
Departamento de Solos/UFPel

PAULO CÉSAR DE FACCIO CARVALHO
Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia/UFRGS

TALES TIECHER
Departamento de Solos/UFRGS

Homologado em: ____/____/____
Por

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

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[1]

Autor: Marcelo Ferreira Ely
Orientador: Profª. 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^{-1} 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^{-1} 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 no nitrogênio (EUN) do azevém, anterior ao cultivo do arroz, e a eficiência agronômica 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^{-1} de N adicionado via adubo e 18,5 kg de arroz kg^{-1} de N adicionado até a dose de 150 kg ha^{-1} de N para SIPA. Na comparação do cultivo de arroz em sistema convencional e SIPA, ambos responderam até a dose de 170 kg ha^{-1} de N, entretanto a dose mais econômica ficou em 150 kg ha^{-1} de N.

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

[1] 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 [1]

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 Albaqualf humid solil. 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^{-1} 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^{-1} 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-1 of N added via fertilizer and 18.5 kg of rice kg-1 of N added until the dose of 150 kg ha-1 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-1 of N, however the most economical dose was 150 kg ha-1 of N.

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

[1]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

1. INTRODUÇÃO 1

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 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

3. HIPÓTESES 14

4. OBJETIVOS..... 15

4.1. Objetivo Geral 15
4.2. Objetivos Específicos 15

5. MATERIAL E MÉTODOS 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. Ensaios 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

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO 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

7. CONCLUSÕES..... 61

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 62

9. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS 64

10. APÊNDICES 70

11. RESUMO BIOGRÁFICO 71

12. ANEXOS 72

12. 1. Base de dados e análises estatísticas do azevém..... 72

12. 2. Base de dados e análises estatísticas do arroz irrigado SIPA..... 96

12. 3. Base de dados e análises estatísticas do arroz irrigado SIPA azevém/arroz e Sistema convencional..... 115

RELAÇÃO DE TABELAS

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..... 16

Tabela 2: 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

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, na fazenda Corticeiras, Cristal, RS..... 19

Tabela 4. Distribuição das quantidades de N, P_2O_5 e K_2O 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

Tabela 5. Distribuição das quantidades de N, P_2O_5 e K_2O 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

Tabela 6. Distribuição da adubação de N, P_2O_5 e K_2O que cada tratamento estudado recebeu (SC e SIPA) em 2019, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS..... 24

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..... 27

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..... 28

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..... 33

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..... 35

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.. 36

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.. 38

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..... 40

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) 40

Tabela 15. Cálculo dos graus de liberdade do erro, para parcelas sub divididas em blocos ao acaso, das parcelas de N alocados no arroz irrigado, no experimento SIPAtb, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.. 42

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..... 43

Tabela 17. Produtividade de grãos de arroz irrigado e a eficiência agronômica 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

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..... 51

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..... 53

Tabela 20. 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

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..... 59

RELAÇÃO DE FIGURAS

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..... 13

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..... 20

Figura 3. Estádios de aplicação de nitrogênio em cobertura em arroz irrigado, conforme escala de (Counce et al., 2000), três a quatros folhas (V3-V4) e (R0) 23

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 28

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... 29

Figura 6. 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

Figura 7: Altura do pasto medido fora das gaiolas, em cada período coletado em cada sub tratamento (doses de N, kg ha^{-1}), no SIPA arroz/azevém (acima) e SIPA soja-arroz/azevém (abaixo), em 2019, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS..... 32

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..... 36

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 37

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^{-1}), 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

Figura 11. Relação entre a dose de nitrogênio adicionada via adubação e a resposta na taxa de acúmulo diário (kg ha-1 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..... 46

Figura 12. Distribuição dos tratamentos conforme a produtividade (Mg ha^{-1}) 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^{-1}); T5 a T8 adubação com N na pastagem de azevém (150 kg N ha^{-1}) mais adubação adicional no arroz irrigado (0, 50, 100, 150 e 200 kg N ha^{-1}). Experimento SIPA terras baixas, Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS..... 48

Figura 13. Produtividade do arroz (Mg ha^{-1}) em função de doses de N aplicados no arroz em sucessão à pastagem de azevém anual. **A**, Tratamentos com 150 kg ha^{-1} de N com fracionado entre azevém pastejado e arroz irrigado (T1 ao T4); **B**, Tratamentos com 150 kg ha^{-1} 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

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..... 52

Figura 15. Correlação linear da produtividade de grãos de arroz (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..... 54

Figura 16. Correlação polinomial da produtividade de grãos de arroz (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..... 55

Figura 17: Curva de resposta da produção de arroz (Mg ha^{-1}) gerado pelo modelo quadrático em função de doses de N (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 (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

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..... 60

RELAÇAO 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). Acompanhante de 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^{-1} (IRGA, 2020). Embora, atualmente, o RS tenha rompido essa barreira, alcançando 8,4 Mg ha^{-1} 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, consequentemente, 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_4) 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^{-1} em 2002/2003, para próximo a 7,5 Mg ha^{-1} 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^{-1}, enquanto o incremento mundial foi em torno de 0,05 Mg ha^{-1} (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_2, 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, consequentemente, 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 agronômica (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. Consequentemente, 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.

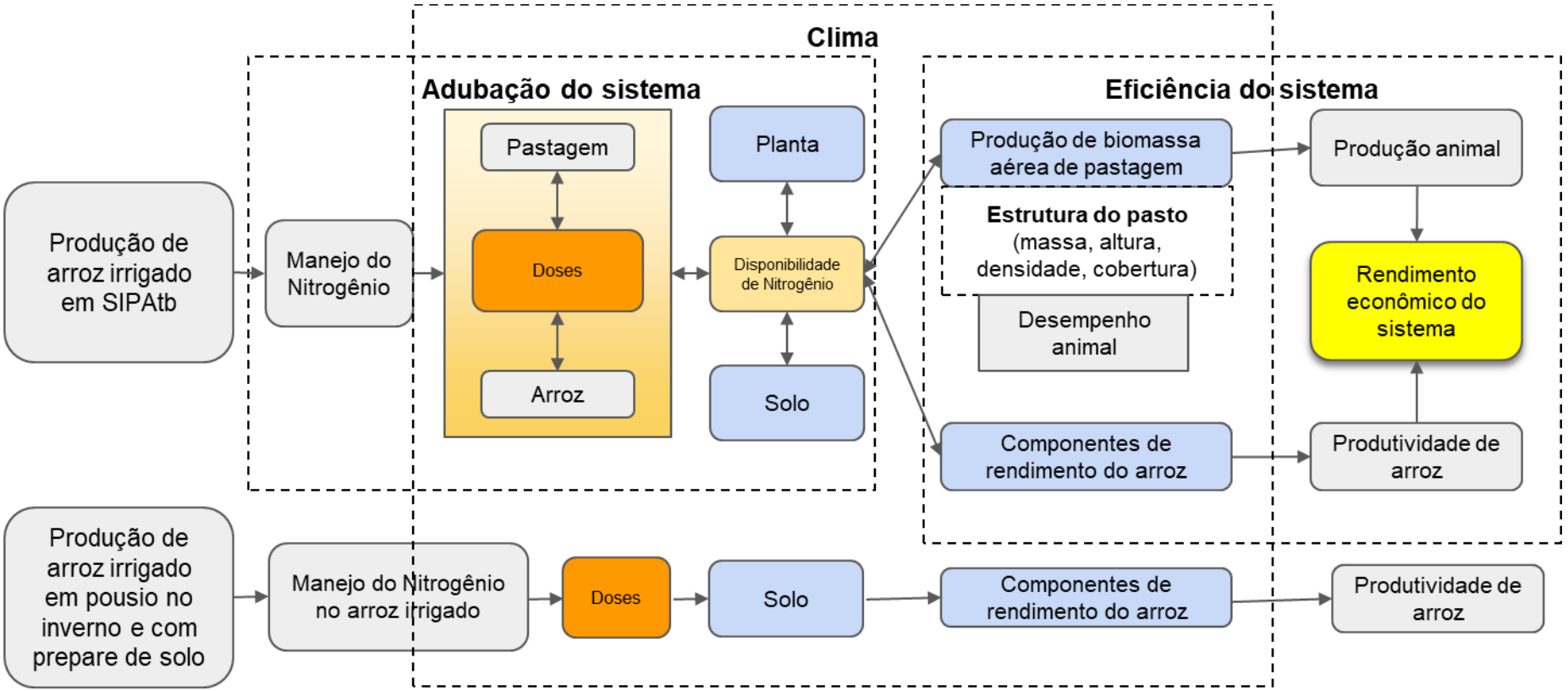


Figura 1. Modelo conceitual proposto para esse estudo, mostrando a dinâmica de funcionamento e das interações que cada um exerce no resultado em função da adubação e dos demais componentes que o envolvem.

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 agronômica 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 (30º97'26"S latitude, 51º95'04"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^{-1})	18	12	9
P disponível (mg dm^{-3})	10	5	3
K disponível (mg dm^{-3})	76	36	26
Ca trocável ($cmol_c$ dm^{-3})	3,5	2,9	1,7
Mg trocável ($cmol_c$ dm^{-3})	2,3	2,2	1,3
$CTC_{pH7,0}$ ($cmol_c$ dm^{-3})	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^{-1}.

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 calcáreo a uma taxa de 4,5 Mg ha^{-1} (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
	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.
Ciclo 1	2014	prim-ver	arroz	arroz	arroz	soja	campo
(2013-2016)	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
	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.
Ciclo 2	2018	prim-ver	arroz	arroz	arroz	soja	campo
(2017-2020)	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 arrozeiras 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 (1)	Pousio	Azevém	Azevém
Primavera-Verão	2019/2020(1)	Arroz	Arroz	Soja
Outono-Inverno	2020	Pousio	Azevém	Azevém
Primavera-Verão	2020/2021	Arroz	Arroz	Arroz

(1) 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_2O_5 e K_2O que cada sistema em estudo recebeu.

Tabela 4. Distribuição das quantidades de N, P_2O_5 e K_2O 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_2O_5-K_2O 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
Total	**-**	**610-280-475**	**1110-780-975**	**830-855-935**

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^{-1} de N, P_2O_5 e K_2O, respectivamente, enquanto o SIPA soja-arroz/azevém recebeu cerca de 830, 855 e 935 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 e K_2O, 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_2O_5 e K_2O.

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_2O_5 e K_2O 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_2O_5-K_2O aplicada (kg ha^{-1})		
		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 (1)	0-0-0	150-115-90	150-115-90
Primavera-Verão	2019/2020 (1)	150-120-90	0-0-0	0-0-0
Outono-Inverno	2020	-	-	-
Primavera-Verão	2020/2021	-	-	-
Total até 2019/2020		**450-355-240**	**450-355-240**	**450-355-240**

(1) 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^{-1}. Recebeu toda a adubação (CQFS-RS/SC, 2016), realizada também a lanço em 10/06/2019, com 20, 115 e 90 kg ha^{-1} de N, P_2O5 e K_2O, respectivamente, sendo 330 kg ha^{-1} da fórmula 07-35-10 e 100 kg ha^{-1} de cloreto de potássio (58% de K_2O). O restante do N (i.e.,130 kg ha^{-1}), na forma de ureia (45%), foi realizado também a lanço no dia 05/07/2019, com 290 kg ha^{-1}. 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^{-1} de N, P_2O_5 e K_2O, respectivamente, a lanço imediatamente após a semeadura. O restante do N no SC (i.e., 123 kg ha^{-1} de N) foi aplicado via ureia (45%) a lanço, realizada em dois momentos: 2/3 no estádio V3-V4, e 1/3 no estádio R0, segundo a escala de (COUNCE et al., 2000) (Figura 3). Sendo 200 kg ha^{-1} de 45-00-00 em 18/11/2019 e 95 kg ha^{-1} 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 quatros folhas (V3-V4) e na diferenciação do primórdio da panícula (R0).

Tabela 6. Distribuição da adubação de N, P_2O_5 e K_2O 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^{-1})				Época/estágio
		Quantidade	N	P_2O_5	K_2O	
SIPA - adubação de sistemas na pastagem de azevém - 2019						
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*
Total no SIPA			**154**	**116**	**93**	
SC – Adubação na cultura do arroz irrigado - safra 2019/2020						
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
Total no SC			**151**	**115**	**90**	

*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^{-1} 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^{-1} de imazetapyr®, 1,5 litros ha^{-1} de Basagran®; 750 gramas ha^{-1} de Facet®; 300 ml ha^{-1} de gamit® e os óleos aduvantes, Lanzar® 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^{-1} KCl), $CTC_{pH7,0}$, saturação por Al (%) e saturação por bases (V%). Todas as análises foram seguindo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). Al^{3+} trocável foi determinado por titulação com solução NaOH 0,0125 mol L^{-1}, Ca^{2+} e Mg^{2+} 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 x 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. Ensaios 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^{-1})	21	17	26	16
P disponível (mg dm^{-3})	7,6	7,3	22,8	6,5
K disponível (mg dm^{-3})	59,7	48	94,6	38,1
Ca trocável ($cmol_c$ dm^{-3})	4,6	5,8	5	3,9
Mg trocável ($cmol_c$ dm^{-3})	2,5	3,4	2,5	2,3
$CTC_{pH7,0}$ ($cmol_c$ dm^{-3})	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^{-1}.

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_2O_5 e K_2O foram realizadas manualmente, respeitando as mesmas quantidades do restante da parcela (bloco) para P_2O_5 e K_2O, 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^{-1} de N, equivalente a expectativa de produção de 2, 4, 6 e 8 Mg ha^{-1} 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^2 (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^{-1})
T1	0
T2	50
T3	100
T4	150

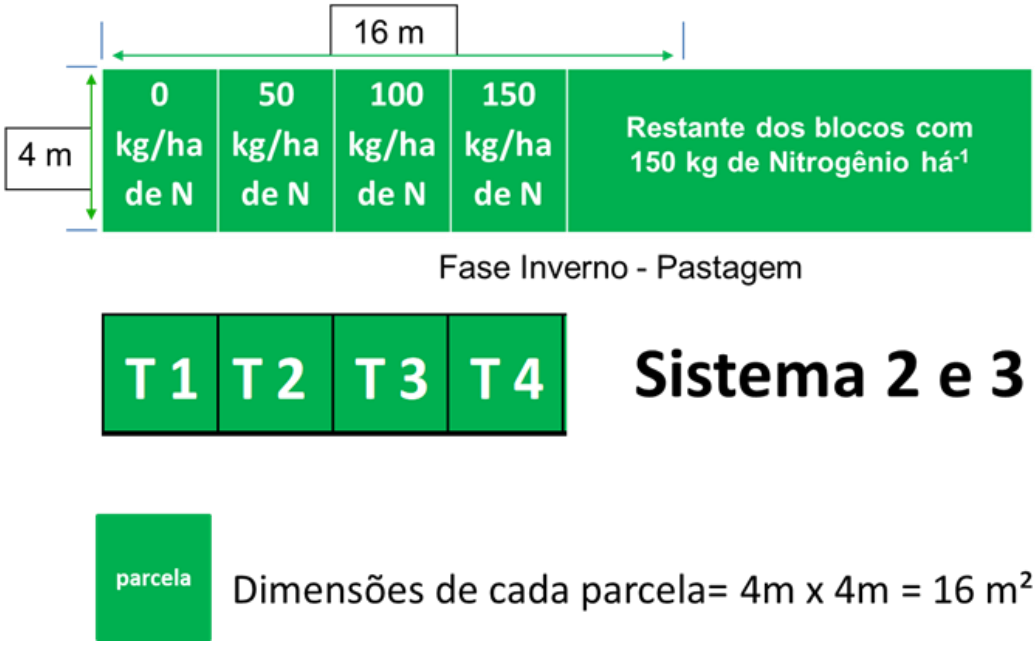


Figura 4. Distribuição ilustrativa das parcelas subdivididas com os sub tratamentos de nitrogênio, na pastagem de azevém, para os dois tratamentos estudados em 2019, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

Em cada parcela subdividida, foram alocadas gaiolas de exclusão ao pastejo (0,196 m^2) com a finalidade de estimar o crescimento e a produção da massa seca de forragem expressa em Mg ha^{-1}, 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^2). Conforme ilustrado na Figura 5.

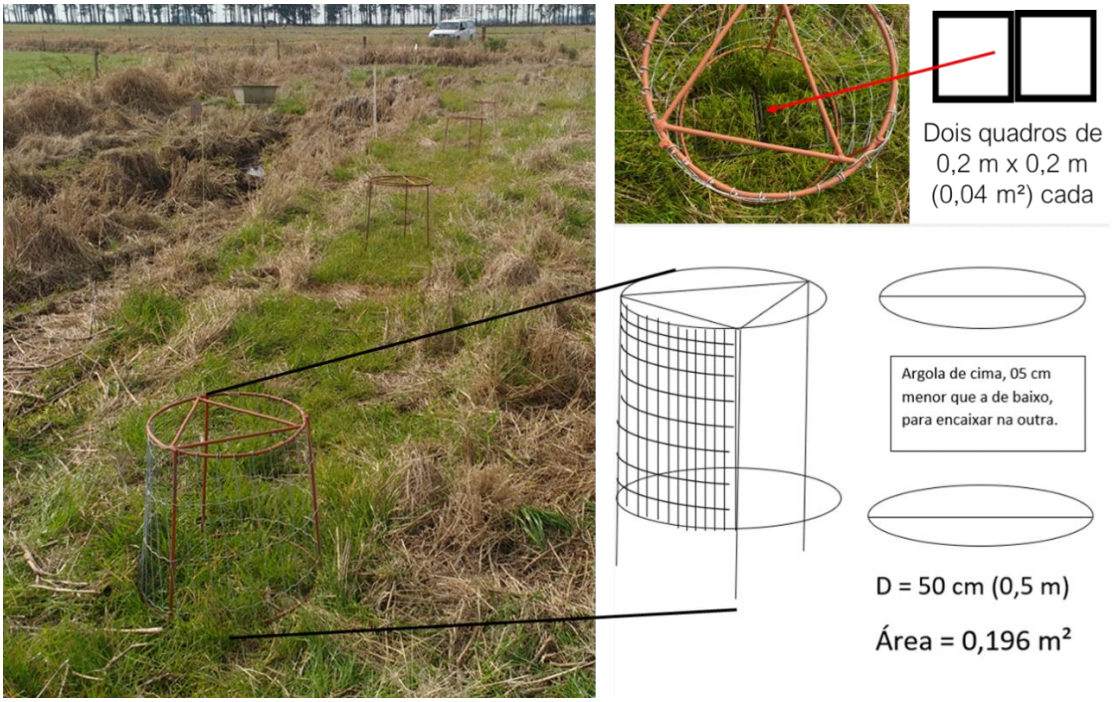


Figura 5. Gaiolas de exclusão ao pastejo (a esquerda) e os quadros alocados dentro das gaiolas para coleta do pasto para determinação da biomassa aérea da pastagem de azevém, em 2019, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

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 m²), 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.

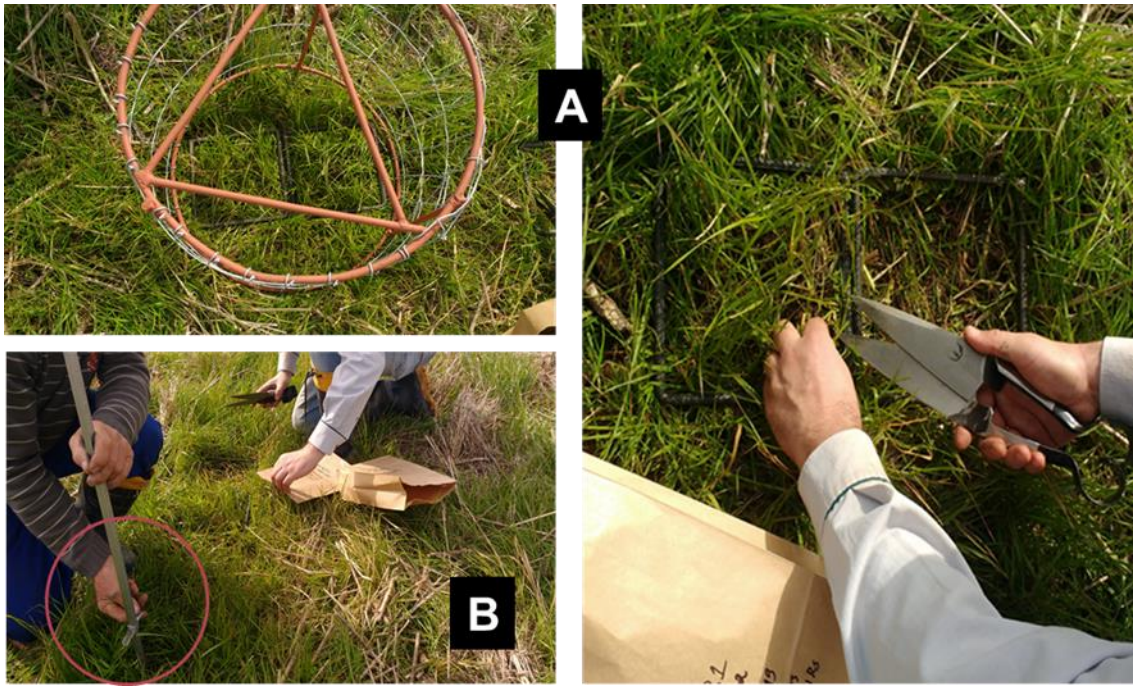


Figura 6. Corte do azevém, dentro em fora das gaiolas (A) para determinação da massa de forragem do azevém e a leitura da altura do pasto em cada quadro (B), no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

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 kg ha^{-1} dia^{-1}.

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

Sendo:

MF inicial = Massa de forragem no início do período;

MF final = Massa de forragem no final do período;

Período avaliado = nº de dias entre as coletas.

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

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

MFT = MFI + (TA x n° 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.

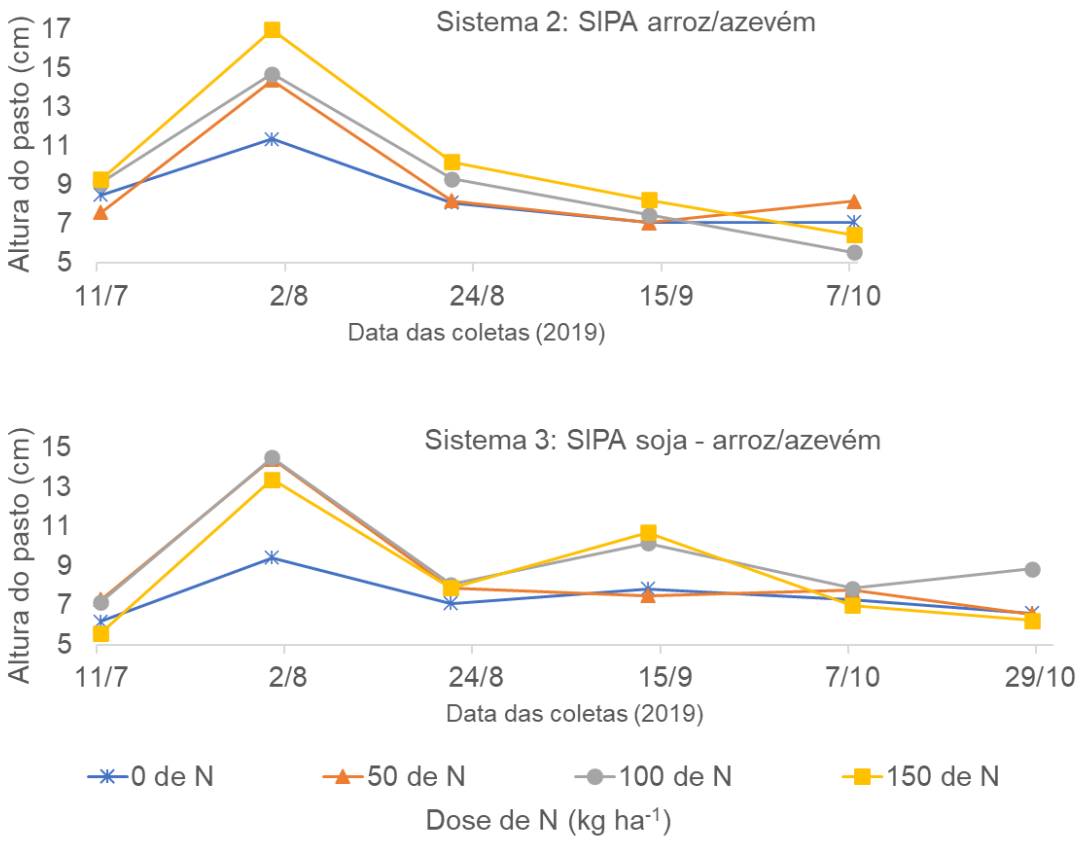


Figura 7: Altura do pasto medido fora das gaiolas, em cada período coletado em cada sub tratamento (doses de N, kg ha^{-1}), no SIPA arroz/azevém (acima) e SIPA soja-arroz/azevém (abaixo), em 2019, no experimento SIPA terras baixas, na Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

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.

Tabela da Análise da Variância – Parcelas Subdivididas		
Causas de Variação	Graus de Liberdade (GL)	GL
Blocos	r - 1	3 - 1 = 2
Tratamentos A	a - 1	2 - 1 = 1
Erro experimental A	(a - 1) (r - 1)	(2 - 1) (3 - 1) = **2**
Parcelas	a r - 1	6 - 1 = 5
Tratamentos B	b - 1	4 - 1 = 3
A X B	(a − 1) (b − 1)	(2 − 1) (4 − 1) = 3
Erro experimental B	a (r − 1) (b − 1)	2 (3 − 1) (4 − 1) = **12**
Total	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^{-1} de N, P2O5 e K2O, 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^2) 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^{-1}) 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^{-1})	34	33	30	35	30
P disponível (mg dm^{-3})	46,6	43,2	32,2	37,1	43,7
K disponível (mg dm^{-3})	152,7	140,7	128,0	123,7	140,0
Ca trocável ($cmol_c$ dm^{-3})	5,2	5,5	5,4	5,5	5,2
Mg trocável ($cmol_c$ dm^{-3})	2,6	2,9	2,6	2,8	2,7
$CTC_{pH7,0}$ ($cmol_c$ dm^{-3})	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^{-1}.

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^{-1} no azevém e que corresponderam a doses crescentes de N (kg ha^{-1}) 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^{-1})		
	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.

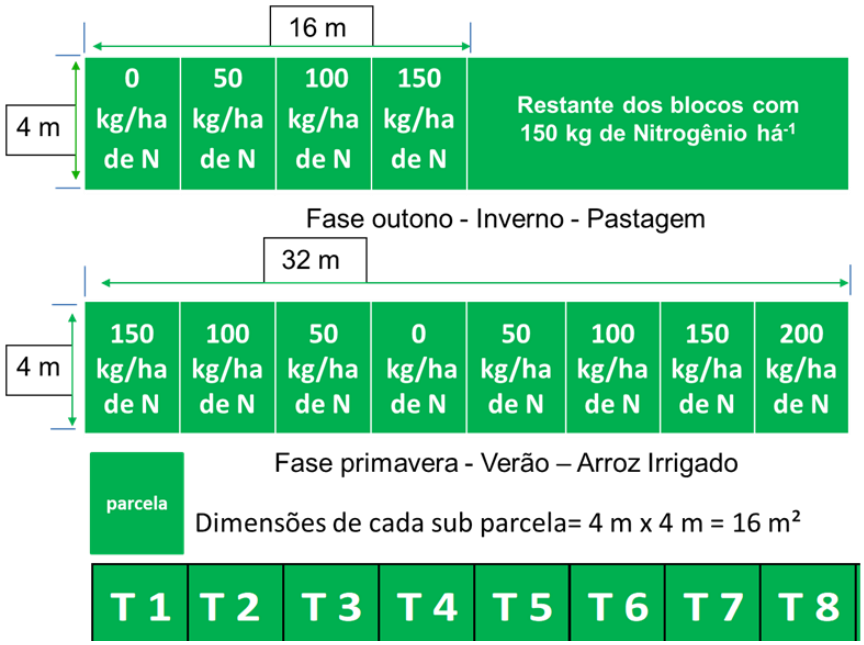


Figura 8. Distribuição ilustrativa das parcelas subdivididas, com os sub tratamentos com doses de nitrogênio, na pastagem de azevém e no arroz irrigado, em 2019 no experimento SIPA terras baixas, na fazenda Corticeiras, Cristal, RS.



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 Mg ha^{-1}, utilizando um quadro de 1 m^2 com duas coletas realizadas em cada parcela. Além disso, foi calculada a eficiência agronômica do N (EAN), obtida em (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):

EAN = (PF – RNF) / QNA

Onde:

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

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

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

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 (%).

5.6.2.1. 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.

Tabela da Análise da Variância – DBC		
Causas de Variação	Graus de Liberdade (GL)	GL
Entre Blocos	r - 1	3 - 1 = 2
Entre tratamentos	t - 1	8 - 1 = 7
Erro experimental	(t-1) (r-1)	(8-1) (3 - 1) = **14**
Total	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 kg N ha^{-1} no azevém e que corresponderam a doses crescentes de N no arroz irrigado: dose azevém-arroz, respectivamente, (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, P_2O_5 e K_2O 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) 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
S. Convencional	SIPA	(kg ha^{-1})
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^{-1})	23	30
P disponível (mg dm^{-3})	16,9	43,7
K disponível (mg dm^{-3})	127	140
Ca trocável ($cmol_c$ dm^{-3})	4,4	5,2
Mg trocável ($cmol_c$ dm^{-3})	2,4	2,7
$CTC_{pH7,0}$ ($cmol_c$ dm^{-3})	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^{-1}.

Em cada parcela, foi determinada a produtividade de grãos de arroz irrigado, no dia 19/03/2020, extrapoladas para Mg ha^{-1}, utilizando um quadro de 1 m² com duas coletas realizadas em cada parcela. Além disso, foi calculada a eficiência agronômica do N (EAN), obtida em (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):

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

Onde:

PF = produtividade de grãos das plantas fertilizadas (kg ha-1);

PNF = produtividade de grãos de plantas não fertilizadas (kg ha-1);

QN = quantidade de N aplicada em cobertura (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 (Kg de N ha^{-1}), e calculados pelas seguintes formas:

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

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.

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

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.

Tabela da Análise da Variância – Parcelas Subdivididas		
Causas de Variação	Graus de Liberdade (GL)	GL
Blocos	r - 1	3 - 1 = 2
Tratamentos A	a - 1	2 - 1 = 1
Erro experimental A	(a - 1) (r - 1)	(2 - 1) (3 - 1) = **2**
Parcelas	a r - 1	6 - 1 = 5
Tratamentos B	b - 1	5 - 1 = 4
A X B	(a − 1) (b − 1)	(2 − 1) (5 − 1) = 4
Erro experimental B	a (r − 1) (b − 1)	2 (3 − 1) (5 − 1) = **16**
Total	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^{-1})	TA (kg MS ha^{-1} dia^{-1})
SIPA arroz	0,45 ^{ns}	8,06 ^{ns}	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^{-1} dia^{-1}, 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^{-1} 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).

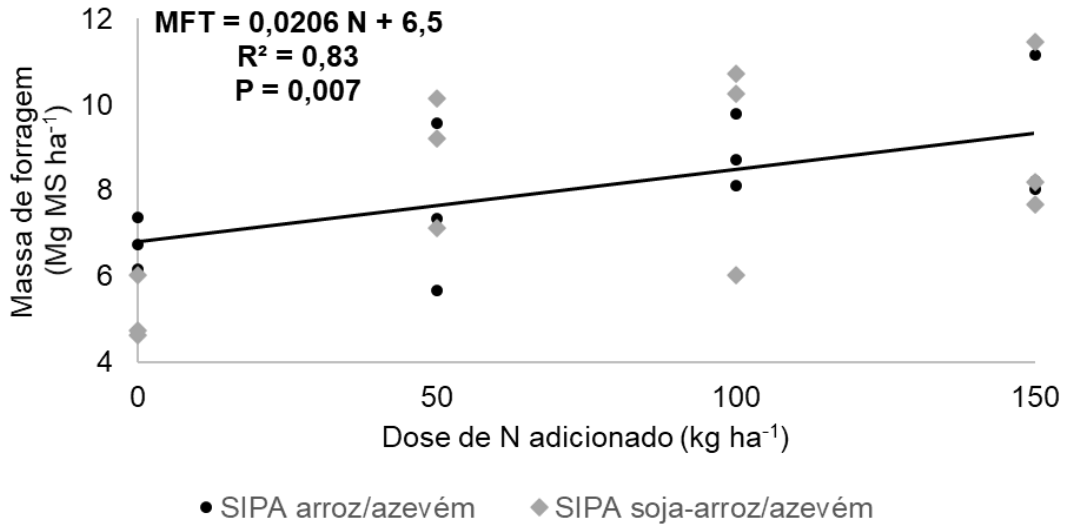


Figura 10. Relação entre a dose de nitrogênio adicionada via adubação e a resposta na produção de massa seca de forragem acumulada no final do período de pastejo (Mg MS ha^{-1}), resultados médios em conjunto para os dois sistemas: SIPA arroz/azevém (monocultivo de arroz, com azevém no inverno) aos 88 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^{-1}, 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^{-1}. 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^{-1}), correspondente a análise de solo do sistema testado, recomenda a adubação de 140 a 160 kg ha^{-1} de N para uma expectativa de rendimento de até 6 Mg MS ha^{-1}, sendo que para expectativas maiores, recomenda-se acrescentar 30 kg de N ha^{-1} 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^{-1}) 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^{-1}, para as doses de 0, 50, 100 e 150 kg ha^{-1} 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^{-1} dia^{-1}, para as doses de 0, 50, 100 e 150 kg ha^{-1} de N respectivamente. E a regressão respondeu linearmente à adição de N, com um incremento de 0,20 kg ha^{-1} dia^{-1} de MF a cada kg de N adicionado, a partir de 63 kg ha^{-1} dia^{-1}. Conforme apresentado na Figura 11.

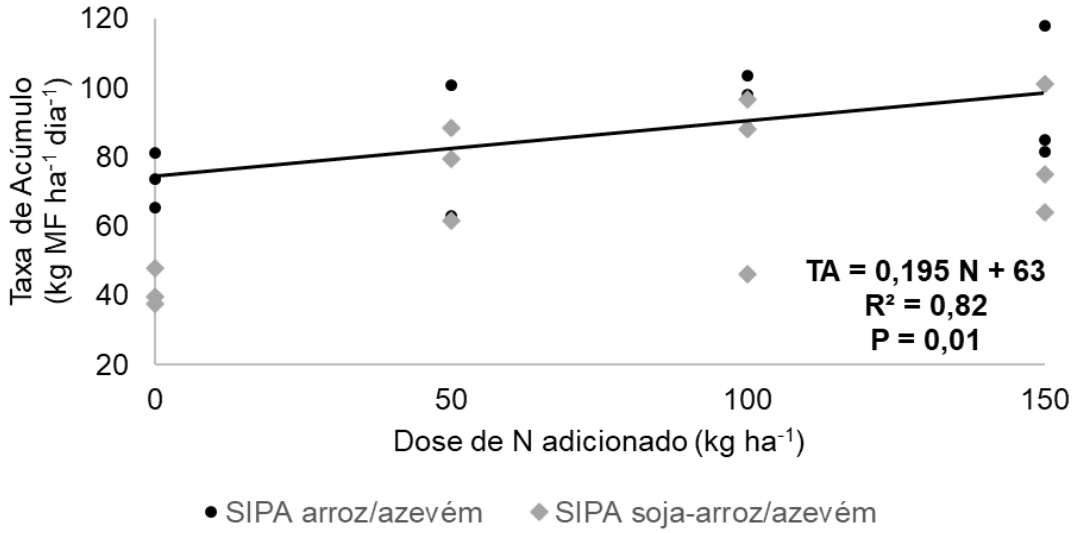


Figura 11. Relação entre a dose de nitrogênio adicionada via adubação e a resposta na taxa de acúmulo diário (kg ha^{-1} dia^{-1}) de massa de forragem ao longo do período de pastejo, resultados médios em conjunto para os dois sistemas: SIPA arroz/azevém (monocultivo de arroz, com azevém no inverno) 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 kg de MS kg de N^{-1} e os valores para as doses de 50, 100 e 150 kg N ha^{-1} foi de 45; 30 e 21 kg MS kg^{-1} N, respectivamente. O tratamento com dose de 0 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^{-1} (Tabela 17). Este valor está abaixo da média de 8 Mg ha^{-1} 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^{-1} 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^{-1} 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 agronômica 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^{-1})			Produtividade (Mg ha^{-1})	EAN (kg kg^{-1} N)
	Azevém	Arroz	Total		
T1	0	150	150	9,6 ab	16 ^{ns}
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^{-1} e o T3 e T5, os quais receberam 50 kg N ha^{-1} de N em cobertura no arroz irrigado, apresentaram produtividades intermediárias de grãos. Embora o T5 tenha recebido 50 kg N ha^{-1} 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.

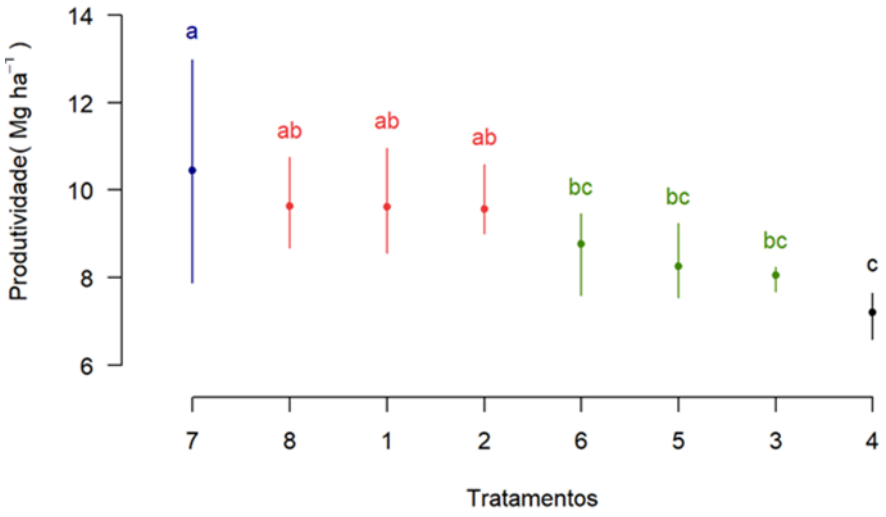


Figura 12. Distribuição dos tratamentos conforme a produtividade (Mg ha^{-1}) do arroz irrigado e a amplitude dos resultados das repetições (Blocos) para o SIPA (monocultivo de arroz, com azevém no inverno). Tratamento 4 – referência, sem adubação de N no arroz; T1 ao T4 - estratégia de adubação de N no sistema SIPA azevém/arroz (150 kg N ha^{-1}); T5 a T8 adubação com N na pastagem de azevém (150 kg N ha^{-1}) mais adubação adicional no arroz irrigado (0, 50, 100, 150 e 200 kg N ha^{-1}). 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^{-1}), 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^{-1}. A dose de 200 kg N ha^{-1} (T8) no arroz mais a adubação (150 kg ha^{-1} de N) no azevém na fase hibernal, não diferiu das doses de 150 e 100 kg N ha^{-1} 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.

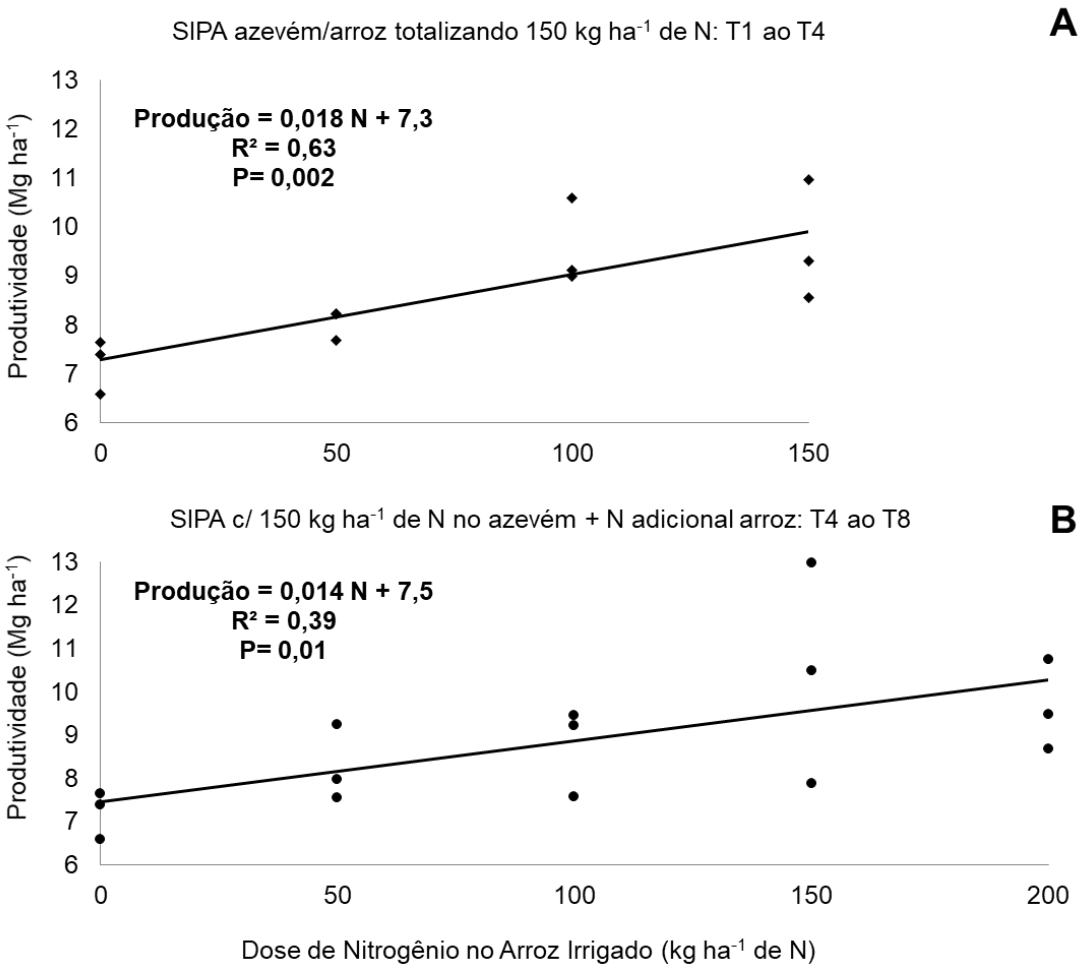


Figura 13. Produtividade do arroz (Mg ha^{-1}) em função de doses de N aplicados no arroz em sucessão à pastagem de azevém anual. **A**, Tratamentos com 150 kg ha^{-1} de N com fracionado entre azevém pastejado e arroz irrigado (T1 ao T4); **B**, Tratamentos com 150 kg ha^{-1} de N no azevém pastejado 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 agronômica 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 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 (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^{-1})			PMG	Esterilidade dos grãos	Número de Panículas	Grãos por Panícula	Grãos inteiros
	Azevém	Arroz	Total	(g)	(%)	(m^2)	(n^o)	(%)
T1	0	150	150	24,6 ^{ns}	14,9 ^{ns}	749 a	106 ^{ns}	63 ^{ns}
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^{-2} 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^{-1} de N, resultando na produção de 731 pan. m^{-2}. A regressão para a resposta em produção de panículas de arroz a adição de N está representada na Figura 14.

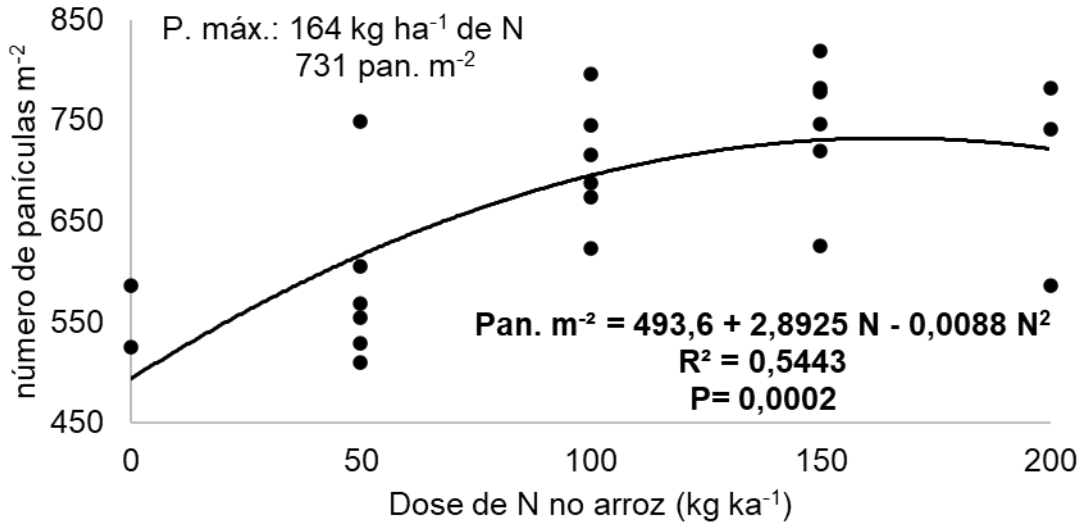


Figura 14. Panículas de arroz por metro quadrado em função das doses de N aplicados no arroz irrigado em sucessão à pastagem de azevém anual. Experimento SIPA terras baixas, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS, Safra 2019/2020.

Cabe recordar que as dose de 150 kg ha^{-1} de N foram as que responderam com as maiores produtividades de grãos deste ensaio, seguido da dose de 100 kg ha^{-1} 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 hibernal

Os sistemas SIPA azevém/arroz, arroz irrigado anual com pousio no inverno e preparo antecipado do solo; e S. convencional, 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^{-1})	EAN (kg kg^{-1} N)
S. convencional	8,6 ^{ns}	23,3 ^{ns}
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^{-1} para o SC e SIPA azevém/arroz respectivamente, apresentando diferença significativa entre eles, de ~1,5 Mg ha^{-1}. 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^{-1} 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^{-1}, como apresentado na Figura 15.

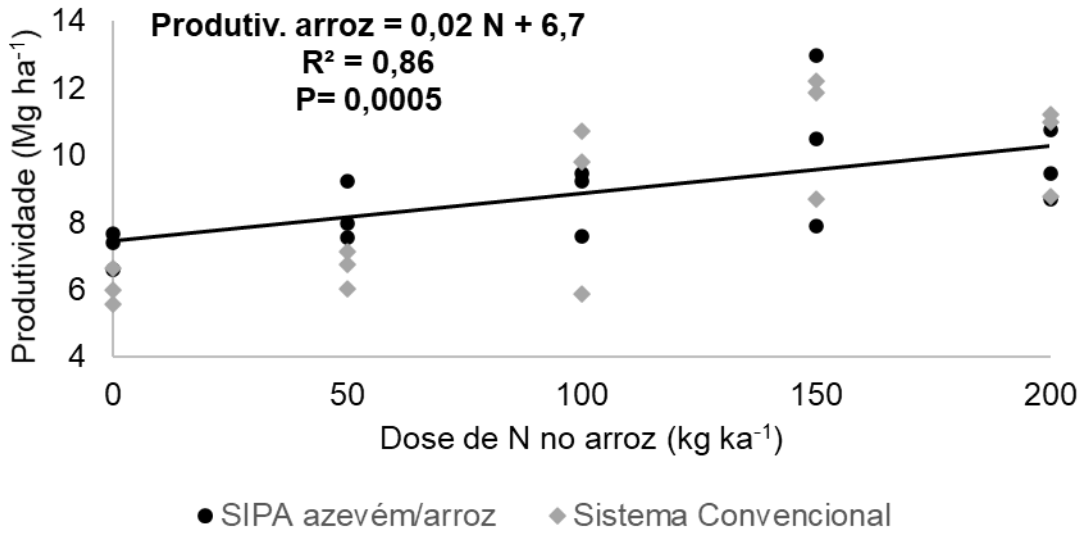


Figura 15. Correlação linear da produtividade de grãos de arroz (Mg ha^{-1}) em função de doses de N aplicados no cultivo de arroz irrigado para os dois sistemas em conjunto, Sistema convencional e SIPA azevém/arroz. No experimento SIPA terras baixas. Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

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 menor (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:

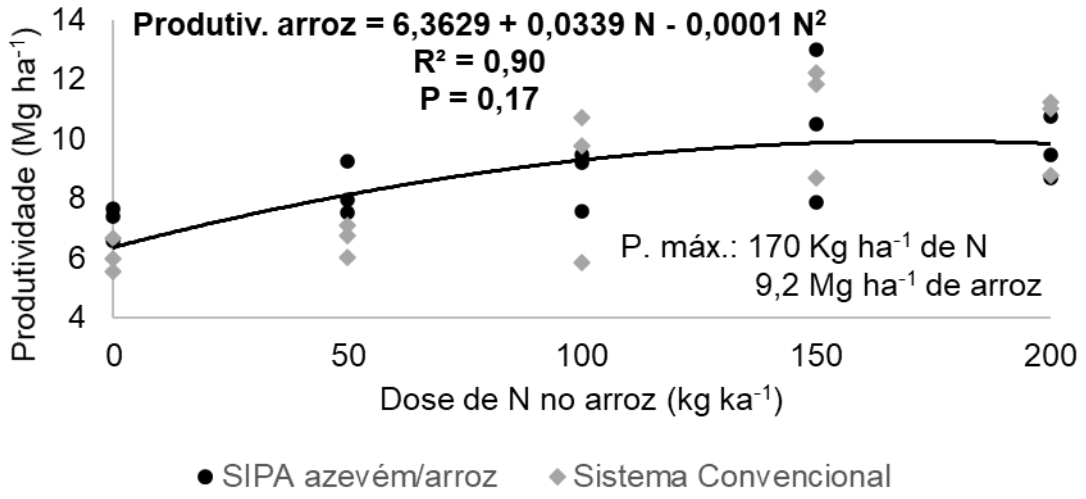


Figura 16. Correlação polinomial da produtividade de grãos de arroz (Mg ha^{-1}) em função de doses de N aplicados no cultivo de arroz irrigado para os dois sistemas em conjunto, Sistema convencional e SIPA azevém/arroz. No experimento SIPA terras baixas. Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, 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^{-1} e corresponde a uma produtividade de 9,2 Mg ha^{-1} 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^{-1})	(R$ Mg^{-1})	(Kg N Mg^{-1} 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^{-1}. 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^{-1}, estaríamos perdendo apenas 38 kg de arroz ha^{-1} ao adicionar 20

kg ha^{-1} a mais de N. E se fosse o contrário, ao deixar de adicionar 20 Kg N ha^{-1}, ou seja, adicionar apenas 130 Kg N ha^{-1}, estaríamos tendo um prejuízo de 42 kg de arroz ha^{-1}. 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.

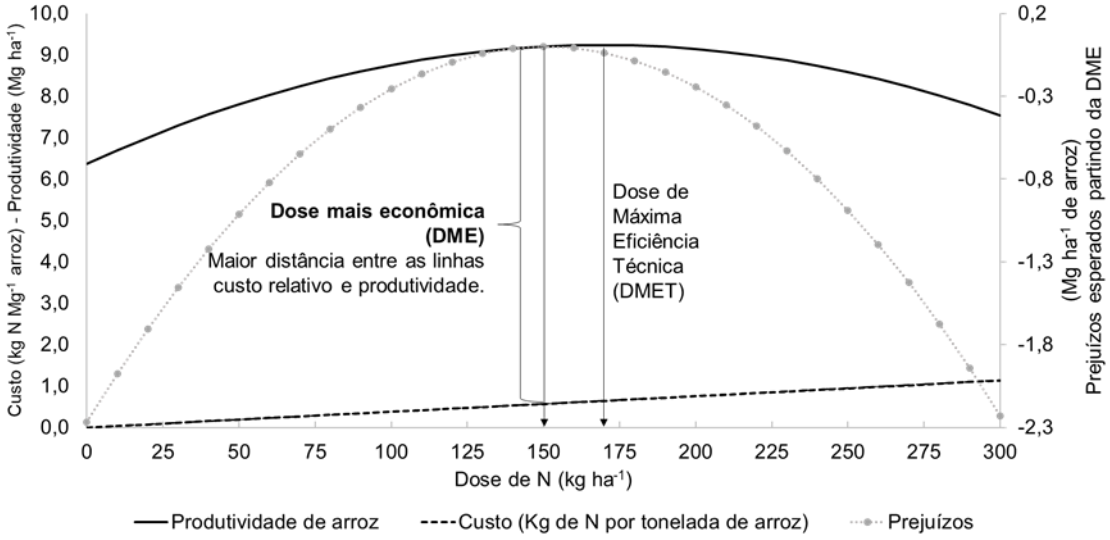


Figura 17: Curva de resposta da produção de arroz (Mg ha^{-1}) gerado pelo modelo quadrático em função de doses de N (kg ha^{-1}) aplicados no cultivo de arroz irrigado para os dois sistemas em conjunto, Sistema convencional e SIPA azevém/arroz; Custo do nutriente relativizado pelo preço do arroz, expresso em (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.

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 hibernal 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^{-2}) 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^{-2} (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^{-1} de N foi superior a dose de 50 kg ha^{-1} 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^{-1} de N, com 4% a mais de grão inteiros para a dose de 150 kg ha^{-1} 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.

Adubação de N no Arroz	PMG	Esterilidade dos grãos	Número de Panículas	Grãos por Panícula	Grãos inteiros
(kg ha^{-1})	(g)	(%)	(m^2)	(nº)	(%)
0	25,4 ns	18,4 ns	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 ns	14,5 B	640 ns	106 ns	60,7 ns
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^{-2} 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^{-1} de N, resultando em um valor médio de 740 pan. m^{-2} 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^{-1} e obteve 771 pan. m^{-2}, com uma produtividade próxima de 8,9 Mg ha^{-1}. A regressão do presente trabalho é apresentada na Figura 18.

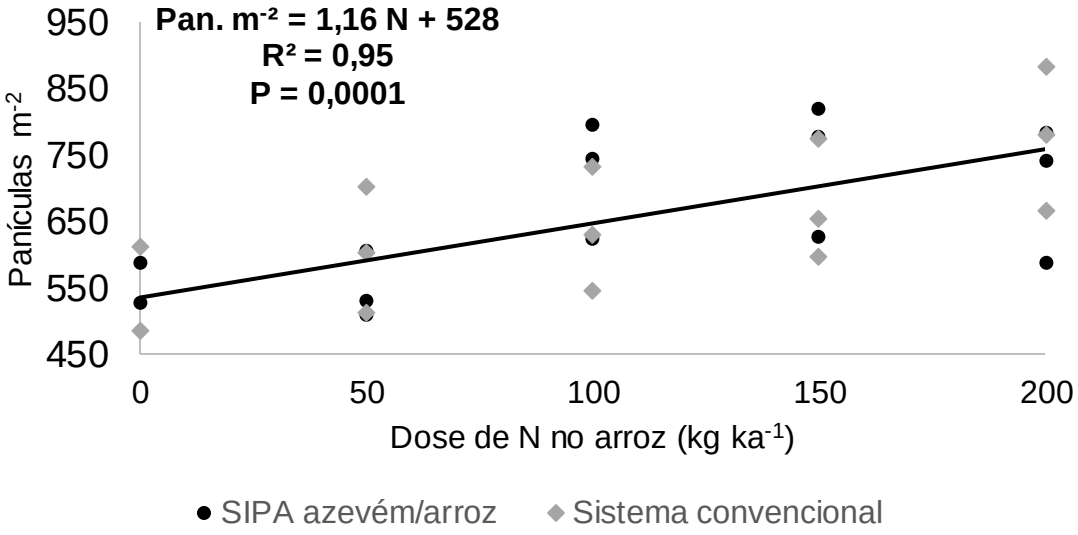


Figura 18. Panículas de arroz por metro quadrado em função de doses de N aplicados no cultivo de arroz irrigado para os dois sistemas testados (S. convencional e SIPA azevém/arroz). Experimento SIPA terras baixas. Safra 2019/2020, Fazenda Corticeiras, Cristal, RS.

6. CONCLUSÕES

O aporte de nitrogênio na produção de biomassa aérea acumulada do azevém respondeu até a dose máxima adicionada (150 kg ha^{-1} de N), resultando em um aporte de 20,5 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 hibernal, ainda é dependente da adubação nitrogenada, que pode estar ligado ao monocutivo 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 kg ha kg ha^{-1} de N de N (Dose de máxima eficiência técnica - DMET) e a dose mais econômica foi de 150 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.

7. CONSIDERAÇÔES 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 arrozeira.

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, despontem 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.

8. 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 subtrópico 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.

BARTHRAM, 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 lavourapecuária 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 GRANDENDE 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, photosyntesis, 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-bibhosphate 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** [...] Cachoerinha: 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. 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.

9. APÊNDICES

10. RESUMO BIOGRÁFICO

Marcelo Ferreira Ely, filho de Laury Michelon 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. ANEXOS

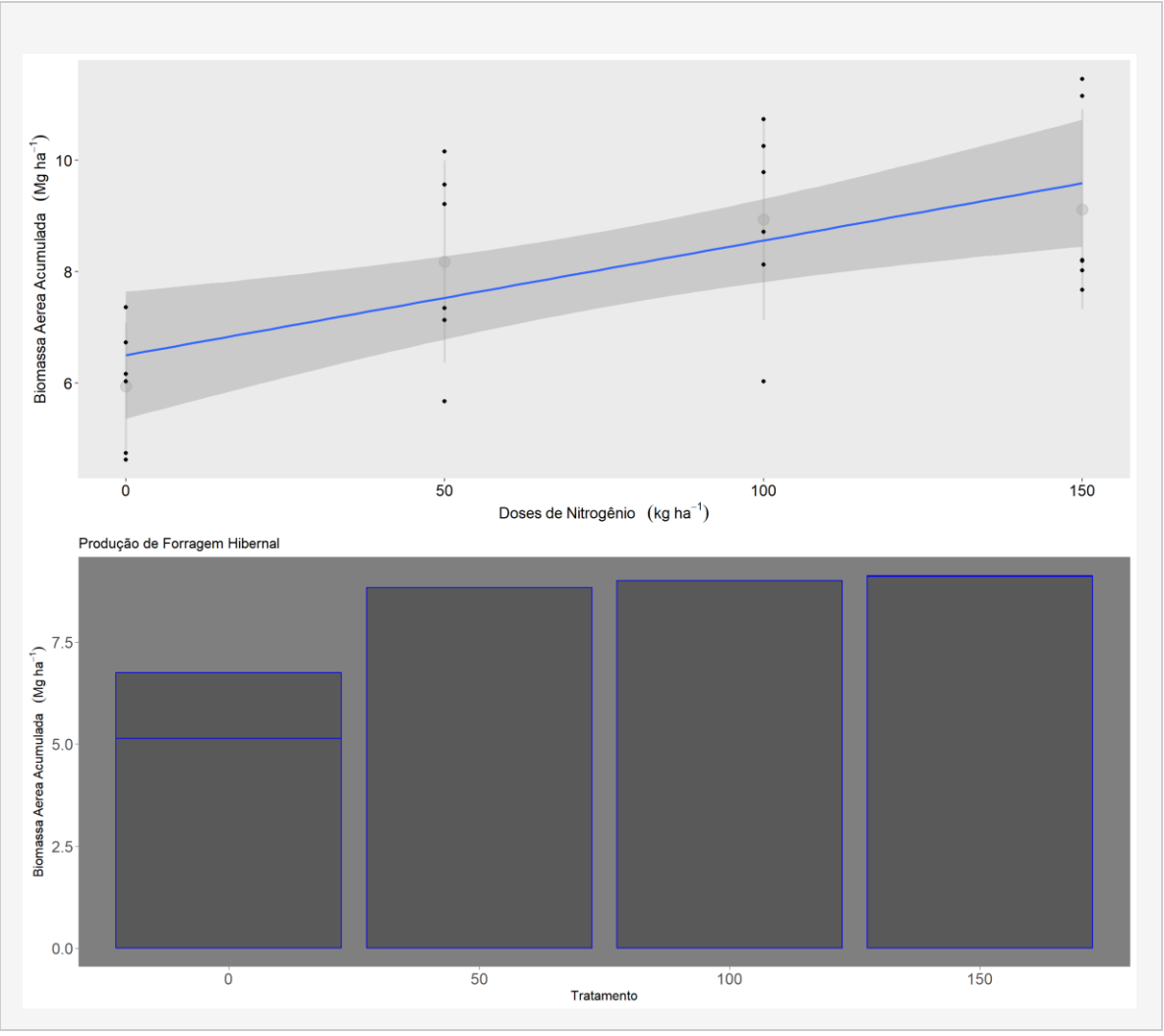
Azevém Corticeiras sistemas 2 e 3

Marcelo Ferreira Ely

28 de novembro de 2020

#1-Carregar pacotes

O delineamento consiste em parcelas subdivididas em blocos ao acaso (DBC). Neste caso, os blocos são as repetições, tem-se então 3 repetições para cada tratamento.



#Produção_Mg

Dose_Inv	n	min	max	mean	sd	se
0	6	4.63	7.36	5.94	1.08	0.44
50	6	5.67	10.16	8.18	1.73	0.71
100	6	6.03	10.73	8.94	1.72	0.70
150	6	7.67	11.45	9.12	1.71	0.70

```
#Taxa de acúmulo
```

Dose_Inv	n	min	max	mean	sd	se
0	6	37.53	81.38	57.62	18.51	7.56
50	6	61.65	100.95	78.84	15.03	6.14
100	6	46.20	103.48	86.87	20.79	8.49
150	6	64.10	117.91	87.48	19.27	7.87

```
#Inicial
```

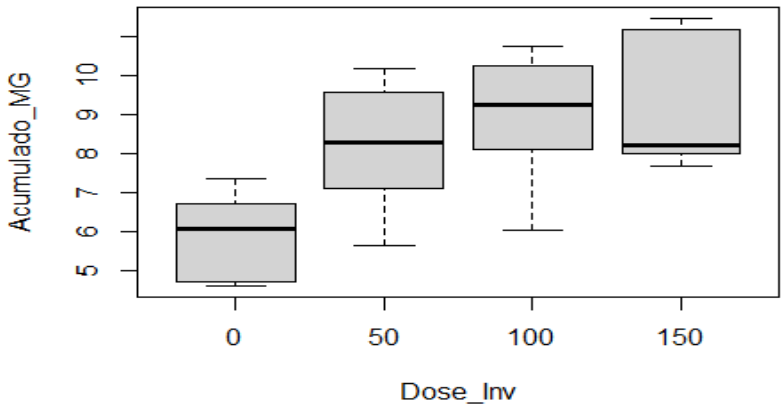
Dose_Inv	n	min	max	mean	sd	se
0	6	0.20	0.80	0.43	0.24	0.10
50	6	0.13	0.68	0.44	0.19	0.08
100	6	0.07	0.99	0.48	0.35	0.14
150	6	0.01	0.85	0.58	0.31	0.13
Sistema	n	min	max	mean	sd	se
2	12	0.07	0.85	0.45	0.27	0.08
3	12	0.01	0.99	0.51	0.27	0.08

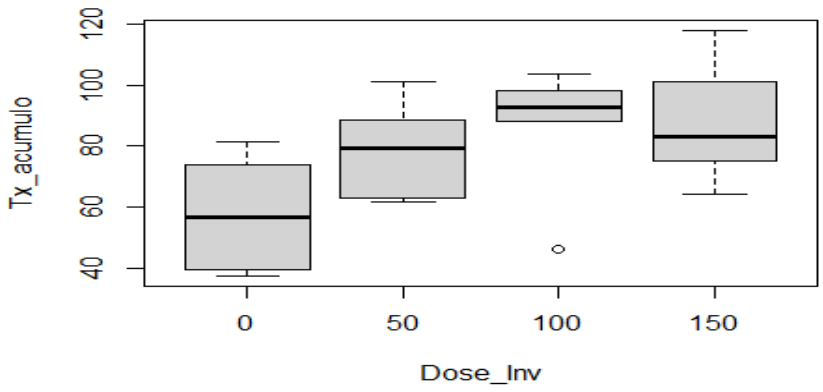
```
#Estatística Descritiva
summary(azevem)
```

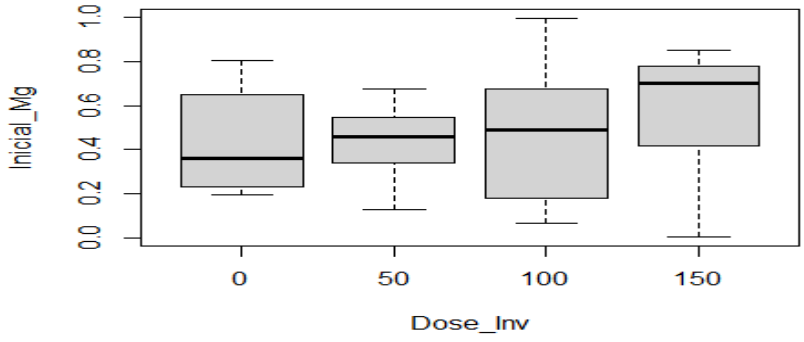
```
##  Tratamento    Dose_Inv        N_Total    Sistema Bloco   Tx_acumul
o
##  0  :6      Min.   :  0.0   Min.   :150   2:12    1:8   Min.   : 37
.53
##  50 :6      1st Qu.: 37.5   1st Qu.:150   3:12    2:8   1st Qu.: 63
.82
##  100:6      Median : 75.0   Median :150           3:8   Median : 80
.48
##  150:6      Mean   : 75.0   Mean   :150                 Mean   : 77
.70
##             3rd Qu.:112.5   3rd Qu.:150                 3rd Qu.: 90
.55
##             Max.   :150.0   Max.   :150                 Max.   :117
.91
##    MFinicial       Acumulado     Eficiência N (kg MS/kg N)  Acumula
do_MG
##  Min.   :  7.5   Min.   : 4629   Min.   :-21.10           Min.   :
4.629
##  1st Qu.:295.0   1st Qu.: 6587   1st Qu.:  0.00           1st Qu.:
6.587
##  Median :465.6   Median : 8070   Median : 21.53           Median :
8.070
##  Mean   :482.1   Mean   : 8043   Mean   : 23.96           Mean   :
8.043
##  3rd Qu.:678.8   3rd Qu.: 9615   3rd Qu.: 38.14           3rd Qu.:
9.615
##  Max.   :993.8   Max.   :11452   Max.   : 89.30           Max.   :
```

```
11.453
##    Inicial_Mg
##  Min.   :0.0075
##  1st Qu.:0.2950
##  Median :0.4656
##  Mean   :0.4821
##  3rd Qu.:0.6787
##  Max.   :0.9938
```

```
boxplot(Acumulado_MG ~ Dose_Inv, data = azevem)
```







```
shapiro.test(azevem$Inicial_Mg)
```

```
##
##  Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  azevem$Inicial_Mg
## W = 0.97252, p-value = 0.7292
```

```
#MF Inicial, não apresentou outlier.
```

#8-Teste de homogeneidade de variâncias

```
#Teste de homogeneidade dos dados de produção de biomassa aérea do aze
vem.
#Neste caso, o valor de p foi maior que 0.05, logo as variâncias são h
omogêneas.
bartlett.test(Acumulado_MG ~ Tratamento, data=azevem)
```

```
##
##  Bartlett test of homogeneity of variances
##
## data:  Acumulado_MG by Tratamento
## Bartlett's K-squared = 1.2598, df = 3, p-value = 0.7387
```

```
bartlett.test(Tx_acumulo ~ Tratamento, data=azevem)
```

```
##
##  Bartlett test of homogeneity of variances
##
## data:  Tx_acumulo by Tratamento
## Bartlett's K-squared = 0.49919, df = 3, p-value = 0.9191
```

```
bartlett.test(Inicial_Mg ~ Tratamento, data=azevem)
```

```
##
##  Bartlett test of homogeneity of variances
##
## data:  Inicial_Mg by Tratamento
## Bartlett's K-squared = 1.8856, df = 3, p-value = 0.5965
```

```
#Como exercício, os dados foram submetidos ao teste de Levene, que tam
bém mostrou que as variâncias são homogêneas.
leveneTest(Tx_acumulo~ as.factor(azevem$Tratamento), data = azevem)
```

```
## Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
##       Df F value Pr(>F)
## group  3  0.1985 0.8961
##       20
```

```
leveneTest(Acumulado_MG~ as.factor(azevem$Tratamento), data = azevem)
```

```
## Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
##       Df F value Pr(>F)
## group  3  0.4551 0.7166
##       20
```

```
leveneTest(Inicial_Mg~ as.factor(azevem$Tratamento), data = azevem)
```

```
## Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
##       Df F value Pr(>F)
## group  3  0.6433 0.5961
##       20
```

```
summary(modelo<-aov(Tx_acumulo~Tratamento + Bloco, data=azevem)) # BAC
```

```
##             Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Tratamento   3   3506  1168.7   3.266 0.0454 *
## Bloco        2    418   209.2   0.585 0.5676
## Residuals   18   6441   357.8
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
summary(modelo1<-aov(Inicial_Mg~Tratamento + Bloco, data=azevem)) # BA
C
```

```
##             Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Tratamento   3 0.0794 0.02646   0.407 0.7501
## Bloco        2 0.3964 0.19822   3.046 0.0725 .
## Residuals   18 1.1713 0.06507
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
summary(modelo2<-aov(Acumulado_MG~Tratamento + Bloco, data=azevem)) #
BAC
```

```
##             Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Tratamento   3  38.31  12.769   4.998 0.0108 *
## Bloco        2   4.18   2.089   0.817 0.4573
## Residuals   18  45.99   2.555
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

9-ANOVA e comparação de médias para Produção total acumulado

```
#Parcelas Subdivididas - Fator qualitativo, para produção total de Bio
massa
Parcelassubquali <- psub2.dbc(azevem$Sistema,
                              azevem$Tratamento,
                              azevem$Bloco,
                              azevem$Acumulado_MG,
    quali = c(T,T),
    mcomp = "tukey",
    sigF = 0.05,
    sigT = 0.05,
    fac.names = c("Sistema", "Tratamento"))
```

```
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Legenda:
## FATOR 1 (parcela):  Sistema
## FATOR 2 (subparcela):  Tratamento
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
```

```
## ------------------------------------------------------------------
-----
## $`Quadro da analise de variancia\n--------------------------------
--------------------------------------\n`
##                     GL     SQ QM     Fc Pr(>Fc)
## Sistema              1  0.015  2 0.0121 0.92254
## Bloco                2  4.177  5 1.6938 0.37122
## Erro a               2  2.466  3
## Tratamento           3 38.308  4 4.1392 0.03139 *
## Sistema*Tratamento   3  6.491  6 0.7014 0.56914
## Erro b              12 37.019  7
## Total               23 88.477  1
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## ------------------------------------------------------------------
-----
## CV 1 = 13.80631 %
## CV 2 = 21.83749 %
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Sistema
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------
-----
##   Niveis   Medias
## 1      2 8.067978
## 2      3 8.018165
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Tratamento
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Grupos Tratamentos Medias
## a     150     9.115775
## ab    100     8.937153
## ab    50      8.177817
##  b    0   5.941542
## ------------------------------------------------------------------
-----

#Parcelas Subdivididas - Fator quantitativo, para produção total de Bi
omassa
Parcelassubquanti <- psub2.dbc(azevem$Sistema,
                           azevem$Dose_Inv,
                           azevem$Bloco,
                           azevem$Acumulado_MG,
    quali = c(T,F),
    mcomp = "tukey",
    sigF = 0.05,
```

```
    sigT = 0.05,
    fac.names = c("Sistema", "Dose_Inv"))
```

```
## ------------------------------------------------------------
-----------
## Legenda:
## FATOR 1 (parcela):  Sistema
## FATOR 2 (subparcela):  Dose_Inv
## ------------------------------------------------------------
-----------
##
## ------------------------------------------------------------
-----------
## $`Quadro da analise de variancia\n--------------------------
-------------------------------------------\n`
##                   GL     SQ QM     Fc Pr(>Fc)
## Sistema            1  0.015  2 0.0121 0.92254
## Bloco              2  4.177  5 1.6938 0.37122
## Erro a             2  2.466  3
## Dose_Inv           3 38.308  4 4.1392 0.03139 *
## Sistema*Dose_Inv   3  6.491  6 0.7014 0.56914
## Erro b            12 37.019  7
## Total             23 88.477  1
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' '
1
##
## ------------------------------------------------------------
-----------
## CV 1 = 13.80631 %
## CV 2 = 21.83749 %
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------
-----------
## Sistema
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao
estatisticamente iguais.
## ------------------------------------------------------------
-----------
##   Niveis   Medias
## 1      2 8.067978
## 2      3 8.018165
## ------------------------------------------------------------
-----------
## Dose_Inv
## Ajuste de modelos polinomiais de regressao
## ------------------------------------------------------------
-----------
##
```

```
## Modelo Linear
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
## ----------------------------------------
## b0   6.5008     0.5999    10.8359    0
## b1   0.0206     0.0064    3.2064  0.0075
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo linear
## --------
## 0.827924
## --------
##
## Analise de variancia do modelo linear
## ======================================================
##                       GL   SQ      QM     Fc   valor.p
## ------------------------------------------------------
## Efeito linear         1  31.7161 31.7161 10.28 0.00754
## Desvios de Regressao 2  6.5919  3.2959  1.07  0.3741
## Residuos             12 37.0195 3.0850
## ------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------
-----------
##
## Modelo quadratico
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
## ----------------------------------------
## b0   5.9864     0.6989    8.5655     0
## b1   0.0514     0.0225    2.2911  0.0408
## b2  -0.0002     0.0001    -1.4348 0.1769
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo quadratico
## --------
## 0.993710
## --------
##
## Analise de variancia do modelo quadratico
## ======================================================
##                       GL   SQ      QM     Fc   valor.p
## ------------------------------------------------------
## Efeito linear         1  31.7161 31.7161 10.28 0.00754
## Efeito quadratico     1  6.3509  6.3509  2.06  0.17689
## Desvios de Regressao 1  0.2410  0.2410  0.08  0.78463
## Residuos             12 37.0195 3.0850
## ------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------
-----------
```

```
##
## Modelo cubico
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
## ----------------------------------------
## b0   5.9415     0.7170    8.2861     0
## b1   0.0655     0.0550    1.1898  0.2571
## b2  -0.0005     0.0010    -0.4880 0.6344
## b3  0.000001       0      0.2795  0.7846
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo cubico
## -
## 1
## -
##
## Analise de variancia do modelo cubico
## ======================================================
##                      GL   SQ      QM     Fc   valor.p
## ------------------------------------------------------
## Efeito linear        1  31.7161 31.7161 10.28 0.00754
## Efeito quadratico    1  6.3509  6.3509  2.06  0.17689
## Efeito cubico        1  0.2410  0.2410  0.08  0.78463
## Desvios de Regressao 0     0       0      0      1
## Residuos             12 37.0195 3.0850
## ------------------------------------------------------
```

#10-ANOVA e comparação de médias para Taxa de Acúmulo

```
#Parcelas Subdivididas - Fator qualitativo, para taxa de acúmulo
Parcelassubquali <- psub2.dbc(azevem$Sistema,
                         azevem$Tratamento,
                         azevem$Bloco,
                         azevem$Tx_acumulo,
    quali = c(T,T),
    mcomp = "tukey",
    sigF = 0.05,
    sigT = 0.05,
    fac.names = c("Sistema", "Tratamento"))
```

```
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Legenda:
## FATOR 1 (parcela):  Sistema
## FATOR 2 (subparcela):  Tratamento
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## $`Quadro da analise de variancia\n------------------------------
-----------------------------------\n`
##                    GL      SQ QM      Fc Pr(>Fc)
```

```
## Sistema             1  1880.7  4 17.8327 0.05176 .
## Bloco               2   418.4  6  1.9836 0.33517
## Erro a              2   210.9  2
## Tratamento          3  3506.1  3  3.7175 0.04232 *
## Sistema*Tratamento  3   576.8  5  0.6115 0.62038
## Erro b             12  3772.6  7
## Total              23 10365.6  1
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## CV 1 = 13.21619 %
## CV 2 = 22.81823 %
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Sistema
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##   Niveis   Medias
## 1      2 86.55728
## 2      3 68.85262
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Tratamento
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Grupos Tratamentos Medias
## a     150     87.48496
## a     100     86.87212
## a     50      78.84208
## a     0   57.62065
## ------------------------------------------------------------------------
-----

#Parcelas Subdivididas - Fator quantitativo, para taxa de acúmulo a 5%
de significÂncia
Parcelassubquanti <- psub2.dbc(azevem$Sistema,
                               azevem$Dose_Inv,
                               azevem$Bloco,
                               azevem$Tx_acumulo,
    quali = c(T,F),
    mcomp = "tukey",
    sigF = 0.05,
    sigT = 0.05,
    fac.names = c("Sistema", "Dose_Inv"))

## ------------------------------------------------------------------------
-----
```

```
## Legenda:
## FATOR 1 (parcela):  Sistema
## FATOR 2 (subparcela):  Dose_Inv
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## $`Quadro da analise de variancia\n--------------------------------
---------------------------------------\n`
##                   GL      SQ QM      Fc Pr(>Fc)
## Sistema            1  1880.7  4 17.8327 0.05176 .
## Bloco              2   418.4  6  1.9836 0.33517
## Erro a             2   210.9  2
## Dose_Inv           3  3506.1  3  3.7175 0.04232 *
## Sistema*Dose_Inv   3   576.8  5  0.6115 0.62038
## Erro b            12  3772.6  7
## Total             23 10365.6  1
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## CV 1 = 13.21619 %
## CV 2 = 22.81823 %
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Sistema
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##   Niveis   Medias
## 1      2 86.55728
## 2      3 68.85262
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Dose_Inv
## Ajuste de modelos polinomiais de regressao
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
## Modelo Linear
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
## ----------------------------------------
## b0  63.0615     6.0563    10.4126    0
## b1   0.1952     0.0647    3.0157  0.0107
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo linear
## --------
```

```
## 0.815446
## --------
##
## Analise de variancia do modelo linear
## ============================================================
##                       GL     SQ         QM      Fc  valor.p
## ------------------------------------------------------------
## Efeito linear         1  2,859.0730 2,859.0730 9.09 0.01075
## Desvios de Regressao 2   647.0739   323.5369  1.03 0.38682
## Residuos             12 3,772.6160  314.3847
## ------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
## Modelo quadratico
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
## ----------------------------------------
## b0  57.9094     7.0553    8.2079     0
## b1   0.5044     0.2266    2.2258  0.0460
## b2  -0.0021     0.0014    -1.4235 0.1801
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo quadratico
## --------
## 0.997147
## --------
##
## Analise de variancia do modelo quadratico
## ============================================================
##                       GL     SQ         QM      Fc  valor.p
## ------------------------------------------------------------
## Efeito linear         1  2,859.0730 2,859.0730 9.09 0.01075
## Efeito quadratico     1   637.0714   637.0714  2.03 0.18006
## Desvios de Regressao 1   10.0024    10.0024   0.03 0.86141
## Residuos             12 3,772.6160  314.3847
## ------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
## Modelo cubico
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
## ----------------------------------------
## b0  57.6206     7.2386    7.9602     0
## b1   0.5948     0.5555    1.0708  0.3053
## b2  -0.0038     0.0098    -0.3863 0.7060
## b3  0.00001     0.00004   0.1784  0.8614
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo cubico
## -
## 1
## -
```

```
##
## Analise de variancia do modelo cubico
## ============================================================
##                       GL     SQ         QM      Fc  valor.p
## ------------------------------------------------------------
## Efeito linear          1  2,859.0730 2,859.0730 9.09 0.01075
## Efeito quadratico      1   637.0714   637.0714  2.03 0.18006
## Efeito cubico          1   10.0024    10.0024   0.03 0.86141
## Desvios de Regressao 0      0          0       0      1
## Residuos              12 3,772.6160  314.3847
## ------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------
-----
```

```
#Parcelas Subdivididas - Fator quantitativo, para taxa de acúmulo a 10
% de significância
Parcelassubquanti <- psub2.dbc(azevem$Sistema,
                               azevem$Dose_Inv,
                               azevem$Bloco,
                               azevem$Tx_acumulo,
    quali = c(T,F),
    mcomp = "tukey",
    sigF = 0.1,
    sigT = 0.1,
    fac.names = c("Sistema", "Dose_Inv"))
```

```
## ------------------------------------------------------------------
-----------
## Legenda:
## FATOR 1 (parcela):  Sistema
## FATOR 2 (subparcela):  Dose_Inv
## ------------------------------------------------------------------
-----------
##
## ------------------------------------------------------------------
-----------
## $`Quadro da analise de variancia\n--------------------------
-------------------------------------------\n`
##                   GL      SQ QM      Fc Pr(>Fc)
## Sistema            1  1880.7  4 17.8327 0.05176 .
## Bloco              2   418.4  6  1.9836 0.33517
## Erro a             2   210.9  2
## Dose_Inv           3  3506.1  3  3.7175 0.04232 *
## Sistema*Dose_Inv   3   576.8  5  0.6115 0.62038
## Erro b            12  3772.6  7
## Total             23 10365.6  1
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' '
1
##
## ------------------------------------------------------------------
-----------
```

```
## CV 1 = 13.21619 %
## CV 2 = 22.81823 %
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------
-----------
## Sistema
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------
-----------
## Grupos Tratamentos Medias
## a      2   86.55728
##  b     3   68.85262
## ------------------------------------------------------------
-----------
##
## Dose_Inv
## Ajuste de modelos polinomiais de regressao
## ------------------------------------------------------------
-----------
##
## Modelo Linear
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
## ----------------------------------------
## b0  63.0615     6.0563    10.4126    0
## b1   0.1952     0.0647    3.0157  0.0107
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo linear
## --------
## 0.815446
## --------
##
## Analise de variancia do modelo linear
## ============================================================
##                       GL     SQ         QM      Fc  valor.p
## ------------------------------------------------------------
## Efeito linear         1  2,859.0730 2,859.0730 9.09 0.01075
## Desvios de Regressao  2   647.0739   323.5369  1.03 0.38682
## Residuos              12 3,772.6160  314.3847
## ------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------
-----------
##
## Modelo quadratico
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
## ----------------------------------------
```

```
## b0  57.9094     7.0553    8.2079     0
## b1   0.5044     0.2266    2.2258  0.0460
## b2  -0.0021     0.0014    -1.4235 0.1801
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo quadratico
## --------
## 0.997147
## --------
##
## Analise de variancia do modelo quadratico
## ============================================================
##                       GL     SQ         QM      Fc  valor.p
## ------------------------------------------------------------
## Efeito linear         1  2,859.0730 2,859.0730 9.09 0.01075
## Efeito quadratico     1   637.0714   637.0714  2.03 0.18006
## Desvios de Regressao 1   10.0024    10.0024   0.03 0.86141
## Residuos              12 3,772.6160  314.3847
## ------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------
-----------
##
## Modelo cubico
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
## ----------------------------------------
## b0  57.6206     7.2386    7.9602     0
## b1   0.5948     0.5555    1.0708  0.3053
## b2  -0.0038     0.0098    -0.3863 0.7060
## b3  0.00001     0.00004   0.1784  0.8614
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo cubico
## -
## 1
## -
##
## Analise de variancia do modelo cubico
## ============================================================
##                       GL     SQ         QM      Fc  valor.p
## ------------------------------------------------------------
## Efeito linear         1  2,859.0730 2,859.0730 9.09 0.01075
## Efeito quadratico     1   637.0714   637.0714  2.03 0.18006
## Efeito cubico         1   10.0024    10.0024   0.03 0.86141
## Desvios de Regressao 0      0          0       0      1
## Residuos              12 3,772.6160  314.3847
## ------------------------------------------------------------
```

#11-ANOVA e comparação de médias para Produção Inicial

```r
#Parcelas Subdivididas - Fator qualitativo, para produção Inicial - MS Inicial
Parcelassubquali <- psub2.dbc(azevem$Sistema,
                         azevem$Tratamento,
                         azevem$Bloco,
                         azevem$Inicial_Mg,
    quali = c(T,T),
    mcomp = "tukey",
    sigF = 0.05,
    sigT = 0.05,
    fac.names = c("Sistema", "Tratamento"))
```

```
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Legenda:
## FATOR 1 (parcela):  Sistema
## FATOR 2 (subparcela):  Tratamento
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## $`Quadro da analise de variancia\n-------------------------------
-----------------------------------\n`
##                     GL      SQ QM     Fc Pr(>Fc)
## Sistema              1 0.02328  2 0.2672 0.65672
## Bloco                2 0.39644  7 2.2747 0.30537
## Erro a               2 0.17428  5
## Tratamento           3 0.07937  3 0.6406 0.60340
## Sistema*Tratamento   3 0.47805  6 3.8581 0.03825 *
## Erro b              12 0.49564  4
## Total               23 1.64707  1
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## CV 1 = 61.23347 %
## CV 2 = 42.15701 %
##
##
##
## Interacao significativa: desdobrando a interacao
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
## Desdobrando  Sistema  dentro de cada nivel de  Tratamento
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##                                  GL        SQ       QM       Fc  val
or.p
## Sistema : Tratamento 0    1.000000 0.1480510 0.148051  2.80599 0.12
9101
## Sistema : Tratamento 50   1.000000 0.0173340 0.017334 0.328536 0.58
```

```
0912
## Sistema : Tratamento 100  1.000000 0.0843130 0.084313 1.597968 0.23
8737
## Sistema : Tratamento 150  1.000000 0.2516380 0.251638 4.769254  0.0
5757
## Erro combinado            8.774642 0.4629677 0.052762
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
##
##  Sistema dentro de Tratamento 0
## ------------------------------------------------------------------
-----
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------
-----
##   Niveis    Medias
## 1      2 0.2762500
## 2      3 0.5904167
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
##  Sistema dentro de Tratamento 50
## ------------------------------------------------------------------
-----
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------
-----
##   Niveis Medias
## 1      2 0.3825
## 2      3 0.4900
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
##  Sistema dentro de Tratamento 100
## ------------------------------------------------------------------
-----
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------
-----
##   Niveis    Medias
## 1      2 0.3645833
## 2      3 0.6016667
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
##  Sistema dentro de Tratamento 150
## ------------------------------------------------------------------
-----
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
```

```
## ------------------------------------------------------------------
-----
##   Niveis    Medias
## 1      2 0.7804167
## 2      3 0.3708333
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
##
## Desdobrando  Tratamento  dentro de cada nivel de  Sistema
## ------------------------------------------------------------------
-----
##                          GL       SQ       QM       Fc  valor.p
## Tratamento : Sistema 2   3 0.453639 0.151213 3.661065 0.044089
## Tratamento : Sistema 3   3 0.103786 0.034595 0.837597 0.498891
## Erro b                  12 0.495639 0.041303
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
##
##  Tratamento dentro de Sistema 2
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Grupos Tratamentos Medias
## a     150     0.7804167
## ab    50      0.3825
## ab    100     0.3645833
##  b    0   0.27625
## ------------------------------------------------------------------
-----
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
##
##  Tratamento dentro de Sistema 3
## ------------------------------------------------------------------
-----
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------
-----
##   Niveis    Medias
## 1      0 0.5904167
## 2    100 0.6016667
## 3    150 0.3708333
## 4     50 0.4900000
## ------------------------------------------------------------------
-----

#Parcelas Subdivididas - Fator quantitativo, para produção Inicial - M
S Inicial
```

```
Parcelassubquanti <- psub2.dbc(azevem$Sistema,
                               azevem$Dose_Inv,
                               azevem$Bloco,
                               azevem$Inicial_Mg,
    quali = c(T,F),
    mcomp = "tukey",
    sigF = 0.05,
    sigT = 0.05,
    fac.names = c("Sistema", "Dose_Inv"))

## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Legenda:
## FATOR 1 (parcela):  Sistema
## FATOR 2 (subparcela):  Dose_Inv
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## $`Quadro da analise de variancia\n--------------------------------
---------------------------------------\n`
##                   GL      SQ QM     Fc Pr(>Fc)
## Sistema            1 0.02328  2 0.2672 0.65672
## Bloco              2 0.39644  7 2.2747 0.30537
## Erro a             2 0.17428  5
## Dose_Inv           3 0.07937  3 0.6406 0.60340
## Sistema*Dose_Inv   3 0.47805  6 3.8581 0.03825 *
## Erro b            12 0.49564  4
## Total             23 1.64707  1
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## CV 1 = 61.23347 %
## CV 2 = 42.15701 %
##
##
##
## Interacao significativa: desdobrando a interacao
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
## Desdobrando  Sistema  dentro de cada nivel de  Dose_Inv
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##                                GL        SQ       QM       Fc  valor
.p
## Sistema : Dose_Inv 0    1.000000 0.1480510 0.148051  2.80599 0.1291
01
## Sistema : Dose_Inv 50   1.000000 0.0173340 0.017334 0.328536 0.5809
12
## Sistema : Dose_Inv 100  1.000000 0.0843130 0.084313 1.597968 0.2387
```

```
37
## Sistema : Dose_Inv 150  1.000000 0.2516380 0.251638 4.769254  0.057
57
## Erro combinado          8.774642 0.4629677 0.052762
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
##
##  Sistema dentro de Dose_Inv 0
## ------------------------------------------------------------------
-----
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------
-----
##   Niveis    Medias
## 1      2 0.2762500
## 2      3 0.5904167
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
##  Sistema dentro de Dose_Inv 50
## ------------------------------------------------------------------
-----
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------
-----
##   Niveis Medias
## 1      2 0.3825
## 2      3 0.4900
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
##  Sistema dentro de Dose_Inv 100
## ------------------------------------------------------------------
-----
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------
-----
##   Niveis    Medias
## 1      2 0.3645833
## 2      3 0.6016667
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
##  Sistema dentro de Dose_Inv 150
## ------------------------------------------------------------------
-----
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------
-----
```

```
##   Niveis    Medias
## 1      2 0.7804167
## 2      3 0.3708333
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
##
## Desdobrando  Dose_Inv  dentro de cada nivel de  Sistema
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##                         GL       SQ       QM       Fc  valor.p
## Dose_Inv : Sistema 2   3 0.453639 0.151213 3.661065 0.044089
## Dose_Inv : Sistema 3   3 0.103786 0.034595 0.837597 0.498891
## Erro b                12 0.495639 0.041303
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
##
##  Dose_Inv dentro de Sistema 2
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Ajuste de modelos polinomiais de regressao
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
## Modelo Linear
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc   valor.p
## ----------------------------------------
## b0   0.2268     0.0982    2.3098 0.0395
## b1   0.0030     0.0010    2.8482 0.0147
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo linear
## --------
## 0.738620
## --------
##
## Analise de variancia do modelo linear
## ================================================
##                       GL   SQ     QM    Fc  valor.p
## ------------------------------------------------
## Efeito linear         1  0.3351 0.3351 8.11 0.01467
## Desvios de Regressao 2  0.1186 0.0593 1.44 0.27611
## Residuos             12 0.4956 0.0413
## ------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
## Modelo quadratico
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
## ----------------------------------------
## b0   0.3041     0.1144    2.6594  0.0208
```

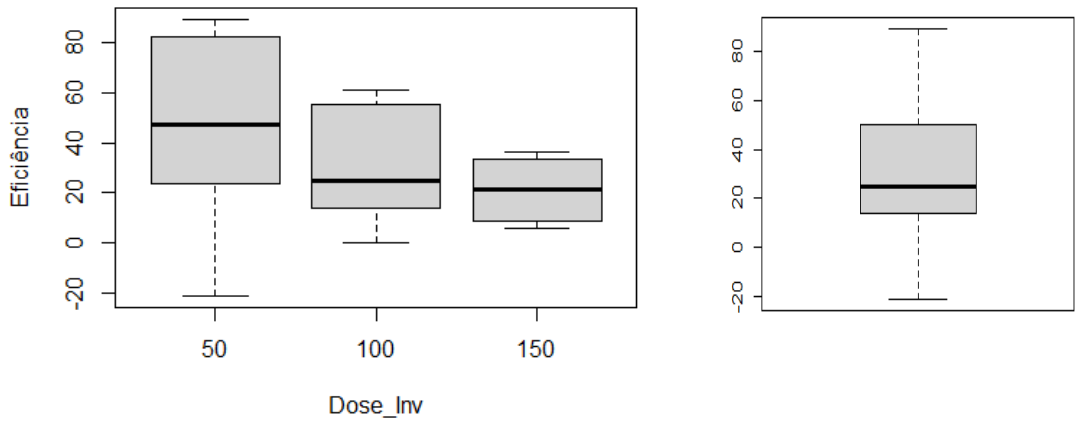
```
## b1  -0.0017     0.0037    -0.4504 0.6604
## b2  0.00003     0.00002   1.3192  0.2117
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo quadratico
## --------
## 0.897075
## --------
##
## Analise de variancia do modelo quadratico
## ================================================
##                      GL   SQ     QM    Fc  valor.p
## ------------------------------------------------
## Efeito linear        1  0.3351 0.3351 8.11 0.01467
## Efeito quadratico    1  0.0719 0.0719 1.74 0.21172
## Desvios de Regressao 1  0.0467 0.0467 1.13 0.30861
## Residuos             12 0.4956 0.0413
## ------------------------------------------------
## ----------------------------------------------------------------------
-----
##
## Modelo cubico
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
## ----------------------------------------
## b0   0.2762     0.1173    2.3544  0.0364
## b1   0.0071     0.0090    0.7870  0.4466
## b2  -0.0001     0.0002    -0.8571 0.4082
## b3  0.000001       0      1.0632  0.3086
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo cubico
## -
## 1
## -
##
## Analise de variancia do modelo cubico
## ================================================
##                      GL   SQ     QM    Fc  valor.p
## ------------------------------------------------
## Efeito linear        1  0.3351 0.3351 8.11 0.01467
## Efeito quadratico    1  0.0719 0.0719 1.74 0.21172
## Efeito cubico        1  0.0467 0.0467 1.13 0.30861
## Desvios de Regressao 0    0      0     0      1
## Residuos             12 0.4956 0.0413
## ------------------------------------------------
## ----------------------------------------------------------------------
-----
##
##  Dose_Inv dentro de Sistema 3
## ----------------------------------------------------------------------
-----
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
```

```
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##   Niveis    Medias
## 1      0 0.5904167
## 2    100 0.6016667
## 3    150 0.3708333
## 4     50 0.4900000
## ------------------------------------------------------------------------
-----
```

Eficiência Uso N Azevém

Marcelo Ferreira ELy

26 de novembro de 2020



Dose_Inv	n	min	max	mean	sd	se
50	6	-21.10	89.30	44.73	40.58	16.57
100	6	0.03	61.02	29.96	23.66	9.66
150	6	5.67	36.17	21.16	12.47	5.09

Não apresentou presença de outliers e os dados são considerados normais, sem diferença significativa. entre os tratamentos, para eficiência.

```
Parcelassubquali <- psub2.dbc(azevem$Sistema,
                              azevem$Tratamento,
                              azevem$Bloco,
                              azevem$Eficiência,
    quali = c(T,T),
    mcomp = "tukey",
    sigF = 0.05,
    sigT = 0.05,
    fac.names = c("Sistema", "Tratamento"))
```

```
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Legenda:
## FATOR 1 (parcela):  Sistema
## FATOR 2 (subparcela):  Tratamento
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
## ------------------------------------------------------------------
-----
## $`Quadro da analise de variancia\n--------------------------------
--------------------------------------\n`
##                     GL      SQ QM     Fc Pr(>Fc)
## Sistema              1  3750.7  4 5.2030  0.1501
## Bloco                2   222.6  3 0.1544  0.8662
## Erro a               2  1441.7  6
## Tratamento           2  1702.8  7 1.5526  0.2693
## Sistema*Tratamento   2  2007.2  2 1.8301  0.2216
## Erro b               8  4387.2  5
## Total               17 13512.3  1
##
## ------------------------------------------------------------------
-----
## CV 1 = 84.03302 %
## CV 2 = 73.29392 %
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Sistema
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------
-----
##   Niveis   Medias
## 1      2 17.51552
## 2      3 46.38581
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Tratamento
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------
-----
##   Niveis   Medias
## 1    100 29.95611
## 2    150 21.16156
## 3     50 44.73433
## ------------------------------------------------------------------
-----
```

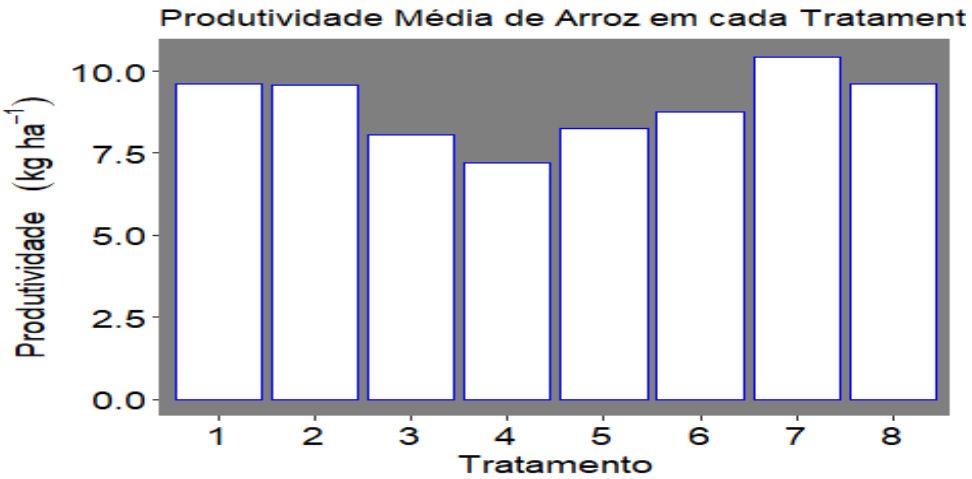
#12-Correlação de pearson

```
cor.test(azevem$Dose_Inv,azevem$Eficiência,method="pearson", alternati
ve="two.sided")

##
##  Pearson's product-moment correlation
##
## data:  azevem$Dose_Inv and azevem$Eficiência
## t = -1.5006, df = 16, p-value = 0.1529
## alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
##  -0.7028550  0.1383083
## sample estimates:
##        cor
## -0.3512422
```

Produtividade Arroz sistema 2, safra 2019/2020

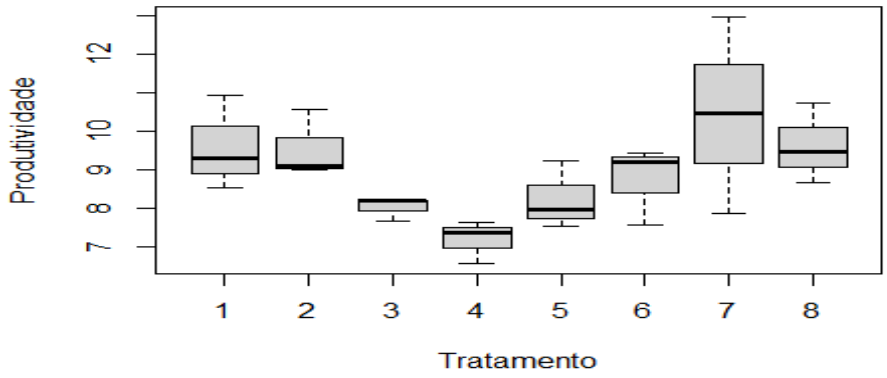
Marcelo Ferreira Ely



Sistema	Tratamento	n	min	max	mean	sd	se
Com Pastejo	1	3	8.56	10.97	9.61	1.23	0.71
Com Pastejo	2	3	9.00	10.59	9.57	0.89	0.51
Com Pastejo	3	3	7.67	8.23	8.05	0.32	0.19
Com Pastejo	4	3	6.59	7.65	7.21	0.55	0.32
Com Pastejo	5	3	7.54	9.24	8.25	0.88	0.51
Com Pastejo	6	3	7.59	9.46	8.76	1.02	0.59
Com Pastejo	7	3	7.88	12.99	10.45	2.55	1.48
Com Pastejo	8	3	8.68	10.75	9.63	1.05	0.60

```
#Estatística Descritiva
summary(arroz)
```

```
##         Sistema    Bloco   Tratamento    Dose_Inv        Dose_Ver
##  Com Pastejo:24   1:8   1      :3    Min.   :  0.0   Min.   :  0
##                   2:8   2      :3    1st Qu.: 87.5   1st Qu.: 50
##                   3:8   3      :3    Median :150.0   Median :100
##                         4      :3    Mean   :112.5   Mean   :100
##                         5      :3    3rd Qu.:150.0   3rd Qu.:150
##                         6      :3    Max.   :150.0   Max.   :200
##                         (Other):6
##  Produtividade_kg Produtividade
##  Min.   : 6585    Min.   : 6.585
##  1st Qu.: 7825    1st Qu.: 7.825
##  Median : 8840    Median : 8.840
##  Mean   : 8939    Mean   : 8.939
##  3rd Qu.: 9464    3rd Qu.: 9.464
##  Max.   :12985    Max.   :12.985
```




```
shapiro.test(arroz$Produtividade)
```

```
##
##  Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  arroz$Produtividade
## W = 0.93766, p-value = 0.1446
```

```
#Avaliando apenas os tratamentos em que foi testado também a produtividade de biomassa do azevem, ou seja, com adubação de sistemas.
#Não há ocorrência de outliers neste caso. Apenas grande variabilidade no tratamento 7.
boxplot(adub_sistema$Produtividade)

shapiro.test(adub_sistema$Produtividade)
```

```
##
##  Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  adub_sistema$Produtividade
## W = 0.95984, p-value = 0.7815
```

```
#Avaliando apenas os tratamentos com adubação adicional aos 150kg/ha n
o azevém.
#Também verifica-se que os dados são normais, mas o valor de p está ac
ima do limite de 0.05.
boxplot(adub_sistema_ad$Produtividade)
```

```
shapiro.test(adub_sistema_ad$Produtividade)
```

```
##
##  Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  adub_sistema_ad$Produtividade
## W = 0.91604, p-value = 0.1676
```

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk, os dados de produtividade de arroz para todos os tratamentos em conjunto, são considerados normais (n=24), para os primeiros 4 tratamentos (n=12, uma avaliação por parcela), assim como de produtividade de arroz para os próximos 5 tratamentos (n=15, uma avaliação por parcela), ambos são considerados normais, uma vez que ambos apresentam valor de p maior que 0.05. Pórem nos valores da adubação adicional, há uma possível presença de outlier.

#10-Teste de homogeneidade de variâncias

```
#Teste de homogeneidade dos dados de produtividade do arroz.
#Neste caso o valor de p foi maior que 0,05, logo as variâncias são ho
mogêneas.
bartlett.test(Produtividade ~ Tratamento, data=arroz)
```

```
##
##  Bartlett test of homogeneity of variances
##
## data:  Produtividade by Tratamento
## Bartlett's K-squared = 8.1881, df = 7, p-value = 0.3163
```

11-Análise dos resíduos e Teste de hipóteses

```
#Análise de resíduos do arroz
#De acordo com a análise gráfica, pode-se assumir a independência dos
resíduos devido a distribuição aleatória entre os resíduos e os valore
s preditos.
#Também verifica-se no Q-Q plot que os dados observados estão próximos
a linha normal teórica.
summary(modelo1<-aov(Produtividade~Tratamento + Bloco, data=arroz)) #
BAC
```

```
##             Df Sum Sq Mean Sq F value  Pr(>F)
## Tratamento   7 23.746   3.392   4.996 0.00516 **
## Bloco        2 14.803   7.401  10.901 0.00140 **
## Residuals   14  9.506   0.679
```

```
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

# A hipótese do trabalho é de que há um aumento na produtividade do ar
roz quando há aplicação de nitrogênio na fase lavoura, e que apenas a
adubação de sistema limita a produtividade do cultivo de verão.
#Logo, a hipótese nula (H0) é de que não há diferença estatistica na p
rodutividade de arroz entre tratamentos, enquanto a hipótese alternati
va (H1) é de que há diferença significativa entre pelo menos dois trat
amentos.
#Considerando que a distribuição dos dados é normal, procedemos com o
teste paramétrico por meio de ANOVA (teste F).
#O resultado da análise de variancia, mostrou que o valor de F calcula
do é maior que o F tabelado, logo rejeita-se H0, pois há diferença est
atística entre tratamentos e aceita-se a hipótese H1, havendo a necess
idade de prosseguir com o teste de médias.

cv.model(modelo1)

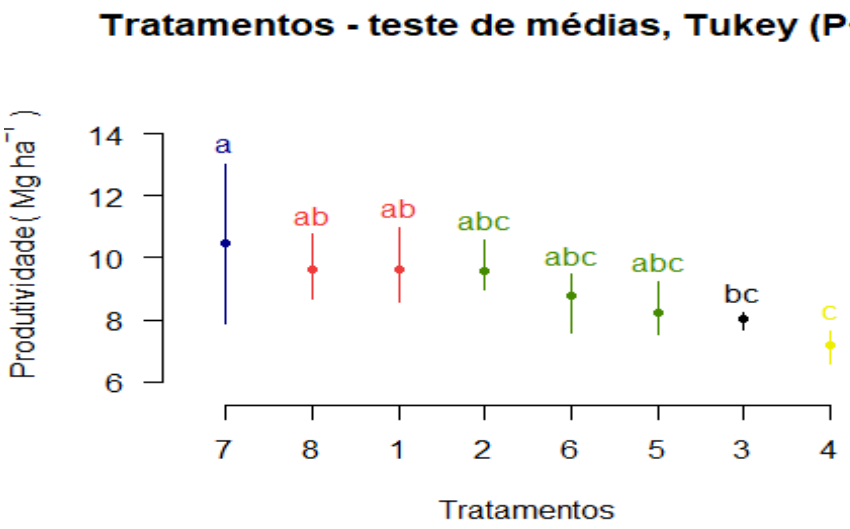
## [1] 9.217701

#Teste de Tukey
arrozT <- HSD.test(modelo1, "Tratamento", console = T, alpha = 0.05)

##
## Study: modelo1 ~ "Tratamento"
##
## HSD Test for Produtividade
##
## Mean Square Error:  0.6789952
##
## Tratamento,  means
##
##   Produtividade       std r      Min       Max
## 1      9.608995 1.2317591 3 8.559448 10.965074
## 2      9.567747 0.8860976 3 9.001724 10.588920
## 3      8.045507 0.3223321 3 7.673320  8.234009
## 4      7.206177 0.5536774 3 6.585252  7.648539
## 5      8.249070 0.8826867 3 7.541626  9.238228
## 6      8.755981 1.0191535 3 7.587592  9.461929
## 7     10.448250 2.5549806 3 7.875467 12.985048
## 8      9.633866 1.0468100 3 8.678013 10.752550
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 14
## Critical Value of Studentized Range: 4.990292
##
## Minimun Significant Difference: 2.374098
##
## Treatments with the same letter are not significantly different.
##
##   Produtividade groups
## 7     10.448250      a
## 8      9.633866     ab
## 1      9.608995     ab
## 2      9.567747    abc
```

```
## 6      8.755981    abc
## 5      8.249070    abc
## 3      8.045507     bc
## 4      7.206177      c
```

```
par(mfrow = c(1,1))
plot.group(arrozT, horiz = F, las = 1, main = "Tratamentos - teste de
médias, Tukey (P<0,05)",xlab="Tratamentos",ylab="Produtividade"~"( Mg
ha"^-1~")")
```

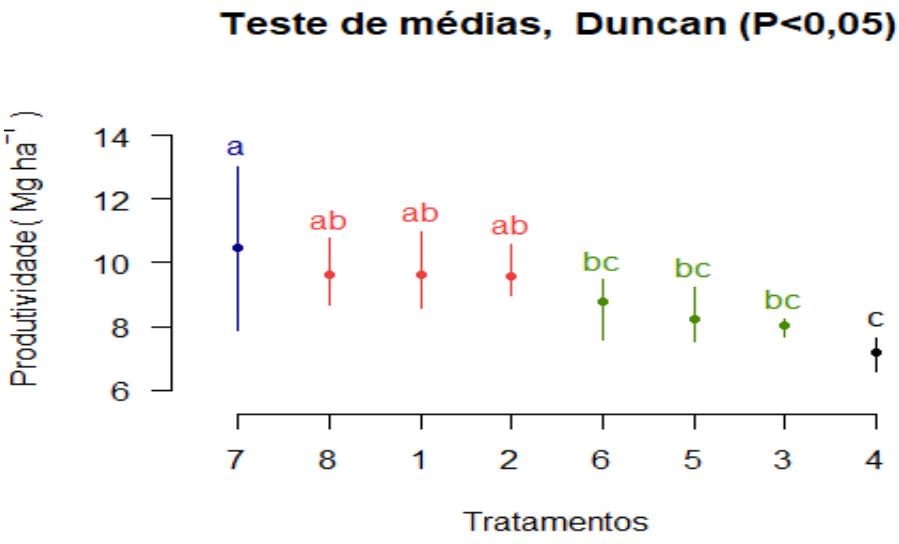



```
#Teste de Duncan
arrozD <- duncan.test(modelo1, "Tratamento", group = T, console = T, m
ain = "Comparação entre médias dos tratamentos")
```

```
##
## Study: Comparação entre médias dos tratamentos
##
## Duncan's new multiple range test
## for Produtividade
##
## Mean Square Error:  0.6789952
##
## Tratamento,  means
##
##   Produtividade       std r      Min       Max
## 1      9.608995 1.2317591 3 8.559448 10.965074
## 2      9.567747 0.8860976 3 9.001724 10.588920
## 3      8.045507 0.3223321 3 7.673320  8.234009
## 4      7.206177 0.5536774 3 6.585252  7.648539
## 5      8.249070 0.8826867 3 7.541626  9.238228
## 6      8.755981 1.0191535 3 7.587592  9.461929
## 7     10.448250 2.5549806 3 7.875467 12.985048
## 8      9.633866 1.0468100 3 8.678013 10.752550
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 14
##
## Critical Range
```

```
##        2        3        4        5        6        7        8
## 1.443018 1.512055 1.554662 1.583462 1.603933 1.618919 1.630074
##
## Means with the same letter are not significantly different.
##
##   Produtividade groups
## 7     10.448250      a
## 8      9.633866     ab
## 1      9.608995     ab
## 2      9.567747     ab
## 6      8.755981     bc
## 5      8.249070     bc
## 3      8.045507     bc
## 4      7.206177      c
```

```
plot.group(arrozD, horiz = F, las = 1, main = "Teste de médias,  Duncan (P<0,05)",xlab="Tratamentos",ylab="Produtividade"~"( Mg ha"^-1~")")
```




```
cv.model(modelo1)
```

```
## [1] 9.217701
```

```
#Percebe-se que o teste de Tukey é mais rigoroso frente ao Duncan testados, porém o tratamento 4 apresentou diferença significativa para os tratamento 1, 7 e 8. Ou seja, onde não foi adicionado N no arroz (T4), produziu menos que nos tratamentos que receberam 150 e 200 kg de N por hectare no verão (1,7 e 8, respectivamente).
#Já no teste de Duncan, encontramos diferença significativa entre o tratamento 4 e os tratamentos 1, 2, 7 e 8, os quais receberam acima de 100 kg por ha de N, na adubação de sistema (2) não diferindo apenas dos que receberam 50 kg/ha de N no arroz e 100 kg/ha na adubação adicional.
```

13 - Análise de correlação #Correlação de pearson

```
cor.test(arroz$Dose_Ver,arroz$Produtividade,method="pearson", alternative="two.sided")
```

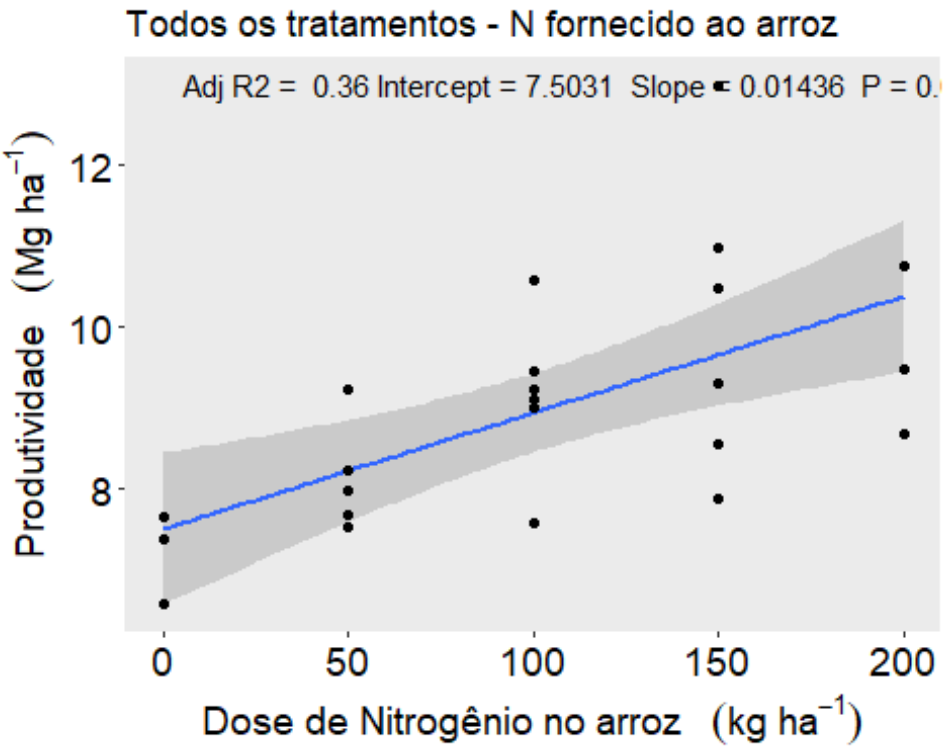
```
##
##  Pearson's product-moment correlation
##
## data:  arroz$Dose_Ver and arroz$Produtividade
## t = 3.722, df = 22, p-value = 0.001185
## alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
##  0.2912264 0.8195036
## sample estimates:
##       cor
## 0.6215979
```

#todos os dados, adubação de sistema e adicional no arroz

```
#Produtividade do arroz
#Testando modelos lineares e quadráticos.
modelolineardados <- lm(Produtividade ~ Dose_Ver, data = arroz)
summary(modelolineardados)
```

```
##
## Call:
## lm(formula = Produtividade ~ Dose_Ver, data = arroz)
##
## Residuals:
##     Min      1Q  Median      3Q     Max
## -1.7822 -0.7359  0.0103  0.4132  3.3274
##
## Coefficients:
##             Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept) 7.503108   0.452518  16.581 6.44e-14 ***
## Dose_Ver    0.014363   0.003859   3.722  0.00119 **
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 1.158 on 22 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.3864, Adjusted R-squared:  0.3585
## F-statistic: 13.85 on 1 and 22 DF,  p-value: 0.001185
```

```
plot(Produtividade ~ Dose_Ver, data = arroz)
abline(modelolineardados, col='blue')
```

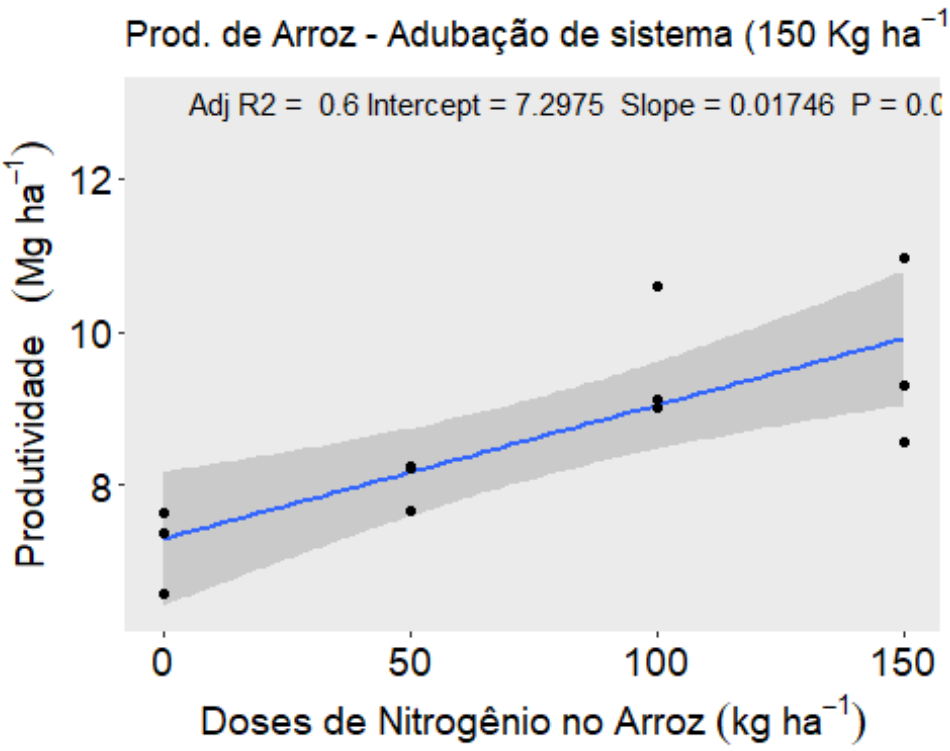


#Analisando apenas os tratamentos em que receberam doses alternadas na fase de pastagem, ou seja, adubação de sistema. Também foi testado regressões de segunda e terceira ordem, mas estas não foram significativas. #Por isso, foi mantido o modelo linear.

```
modelolineardados2<- lm(Produtividade ~ Dose_Ver, data = adub_sistema)
summary(modelolineardados2)
```

```
##
## Call:
## lm(formula = Produtividade ~ Dose_Ver, data = adub_sistema)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -1.35726 -0.52650  0.06103  0.15319  1.54528
##
## Coefficients:
##             Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept) 7.297502   0.392600   18.59 4.39e-09 ***
## Dose_Ver    0.017461   0.004197    4.16  0.00195 **
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.8128 on 10 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.6338, Adjusted R-squared:  0.5972
## F-statistic: 17.31 on 1 and 10 DF,  p-value: 0.001948
```

```
plot(Produtividade ~ Dose_Ver, data = adub_sistema)
abline(modelolineardados2, col='blue')
```

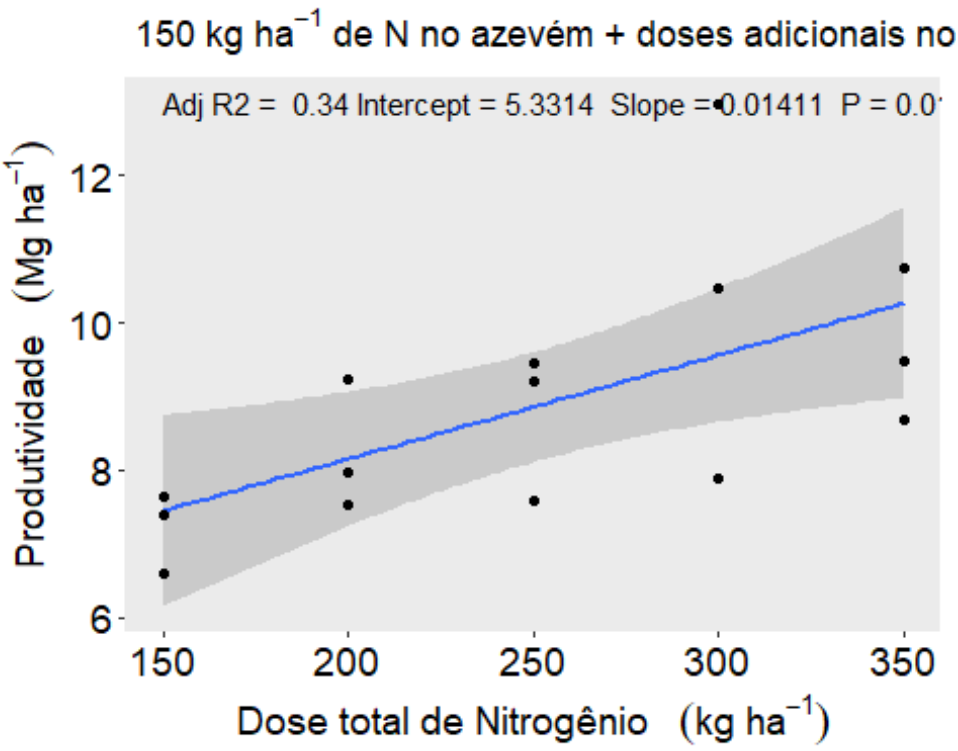


#Analisando a adubação adicional no arroz irrigado, com 150 kg/ha de N no azevem e mais doses adicionais no arroz

```
modelolineardados4 <- lm(Produtividade ~ Dose_Ver, data = adub_sistema
_ad)
summary(modelolineardados4)

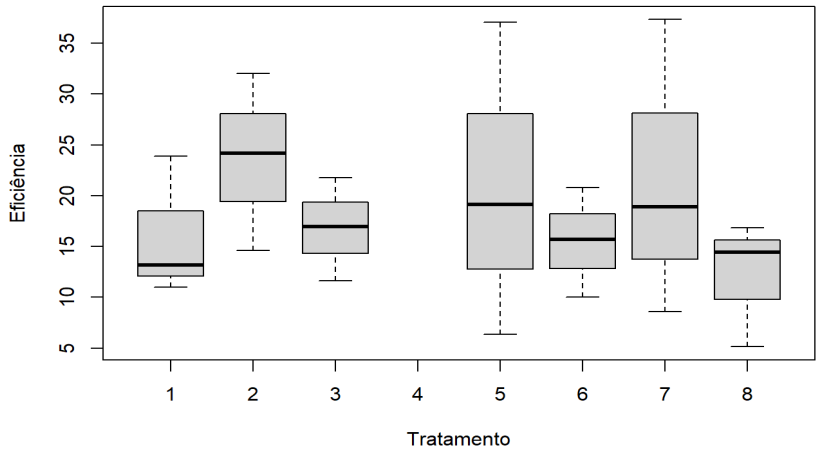
##
## Call:
## lm(formula = Produtividade ~ Dose_Ver, data = adub_sistema_ad)
##
## Residuals:
##     Min      1Q  Median      3Q     Max
## -1.6887 -0.8305 -0.0630  0.5431  3.4209
##
## Coefficients:
##             Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept) 7.447757   0.598561  12.443 1.35e-08 ***
## Dose_Ver    0.014109   0.004887   2.887   0.0127 *
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 1.338 on 13 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.3907, Adjusted R-squared:  0.3438
## F-statistic: 8.334 on 1 and 13 DF,  p-value: 0.01272

plot(Produtividade ~ Dose_Ver, data = adub_sistema_ad)
abline(modelolineardados4, col='blue')
```



Eficiência

Sistema	Tratamento	n	min	max	mean
	sd	se			
Com Pastejo		1	3	11.03	23.87
	16.02	6.88	3.97		
Com Pastejo		2	3	14.64	32.04
	23.62	8.71	5.03		
Com Pastejo		3	3	11.61	21.76
	16.79	5.08	2.93		
Com Pastejo		5	3	6.38	37.07
	20.86	15.42	8.90		
Com Pastejo		6	3	10.02	20.77
	15.50	5.38	3.10		
Com Pastejo		7	3	8.60	37.34
	21.61	14.56	8.40		
Com Pastejo		8	3	5.15	16.84
	12.14	6.17	3.56		




```
ummary(modelo1<-aov(Eficiência~Tratamento + Bloco, data=arroz)) # BAC
```

```
##             Df Sum Sq Mean Sq F value  Pr(>F)
## Tratamento   6  296.2    49.4   1.086 0.42341
## Bloco        2  785.8   392.9   8.641 0.00474 **
## Residuals   12  545.7    45.5
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Teste de Tukey

```
arroz9T <- HSD.test(arroz9, "Tratamento", console = T, alpha = 0.05)
##
## Study: arroz9 ~ "Tratamento"
##
## HSD Test for Eficiência
##
## Mean Square Error:  45.47246
##
## Tratamento,  means
##
##   Eficiência      std r       Min      Max
## 1   16.01879  6.881700 3 11.026158 23.86889
## 2   23.61570  8.713588 3 14.640578 32.04179
## 3   16.78660  5.077084 3 11.613046 21.76137
## 5   20.85786 15.419681 3  6.376351 37.06973
```

```
## 6   15.49804  5.377050 3 10.023403 20.77188
## 7   21.61371 14.557116 3  8.601434 37.33506
## 8   12.13844  6.173208 3  5.147370 16.83904
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 12
## Critical Value of Studentized Range: 4.949594
##
## Minimun Significant Difference: 19.27006
##
## Treatments with the same letter are not significantly different.
##
##   Eficiência groups
## 2   23.61570      a
## 7   21.61371      a
## 5   20.85786      a
## 3   16.78660      a
## 1   16.01879      a
## 6   15.49804      a
## 8   12.13844      a
```

#Correlação de pearson

```
cor.test(arroz$Dose_Ver,arroz$Eficiência,method="pearson", alternative
="two.sided")
```

```
##
##  Pearson's product-moment correlation
##
## data:  arroz$Dose_Ver and arroz$Eficiência
## t = -0.83078, df = 19, p-value = 0.4164
## alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
##  -0.5726298  0.2659579
## sample estimates:
##        cor
## -0.1872242
```

Componentes de rendimento Arroz sistemas 1 e 2, safra 2019/2020

Marcelo Ferreira Ely

```
###Estatística Descritiva
summary(arroz)

##       Sistema   Bloco    Tratamento     Dose_N          PMG
##  Pastejado:24   1:13   4      :6    Min.   :  0   Min.   :23.50
##  Pousio   :15   2:13   5      :6    1st Qu.: 50   1st Qu.:25.05
##                 3:13   6      :6    Median :100   Median :25.50
##                        7      :6    Mean   :100   Mean   :25.70
##                        8      :6    3rd Qu.:150   3rd Qu.:26.40
##                        1      :3    Max.   :200   Max.   :29.40
##                        (Other):6
##   Esterelidade   Graos_Panícula   Estande_plantas    Panículas
##  Min.   : 7.53   Min.   : 74.14   Min.   : 61.74   Min.   :436.1
##  1st Qu.:13.70   1st Qu.: 95.33   1st Qu.:104.37   1st Qu.:577.2
##  Median :15.60   Median :105.78   Median :127.40   Median :652.7
##  Mean   :16.94   Mean   :110.14   Mean   :130.34   Mean   :654.0
##  3rd Qu.:19.15   3rd Qu.:124.38   3rd Qu.:157.29   3rd Qu.:745.8
##  Max.   :29.87   Max.   :167.18   Max.   :219.52   Max.   :882.0
##
##    Perfilhos
##  Min.   : 2.445
##  1st Qu.: 3.805
##  Median : 4.904
##  Mean   : 5.489
##  3rd Qu.: 6.928
##  Max.   :10.127
##

Peso de Mil grãos
```

Tratamento	Dose_N	n	min	max	mean	sd	se
1	150	3	23.5	25.4	24.63	1.00	0.58
2	100	3	24.4	26.3	25.27	0.96	0.55
3	50	3	25.2	26.0	25.67	0.42	0.24
4	0	3	25.1	26.4	25.53	0.75	0.43
5	50	3	24.5	25.7	25.20	0.62	0.36
6	100	3	25.0	26.4	25.63	0.71	0.41
7	150	3	24.7	25.7	25.27	0.51	0.30
8	200	3	24.3	26.8	25.23	1.37	0.79

```
##             Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Tratamento   7  2.283  0.3261   0.409  0.881
```

```
## Bloco        2  0.206  0.1029   0.129  0.880
## Residuals   14 11.161  0.7972
```

```
#Teste de Tukey a 10% de significância
arrozTS2PMG <- HSD.test(arroz_s2PMG, "Tratamento", console = T, alpha
= 0.1)
```

```
##
## Study: arroz_s2PMG ~ "Tratamento"
##
## HSD Test for PMG
##
## Mean Square Error:  0.7972024
##
## Tratamento,  means
##
##        PMG       std r  Min  Max
## 1 24.63333 1.0016653 3 23.5 25.4
## 2 25.26667 0.9609024 3 24.4 26.3
## 3 25.66667 0.4163332 3 25.2 26.0
## 4 25.53333 0.7505553 3 25.1 26.4
## 5 25.20000 0.6244998 3 24.5 25.7
## 6 25.63333 0.7094599 3 25.0 26.4
## 7 25.26667 0.5131601 3 24.7 25.7
## 8 25.23333 1.3650397 3 24.3 26.8
##
## Alpha: 0.1 ; DF Error: 14
## Critical Value of Studentized Range: 4.424116
##
## Minimun Significant Difference: 2.280605
##
## Treatments with the same letter are not significantly different.
##
##        PMG groups
## 3 25.66667      a
## 6 25.63333      a
## 4 25.53333      a
## 2 25.26667      a
## 7 25.26667      a
## 8 25.23333      a
## 5 25.20000      a
## 1 24.63333      a
```

Tratamento	Dose_N	n	min	max	mean	sd	se
1	150	3	13.64	16.70	14.88	1.61	0.93
2	100	3	13.76	15.60	14.54	0.95	0.55
3	50	3	14.90	18.76	16.29	2.14	1.24
4	0	3	18.02	26.79	22.52	4.39	2.53
5	50	3	14.08	29.87	19.83	8.72	5.04
6	100	3	17.10	20.27	19.20	1.82	1.05
7	150	3	19.38	27.96	24.51	4.53	2.61

8 200 3 13.21 19.20 16.21 2.99 1.73

##6.3.2-Siste ma

```
#Ajustando o modelo para produtividade do arroz do sistema 2 - Pasteja
do - todos os tratamentos
arroz_s2E <- aov(Esterelidade~Tratamento + Bloco, data=Sistema2)
summary(arroz_s2E)
```

```
##             Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Tratamento   7  280.2   40.03   3.283 0.0278 *
## Bloco        2  101.7   50.85   4.170 0.0380 *
## Residuals   14  170.7   12.20
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
cv.model(arroz_s2E)
```

```
## [1] 18.87949
```

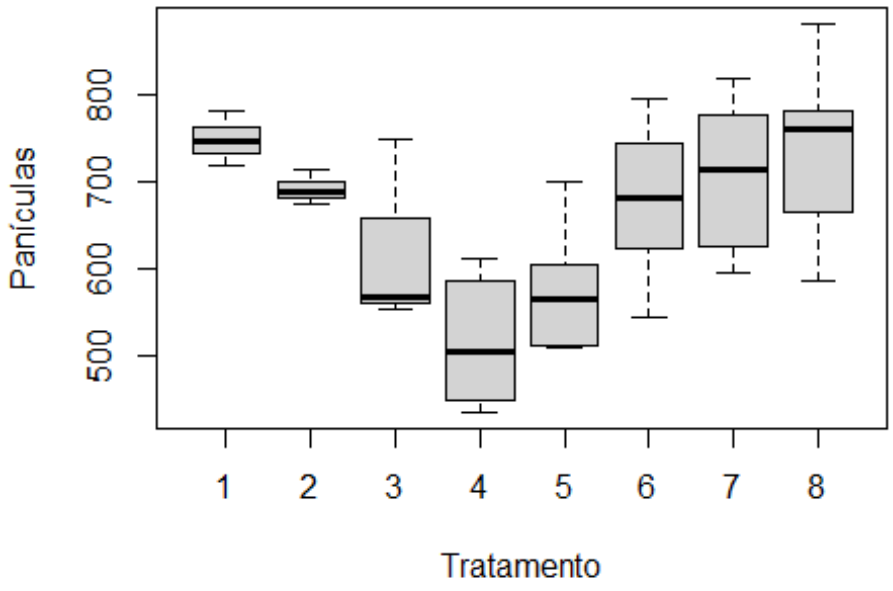
```
#Teste de Tukey a 5% de significância
arrozTS2E <- HSD.test(arroz_s2E, "Tratamento", console = T, alpha = 0.
05)
```

```
## Study: arroz_s2E ~ "Tratamento"
##
## HSD Test for Esterelidade
##
## Mean Square Error:  12.19512
## Tratamento,  means
##   Esterelidade       std r      Min      Max
## 1     14.88279 1.6053932 3 13.64466 16.69666
## 2     14.53841 0.9520542 3 13.75697 15.59877
## 3     16.28823 2.1437830 3 14.89969 18.75726
## 4     22.52217 4.3859918 3 18.02499 26.78781
## 5     19.82682 8.7247082 3 14.07519 29.86571
## 6     19.19915 1.8201614 3 17.09752 20.26871
## 7     24.50675 4.5279893 3 19.38101 27.96281
## 8     16.21219 2.9939096 3 13.21292 19.20071
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 14
## Critical Value of Studentized Range: 4.990292
##
## Minimun Significant Difference: 10.0614
##
## Treatments with the same letter are not significantly different.
##
##   Esterelidade groups
## 7     24.50675      a
## 4     22.52217      a
## 5     19.82682      a
## 6     19.19915      a
## 3     16.28823      a
## 8     16.21219      a
## 1     14.88279      a
## 2     14.53841      a
```

Panículas por metro quadrado

Tratamento	Dose_N	n	min	max	mean	sd	se
1	150	3	719.32	782.04	749.37	31.44	18.15
2	100	3	674.24	715.40	692.53	20.96	12.10
3	50	3	554.68	748.72	623.93	108.29	62.52
4	0	3	448.84	586.04	520.05	68.75	39.69
5	50	3	509.60	605.64	548.15	50.75	29.30
6	100	3	623.28	795.76	721.28	88.61	51.16
7	150	3	625.24	819.28	740.88	102.24	59.03
8	200	3	586.04	782.04	702.99	103.35	59.67

##7.3.2-Siste ma



arroz_s2P

```
<- aov(Panículas~Tratamento + Bloco, data=Sistema2)
summary(arroz_s2P)

##             Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Tratamento   7 163625   23375   3.490 0.0222 *
## Bloco        2   5119    2560   0.382 0.6893
## Residuals   14  93764    6697
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

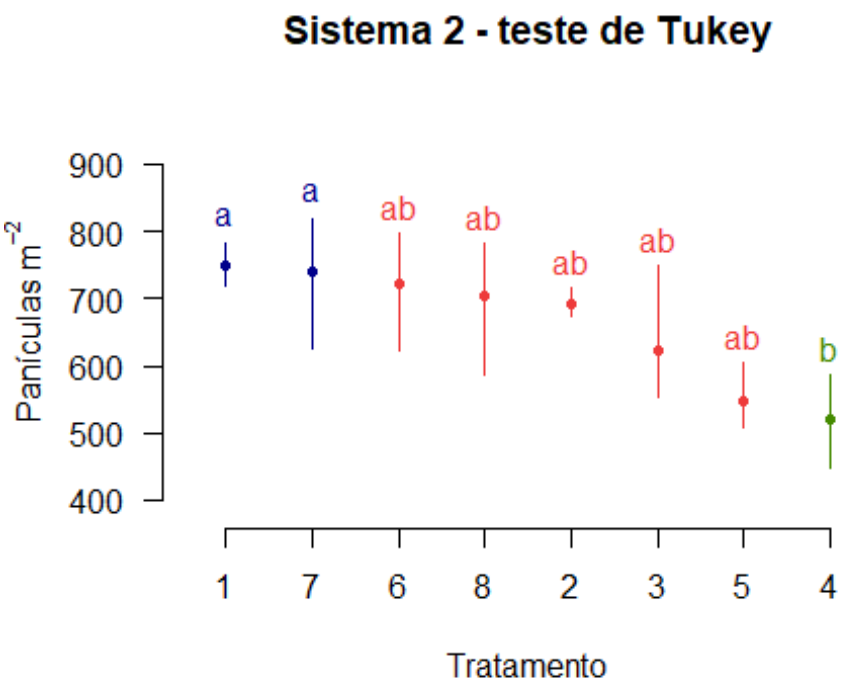
cv.model(arroz_s2P)

## [1] 12.35474
```

```r
#Teste de Tukey a 10% de significância
arrozTS2P <- HSD.test(arroz_s2P, "Tratamento", console = T, alpha = 0.
1)

##
## Study: arroz_s2P ~ "Tratamento"
##
## HSD Test for Panículas
##
## Mean Square Error:  6697.395
##
## Tratamento,  means
##
##   Panículas       std r    Min    Max
## 1  749.3733  31.44156 3 719.32 782.04
## 2  692.5333  20.95765 3 674.24 715.40
## 3  623.9333 108.28594 3 554.68 748.72
## 4  520.0533  68.74917 3 448.84 586.04
## 5  548.1467  50.74596 3 509.60 605.64
## 6  721.2800  88.61281 3 623.28 795.76
## 7  740.8800 102.23988 3 625.24 819.28
## 8  702.9867 103.34858 3 586.04 782.04
##
## Alpha: 0.1 ; DF Error: 14
## Critical Value of Studentized Range: 4.424116
##
## Minimun Significant Difference: 209.0349
##
## Treatments with the same letter are not significantly different.
##
##   Panículas groups
## 1  749.3733      a
## 7  740.8800      a
## 6  721.2800     ab
## 8  702.9867     ab
## 2  692.5333     ab
## 3  623.9333     ab
## 5  548.1467     ab
## 4  520.0533      b

par(mfrow = c(1,1))
plot.group(arrozTS2P, horiz = F, las = 1, main = "Sistema 2 - teste de
Tukey",xlab="Tratamento",ylab="Panículas" ~~ "m"^-2~"")
```



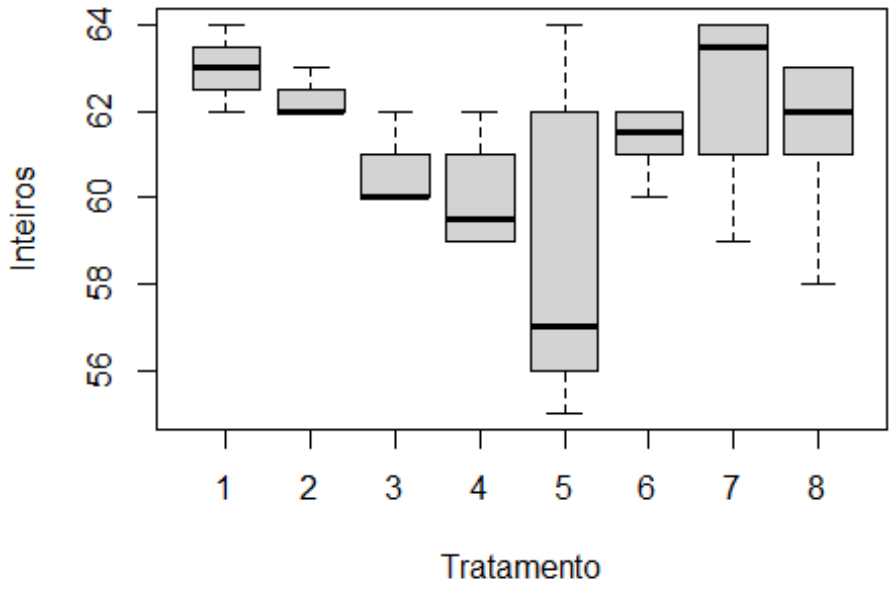
Renda de inteiros Arroz sistemas 2, safra 2019/2020

Marcelo Ferreira Ely

15/11/2020

Tratamento	Dose_N	n	min	max	mean	sd	se
1	150	3	62	64	63.00	1.00	0.58
2	100	3	62	63	62.33	0.58	0.33
3	50	3	60	62	60.67	1.15	0.67
4	0	3	59	62	60.33	1.53	0.88
5	50	3	55	64	60.33	4.73	2.73
6	100	3	61	62	61.67	0.58	0.33
7	150	3	59	64	61.33	2.52	1.45
8	200	3	58	62	60.33	2.08	1.20

Renda tota l




```
arroz_s2 <- aov(Inteiros~Tratamento + Bloco, data=Sistema2)
summary(arroz_s2)
```

```
##             Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Tratamento   7  21.83   3.119   0.583  0.759
## Bloco        2   1.75   0.875   0.164  0.851
## Residuals   14  74.92   5.351
```

```
cv.model(arroz_s2)
```

```
## [1] 3.776758
```

```
#Teste de Tukey
arrozTs2 <- HSD.test(arroz_s2, "Tratamento", console = T, alpha = 0.05
)
```

```
##
## Study: arroz_s2 ~ "Tratamento"
##
## HSD Test for Inteiros
##
## Mean Square Error:  5.35119
##
## Tratamento,  means
##
##   Inteiros       std r Min Max
## 1 63.00000 1.0000000 3  62  64
## 2 62.33333 0.5773503 3  62  63
## 3 60.66667 1.1547005 3  60  62
## 4 60.33333 1.5275252 3  59  62
## 5 60.33333 4.7258156 3  55  64
## 6 61.66667 0.5773503 3  61  62
```

```
## 7 61.33333 2.5166115 3  59  64
## 8 60.33333 2.0816660 3  58  62
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 14
## Critical Value of Studentized Range: 4.990292
##
## Minimun Significant Difference: 6.664852
##
## Treatments with the same letter are not significantly different.
##
##   Inteiros groups
## 1 63.00000      a
## 2 62.33333      a
## 6 61.66667      a
## 7 61.33333      a
## 3 60.66667      a
## 4 60.33333      a
## 5 60.33333      a
## 8 60.33333      a
```

```
par(mfrow = c(1,1))
plot.group(arrozTs2, horiz = F, las = 1, main = "Comparação tratamento
s Sistema 2- teste de Tukey",xlab="Tratamentos",ylab="Grãos Inteiros"~
"(%)")
```

Produtividade Arroz sistemas 1 e 2 - Parcelas adicionais, safra 2019/2020

#Análises preliminares. Há um incremento na produtividade de arroz com a aplicação de Nitrogênio na cultura do arroz irrigado, no entanto, a produtividade só aumenta até a dose de 150 kg de N por hectare no arroz (mesmo que com alguma variabilidade). Porém, verifica-se que há uma elevada variação entre as repetições, possivelmente devido ao bloqueamoento. Quando observamos os sistemas separados, percebe-se uma maior produtividade no sistema 2 (SIPAtb) em relação ao pousio (Sistema 1). #6- Tabela da análise estatística

Sistema	Dose_Ver	n	min	max	mean	sd	se
Pastejado	0	3	6.59	7.65	7.21	0.55	0.32
Pastejado	50	3	7.54	9.24	8.25	0.88	0.51
Pastejado	100	3	7.59	9.46	8.76	1.02	0.59
Pastejado	150	3	7.88	12.99	10.45	2.55	1.48
Pastejado	200	3	8.68	10.75	9.63	1.05	0.60
Pousio	0	3	5.55	6.65	6.05	0.56	0.32
Pousio	50	3	6.03	7.11	6.63	0.55	0.32

Pousio	100	3	5.86	10.74	8.79	2.59	1.49
Pousio	150	3	8.70	12.22	10.92	1.93	1.12
Pousio	200	3	8.76	11.21	10.33	1.36	0.78

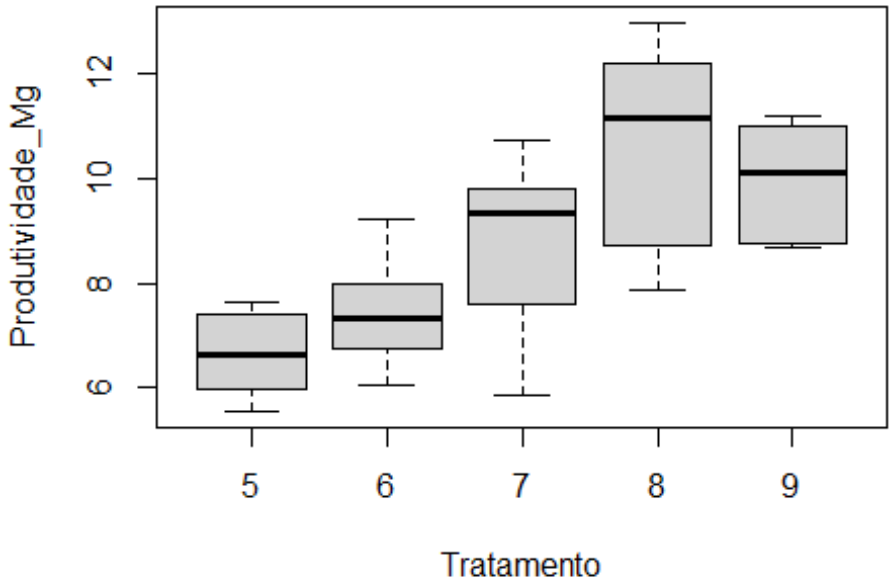
```r
#Estatística Descritiva
summary(arroz)
```

```
##       Sistema   Bloco  Tratamento    Dose_Inv      Dose_Ver   Produ
tividade_kg
##  Pastejado:15   1:10   5:6        Min.   :  0   Min.   :  0   Min.
: 5546
##  Pousio   :15   2:10   6:6        1st Qu.:  0   1st Qu.: 50   1st Q
u.: 7180
##                3:10   7:6        Median : 75   Median :100   Media
n : 8690
##                       8:6        Mean   : 75   Mean   :100   Mean
: 8703
##                       9:6        3rd Qu.:150   3rd Qu.:150   3rd Q
u.:10310
##                                  Max.   :150   Max.   :200   Max.
:12985
##  Produtividade_Mg
##  Min.   : 5.546
##  1st Qu.: 7.180
##  Median : 8.690
##  Mean   : 8.703
##  3rd Qu.:10.310
##  Max.   :12.985
```

```r
boxplot(Produtividade_Mg ~ Tratamento, data = arroz)
```

```r
summary(modelo2<-aov(Produtividade_Mg~Dose_Ver + Bloco, data=arroz)) #
BAC
```

```
##             Df Sum Sq Mean Sq F value   Pr(>F)
## Dose_Ver     1  59.35   59.35   25.48 2.96e-05 ***
## Bloco        2   1.12    0.56    0.24    0.788
## Residuals   26  60.55    2.33
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```




```
SplitPlot1 <- psub2.dbc(arroz$Sistema,
                        arroz$Dose_Ver,
                        arroz$Bloco,
                        arroz$Produtividade_Mg,
    quali = c(T,T),
    mcomp = "tukey",
    sigF = 0.05,
    sigT = 0.05,
    fac.names = c("Sistema", "Dose_Ver"))

## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Legenda:
## FATOR 1 (parcela):  Sistema
## FATOR 2 (subparcela):  Dose_Ver
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## $`Quadro da analise de variancia\n-------------------------------
-------------------------------------\n`
##                   GL      SQ QM      Fc Pr(>Fc)
## Sistema            1   0.731  3  0.0611  0.8279
## Bloco              2   1.120  2  0.0467  0.9554
## Erro a             2  23.960  6
## Dose_Ver           4  68.755  7 13.6079 5.1e-05 ***
## Sistema*Dose_Ver   4   6.240  5  1.2350  0.3355
## Erro b            16  20.210  4
## Total             29 121.017  1
## ---
```

```
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## CV 1 = 39.77219 %
## CV 2 = 12.91466 %
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Sistema
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##      Niveis   Medias
## 1 Pastejado 8.858669
## 2    Pousio 8.546369
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Dose_Ver
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Grupos Tratamentos Medias
## a     150     10.68642
## a     200     9.980445
## ab    100     8.774427
##  bc    50     7.440728
##   c    0   6.630572
## ------------------------------------------------------------------------
-----

SplitPlot1 <- psub2.dbc(arroz$Sistema,
                        arroz$Dose_Ver,
                        arroz$Bloco,
                        arroz$Produtividade_Mg,
    quali = c(T,F),
    mcomp = "tukey",
    sigF = 0.05,
    sigT = 0.05,
    fac.names = c("Sistema", "Dose_Ver"))

## ------------------------------------------------------------------------

-----

## Legenda:

## FATOR 1 (parcela):  Sistema

## FATOR 2 (subparcela):  Dose_Ver

## ------------------------------------------------------------------------

-----

##
```

```
## ------------------------------------------------------------------
-----
## $`Quadro da analise de variancia\n--------------------------------
--------------------------------------\n`
##                   GL      SQ QM      Fc Pr(>Fc)
## Sistema            1   0.731  3  0.0611  0.8279
## Bloco              2   1.120  2  0.0467  0.9554
## Erro a             2  23.960  6
## Dose_Ver           4  68.755  7 13.6079 5.1e-05 ***
## Sistema*Dose_Ver   4   6.240  5  1.2350  0.3355
## Erro b            16  20.210  4
## Total             29 121.017  1
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## ------------------------------------------------------------------
-----
## CV 1 = 39.77219 %
## CV 2 = 12.91466 %
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Sistema
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------
-----
##      Niveis   Medias
## 1 Pastejado 8.858669
## 2    Pousio 8.546369
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Dose_Ver
## Ajuste de modelos polinomiais de regressao
## ------------------------------------------------------------------
```

```
-----
##
## Modelo Linear
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
## ----------------------------------------
## b0   6.7134     0.3554    18.8893    0
## b1   0.0199     0.0029    6.8544     0
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo linear
## --------
## 0.863163
## --------
##
## Analise de variancia do modelo linear
## ======================================================
##                       GL   SQ      QM     Fc   valor.p
## ------------------------------------------------------
## Efeito linear         1  59.3471 59.3471 46.98    0
## Desvios de Regressao 3  9.4082  3.1361  2.48  0.09809
## Residuos              16 20.2104 1.2632
## ------------------------------------------------------
## ----------------------------------------------------------------------
-----
##
## Modelo quadratico
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
## ----------------------------------------
## b0   6.3629     0.4318    14.7351    0
## b1   0.0339     0.0102    3.3150  0.0044
## b2  -0.0001     0.00005   -1.4294 0.1721
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo quadratico
```

```
## --------
## 0.900700
## --------
##
## Analise de variancia do modelo quadratico
## ======================================================
##                       GL   SQ      QM     Fc   valor.p
## ------------------------------------------------------
## Efeito linear         1  59.3471 59.3471 46.98    0
## Efeito quadratico     1  2.5808  2.5808  2.04  0.17212
## Desvios de Regressao 2  6.8274  3.4137   2.7  0.09746
## Residuos              16 20.2104 1.2632
## ------------------------------------------------------
## ----------------------------------------------------------------------
-----
##
## Modelo cubico
## =======================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
## ---------------------------------------
## b0   6.6770     0.4555    14.6573    0
## b1  -0.0111     0.0232    -0.4796 0.6380
## b2   0.0006     0.0003    1.8966  0.0761
## b3 -0.000002       0      -2.1652 0.0458
## ---------------------------------------
##
## R2 do modelo cubico
## --------
## 0.986824
## --------
##
## Analise de variancia do modelo cubico
## ======================================================
##                       GL   SQ      QM     Fc   valor.p
## ------------------------------------------------------
## Efeito linear         1  59.3471 59.3471 46.98    0
```

```
## Efeito quadratico     1  2.5808  2.5808  2.04  0.17212
## Efeito cubico         1  5.9215  5.9215  4.69  0.04583
## Desvios de Regressao 1  0.9059  0.9059  0.72  0.40955
## Residuos             16 20.2104 1.2632
## ---------------------------------------------------
```

Renda de inteiros Arroz sistemas 1 e 2, safra 2019/2020

Marcelo Ferreira Ely

15/11/2020

##10.2-Sistema 1 e 2 - Apenas as parcelas adicionais ## - Qualitativo - parcelas sub divididas

```
SplitPlot1 <- psub2.dbc(Sistema1e2_ad$Sistema,
                        Sistema1e2_ad$Dose_N,
                        Sistema1e2_ad$Bloco,
                        Sistema1e2_ad$Inteiros,
    quali = c(T,T),
    mcomp = "tukey",
    sigF = 0.05,
    sigT = 0.05,
    fac.names = c("Sistema", "Dose_Ver"))
```

```
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Legenda:
## FATOR 1 (parcela):  Sistema
## FATOR 2 (subparcela):  Dose_Ver
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## $`Quadro da analise de variancia\n----------------------------------
--------------------------------------\n`
##                   GL      SQ QM      Fc Pr(>Fc)
## Sistema            1   0.033  2 0.01923 0.90241
## Bloco              2   0.267  3 0.07692 0.92857
## Erro a             2   3.467  4
## Dose_Ver           4  57.533  5 3.09874 0.04565 *
## Sistema*Dose_Ver   4  37.800  7 2.03591 0.13758
## Erro b            16  74.267  6
## Total             29 173.367  1
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## CV 1 = 2.166584 %
## CV 2 = 3.545452 %
##
```

```
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Sistema
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##      Niveis   Medias
## 1 Pastejado 60.80000
## 2    Pousio 60.73333
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Dose_Ver
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Grupos Tratamentos Medias
## a     150     62.5
## ab    200     61.5
## ab    100     61.33333
## ab    0   60
##  b    50      58.5
## ------------------------------------------------------------------------
-----
```

##10.3-Sistema 1 e 2 - com todos os tratamentos ##-Qualitativo - parcelas sub divididas

```
SplitPlot1 <- psub2.dbc(arroz$Sistema,
                        arroz$Dose_N,
                        arroz$Bloco,
                        arroz$Inteiros,
    quali = c(T,T),
    mcomp = "tukey",
    sigF = 0.05,
    sigT = 0.05,
    fac.names = c("Sistema", "Dose_Ver"))
```

```
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Legenda:
## FATOR 1 (parcela):  Sistema
## FATOR 2 (subparcela):  Dose_Ver
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## $`Quadro da analise de variancia\n------------------------------
-------------------------------------\n`
##                  GL      SQ QM     Fc  Pr(>Fc)
## Sistema           1   2.464  6 1.9886 0.293903
## Bloco             2   0.205  2 0.0828 0.923555
```

```
## Erro a            2   2.478  3
## Dose_Ver          4  64.307  5 4.6926 0.005794 **
## Sistema*Dose_Ver  4  42.793  4 3.1227 0.032602 *
## Erro b           25  85.650  7
## Total            38 197.897  1
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## CV 1 = 1.823303 %
## CV 2 = 3.031788 %
##
##
##
## Interacao significativa: desdobrando a interacao
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
## Desdobrando  Sistema  dentro de cada nivel de  Dose_Ver
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##                               GL          SQ          QM          F
c  valor.p
## Sistema : Dose_Ver 0     1.00000    0.666667    0.666667    0.22306
8 0.640511
## Sistema : Dose_Ver 50    1.00000 6208.166667 6208.166667 2077.26824
4        0
## Sistema : Dose_Ver 100   1.00000 5953.500000 5953.500000 1992.05613
5        0
## Sistema : Dose_Ver 150   1.00000 5520.666667 5520.666667 1847.22900
8        0
## Sistema : Dose_Ver 200   1.00000    8.166667    8.166667    2.73258
7 0.109916
## Erro combinado          26.96922   80.600780    2.988621
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
##
##  Sistema dentro de Dose_Ver 0
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##      Niveis   Medias
## 1 Pastejado 60.33333
## 2    Pousio 59.66667
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
##  Sistema dentro de Dose_Ver 50
## ------------------------------------------------------------------------
```

```
-----
## Teste de Tukey
## ----------------------------------------------------------------
-----
## Grupos Tratamentos Medias
## a     Pastejado   60.5
##  b    Pousio      56.66667
## ----------------------------------------------------------------
-----
##
##  Sistema dentro de Dose_Ver 100
## ----------------------------------------------------------------
-----
## Teste de Tukey
## ----------------------------------------------------------------
-----
## Grupos Tratamentos Medias
## a     Pastejado   62
## a     Pousio      61
## ----------------------------------------------------------------
-----
##
##  Sistema dentro de Dose_Ver 150
## ----------------------------------------------------------------
-----
## Teste de Tukey
## ----------------------------------------------------------------
-----
## Grupos Tratamentos Medias
## a     Pousio      63.66667
## a     Pastejado   62.16667
## ----------------------------------------------------------------
-----
##
##  Sistema dentro de Dose_Ver 200
## ----------------------------------------------------------------
-----
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ----------------------------------------------------------------
-----
##      Niveis   Medias
## 1 Pastejado 60.33333
## 2    Pousio 62.66667
## ----------------------------------------------------------------
-----
##
##
## Desdobrando  Dose_Ver  dentro de cada nivel de  Sistema
## ----------------------------------------------------------------
-----
##                                GL          SQ         QM          Fc
valor.p
## Dose_Ver : Sistema Pastejado   4 14208.00000 3552.00000 1036.777583
```

```
0
## Dose_Ver : Sistema Pousio      4    90.26667   22.56667    6.586885
0.000918
## Erro b                        25    85.65000    3.42600
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
##
##  Dose_Ver dentro de Sistema Pastejado
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Grupos Tratamentos Medias
## a     150     62.16667
## a     100     62
## a     50      60.5
## a     0   60.33333
## a     200     60.33333
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
##
##  Dose_Ver dentro de Sistema Pousio
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Grupos Tratamentos Medias
## a     150     63.66667
## a     200     62.66667
## ab    100     61
## ab    0   59.66667
##  b    50      56.66667
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## ------------------------------------------------------------------------
-----
```

##-Quantitativo

```
SplitPlot1 <- psub2.dbc(arroz$Sistema,
                        arroz$Dose_N,
                        arroz$Bloco,
                        arroz$Inteiros,
    quali = c(T,F),
    mcomp = "tukey",
    sigF = 0.05,
    sigT = 0.05,
    fac.names = c("Sistema", "Dose_Ver"))
```

```
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Legenda:
## FATOR 1 (parcela):  Sistema
## FATOR 2 (subparcela):  Dose_Ver
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
## ------------------------------------------------------------------
-----
## $`Quadro da analise de variancia\n--------------------------------
--------------------------------------\n`
##                   GL      SQ QM     Fc  Pr(>Fc)
## Sistema            1   2.464  6 1.9886 0.293903
## Bloco              2   0.205  2 0.0828 0.923555
## Erro a             2   2.478  3
## Dose_Ver           4  64.307  5 4.6926 0.005794 **
## Sistema*Dose_Ver   4  42.793  4 3.1227 0.032602 *
## Erro b            25  85.650  7
## Total             38 197.897  1
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## ------------------------------------------------------------------
-----
## CV 1 = 1.823303 %
## CV 2 = 3.031788 %
##
##
##
## Interacao significativa: desdobrando a interacao
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
## Desdobrando  Sistema  dentro de cada nivel de  Dose_Ver
## ------------------------------------------------------------------
-----
##                                GL          SQ          QM          F
c  valor.p
## Sistema : Dose_Ver 0     1.00000    0.666667    0.666667    0.22306
8 0.640511
## Sistema : Dose_Ver 50    1.00000 6208.166667 6208.166667 2077.26824
4        0
## Sistema : Dose_Ver 100   1.00000 5953.500000 5953.500000 1992.05613
5        0
## Sistema : Dose_Ver 150   1.00000 5520.666667 5520.666667 1847.22900
8        0
## Sistema : Dose_Ver 200   1.00000    8.166667    8.166667    2.73258
7 0.109916
## Erro combinado          26.96922   80.600780    2.988621
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
##
```

```
##  Sistema dentro de Dose_Ver 0
## ------------------------------------------------------------------
-----
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------
-----
##      Niveis   Medias
## 1 Pastejado 60.33333
## 2    Pousio 59.66667
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
##  Sistema dentro de Dose_Ver 50
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Grupos Tratamentos Medias
## a     Pastejado   60.5
##  b    Pousio      56.66667
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
##  Sistema dentro de Dose_Ver 100
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Grupos Tratamentos Medias
## a     Pastejado   62
## a     Pousio      61
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
##  Sistema dentro de Dose_Ver 150
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Grupos Tratamentos Medias
## a     Pousio      63.66667
## a     Pastejado   62.16667
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
##  Sistema dentro de Dose_Ver 200
## ------------------------------------------------------------------
-----
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
```

```
## ------------------------------------------------------------------
-----
##      Niveis   Medias
## 1 Pastejado 60.33333
## 2    Pousio 62.66667
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
##
## Desdobrando  Dose_Ver  dentro de cada nivel de  Sistema
## ------------------------------------------------------------------
-----
##                                GL          SQ         QM          Fc
valor.p
## Dose_Ver : Sistema Pastejado   4 14208.00000 3552.00000 1036.777583
0
## Dose_Ver : Sistema Pousio      4    90.26667   22.56667    6.586885
0.000918
## Erro b                         25    85.65000    3.42600
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
##
##  Dose_Ver dentro de Sistema Pastejado
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Ajuste de modelos polinomiais de regressao
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
## Modelo Linear
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
## ----------------------------------------
## b0  60.6944     0.7235    83.8929    0
## b1   0.0056     0.0062    0.9004  0.3765
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo linear
## --------
## 0.000196
## --------
##
## Analise de variancia do modelo linear
## ============================================================
##                       GL     SQ          QM       Fc   valor.p
## ------------------------------------------------------------
## Efeito linear         1    2.7778      2.7778    0.81  0.37648
## Desvios de Regressao 3  14,205.2200 4,735.0740 1382.1    0
## Residuos              25   85.6500     3.4260
## ------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
```

```
## Modelo quadratico
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
## ----------------------------------------
## b0  59.7222     0.9591    62.2666    0
## b1   0.0367     0.0211    1.7399  0.0942
## b2  -0.0002     0.0001    -1.5439 0.1352
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo quadratico
## --------
## 0.000770
## --------
##
## Analise de variancia do modelo quadratico
## ================================================================
##                       GL     SQ          QM       Fc    valor.p
## ----------------------------------------------------------------
## Efeito linear         1    2.7778      2.7778    0.81   0.37648
## Efeito quadratico     1    8.1667      8.1667    2.38   0.13517
## Desvios de Regressao 2  14,197.0600 7,098.5280 2071.96    0
## Residuos              25   85.6500     3.4260
## ----------------------------------------------------------------
## ----------------------------------------------------------------------
-----
##
## Modelo cubico
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
## ----------------------------------------
## b0  60.2778     1.0537    57.2060    0
## b1  -0.0133     0.0446    -0.2992 0.7673
## b2   0.0005     0.0005    0.9587  0.3469
## b3 -0.000002       0      -1.2734 0.2146
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo cubico
## --------
## 0.001161
## --------
##
## Analise de variancia do modelo cubico
## ================================================================
##                       GL     SQ          QM        Fc    valor.p
## ----------------------------------------------------------------
## Efeito linear         1    2.7778      2.7778     0.81   0.37648
## Efeito quadratico     1    8.1667      8.1667     2.38   0.13517
## Efeito cubico         1    5.5556      5.5556     1.62   0.21458
## Desvios de Regressao 1  14,191.5000 14,191.5000 4142.29    0
## Residuos              25   85.6500     3.4260
## ----------------------------------------------------------------
## ----------------------------------------------------------------------
-----
##
```

```
##  Dose_Ver dentro de Sistema Pousio
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Ajuste de modelos polinomiais de regressao
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
## Modelo Linear
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
## ----------------------------------------
## b0  58.1333     0.8278    70.2290    0
## b1   0.0260     0.0068    3.8469  0.0007
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo linear
## --------
## 0.561669
## --------
##
## Analise de variancia do modelo linear
## ================================================
##                      GL   SQ      QM     Fc  valor.p
## ------------------------------------------------
## Efeito linear        1  50.7000 50.7000 14.8 0.00073
## Desvios de Regressao 3  39.5667 13.1889 3.85 0.02154
## Residuos             25 85.6500 3.4260
## ------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
## Modelo quadratico
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
## ----------------------------------------
## b0  58.4667     1.0057    58.1338    0
## b1   0.0127     0.0238    0.5316  0.5997
## b2   0.0001     0.0001    0.5836  0.5648
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo quadratico
## --------
## 0.574594
## --------
##
## Analise de variancia do modelo quadratico
## ================================================
##                      GL   SQ      QM     Fc  valor.p
## ------------------------------------------------
## Efeito linear        1  50.7000 50.7000 14.8 0.00073
## Efeito quadratico    1  1.1667  1.1667  0.34 0.56475
## Desvios de Regressao 2  38.4000 19.2000 5.6  0.00975
## Residuos             25 85.6500 3.4260
## ------------------------------------------------
```

```
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
## Modelo cubico
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
## ----------------------------------------
## b0  59.5667     1.0610    56.1429    0
## b1  -0.1450     0.0540    -2.6862 0.0127
## b2   0.0023     0.0007    3.3068  0.0029
## b3  -0.00001       0      -3.2551 0.0032
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo cubico
## --------
## 0.976736
## --------
##
## Analise de variancia do modelo cubico
## ====================================================
##                      GL   SQ      QM     Fc  valor.p
## ----------------------------------------------------
## Efeito linear        1  50.7000 50.7000 14.8 0.00073
## Efeito quadratico    1  1.1667  1.1667  0.34 0.56475
## Efeito cubico        1  36.3000 36.3000 10.6 0.00325
## Desvios de Regressao 1  2.1000  2.1000  0.61 0.44103
## Residuos             25 85.6500 3.4260
## ----------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------
-----
```

#13-Correlação de pearson

```
cor.test(arroz$Dose_N,arroz$Inteiros,method="pearson", alternative="tw
o.sided")
```

```
##
##  Pearson's product-moment correlation
##
## data:  arroz$Dose_N and arroz$Inteiros
## t = 2.8868, df = 37, p-value = 0.006462
## alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
##  0.1309471 0.6555813
## sample estimates:
##       cor
## 0.4287499
```

Correlação não significativa, analizar os fatores como qualitativo.

Componentes de rendimento Arroz sistemas 1 e 2, safra 2019/2020

```
SplitPlot1 <- psub2.dbc(arroz$Sistema,
                        arroz$Dose_N,
                        arroz$Bloco,
                        arroz$PMG,
    quali = c(T,T),
    mcomp = "tukey",
    sigF = 0.05,
    sigT = 0.05,
    fac.names = c("Sistema", "Dose_Ver"))
```

```
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Legenda:
## FATOR 1 (parcela):  Sistema
## FATOR 2 (subparcela):  Dose_Ver
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## $`Quadro da analise de variancia\n--------------------------------
---------------------------------------\n`
##                   GL     SQ QM     Fc Pr(>Fc)
## Sistema            1  9.651  7 5.0006  0.1548
## Bloco              2  1.791  2 0.4641  0.6830
## Erro a             2  3.860  6
## Dose_Ver           4  4.480  4 1.0725  0.3910
## Sistema*Dose_Ver   4  5.703  5 1.3653  0.2742
## Erro b            25 26.105  3
## Total             38 51.590  1
##
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## CV 1 = 5.406079 %
## CV 2 = 3.976548 %
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Sistema
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##      Niveis   Medias
## 1 Pastejado 25.30417
## 2    Pousio 26.32667
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Dose_Ver
```

```
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------
-----
##   Niveis   Medias
## 1      0 25.36667
## 2    100 25.81111
## 3    150 25.43333
## 4    200 25.58333
## 5     50 26.14444
## ------------------------------------------------------------------
-----

SplitPlot1 <- psub2.dbc(Sistema1e2_ad$Sistema,
                        Sistema1e2_ad$Dose_N,
                        Sistema1e2_ad$Bloco,
                        Sistema1e2_ad$Esterelidade,
    quali = c(T,T),
    mcomp = "tukey",
    sigF = 0.05,
    sigT = 0.05,
    fac.names = c("Sistema", "Dose_Ver"))

## ------------------------------------------------------------------
-----
## Legenda:
## FATOR 1 (parcela):  Sistema
## FATOR 2 (subparcela):  Dose_Ver
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
## ------------------------------------------------------------------
-----
## $`Quadro da analise de variancia\n--------------------------------
---------------------------------------\n`
##                   GL     SQ QM     Fc Pr(>Fc)
## Sistema            1 269.60  5 34.556 0.02774 *
## Bloco              2 176.55  7 11.314 0.08121 .
## Erro a             2  15.60  6
## Dose_Ver           4  60.94  3  1.029 0.42261
## Sistema*Dose_Ver   4  93.37  4  1.576 0.22872
## Erro b            16 236.99  2
## Total             29 853.05  1
## ---
```

```
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## CV 1 = 16.00163 %
## CV 2 = 22.04817 %
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Sistema
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Grupos Tratamentos Medias
## a     Pastejado   20.45342
##  b    Pousio      14.45786
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
## Dose_Ver
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##   Niveis   Medias
## 1      0 18.35677
## 2    100 16.13025
## 3    150 19.83520
## 4    200 16.56153
## 5     50 16.39444
## ------------------------------------------------------------------------
---
SplitPlot1 <- psub2.dbc(Sistema1e2_ad$Sistema,
                        Sistema1e2_ad$Dose_N,
                        Sistema1e2_ad$Bloco,
                        Sistema1e2_ad$Panículas,
```

```
    quali = c(T,T),
    mcomp = "tukey",
    sigF = 0.05,
    sigT = 0.05,
    fac.names = c("Sistema", "Dose_Ver"))

## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Legenda:
## FATOR 1 (parcela):  Sistema
## FATOR 2 (subparcela):  Dose_Ver
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## $`Quadro da analise de variancia\n------------------------------
--------------------------------------\n`
##                   GL     SQ QM      Fc  Pr(>Fc)
## Sistema            1    289  3  0.0086 0.934566
## Bloco              2  22827  2  0.3397 0.746411
## Erro a             2  67190  4
## Dose_Ver           4 212688  6 11.3954 0.000144 ***
## Sistema*Dose_Ver   4  30390  7  1.6282 0.215733
## Erro b            16  74658  5
## Total             29 408042  1
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## CV 1 = 28.4802 %
## CV 2 = 10.61412 %
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Sistema
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##      Niveis   Medias
## 1 Pastejado 646.6693
## 2    Pousio 640.4627
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Dose_Ver
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Grupos Tratamentos Medias
## a     200     739.7367
## a     150     707.7233
```

```
## ab    100     678.3233
##  bc   50      576.4033
##   c   0   515.6433
## ---------------------------------------------------------------------
-----
```

7.7-Correlação de pearson

```
cor.test(arroz$Dose_N,arroz$Panículas,method="pearson", alternative="t
wo.sided")

##
##  Pearson's product-moment correlation
##
## data:  arroz$Dose_N and arroz$Panículas
## t = 5.8041, df = 37, p-value = 1.157e-06
## alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
##  0.4792030 0.8259544
## sample estimates:
##       cor
## 0.6903425
```

Correlação altamente significativa, Valor de P < 0,05. Analizar os fatores como quantitativo.

```
SplitPlot1 <- psub2.dbc(Sistema1e2_ad$Sistema,
                        Sistema1e2_ad$Dose_N,
                        Sistema1e2_ad$Bloco,
                        Sistema1e2_ad$Panículas,
    quali = c(T,F),
    mcomp = "tukey",
    sigF = 0.05,
    sigT = 0.05,
    fac.names = c("Sistema", "Dose_Ver"))
```

```
## ---------------------------------------------------------------------
-----
## Legenda:
## FATOR 1 (parcela):  Sistema
## FATOR 2 (subparcela):  Dose_Ver
## ---------------------------------------------------------------------
-----
##
## ---------------------------------------------------------------------
-----
## $`Quadro da analise de variancia\n----------------------------------
--------------------------------------\n`
##                  GL     SQ QM      Fc  Pr(>Fc)
```

```
## Sistema           1    289  3  0.0086 0.934566
## Bloco             2  22827  2  0.3397 0.746411
## Erro a            2  67190  4
## Dose_Ver          4 212688  6 11.3954 0.000144 ***
## Sistema*Dose_Ver  4  30390  7  1.6282 0.215733
## Erro b           16  74658  5
## Total            29 408042  1
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## ------------------------------------------------------------------
-----
## CV 1 = 28.4802 %
## CV 2 = 10.61412 %
##
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Sistema
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------
-----
##      Niveis   Medias
## 1 Pastejado 646.6693
## 2    Pousio 640.4627
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Dose_Ver
## Ajuste de modelos polinomiais de regressao
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
## Modelo Linear
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
```

```
## ----------------------------------------
## b0  527.6647    21.6012   24.4276    0
## b1   1.1590     0.1764    6.5714  0.00001
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo linear
## --------
## 0.947380
## --------
##
## Analise de variancia do modelo linear
## ================================================================
##                       GL      SQ           QM       Fc   valor.p
## ----------------------------------------------------------------
## Efeito linear         1  201,496.8000 201,496.8000 43.18  1e-05
## Desvios de Regressao 3  11,191.6100   3,730.5350   0.8  0.51211
## Residuos              16 74,657.6500   4,666.1030
## ----------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
## Modelo quadratico
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
## ----------------------------------------
## b0  509.0913    26.2451   19.3976    0
## b1   1.9019     0.6218    3.0588  0.0075
## b2  -0.0037     0.0030    -1.2460 0.2307
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo quadratico
## --------
## 0.981441
## --------
##
## Analise de variancia do modelo quadratico
```

```
## ============================================================
##                       GL      SQ           QM       Fc   valor.p
## ------------------------------------------------------------
## Efeito linear         1  201,496.8000 201,496.8000 43.18  1e-05
## Efeito quadratico     1   7,244.3430   7,244.3430  1.55  0.2307
## Desvios de Regressao  2   3,947.2620   1,973.6310  0.42  0.66221
## Residuos              16 74,657.6500   4,666.1030
## ------------------------------------------------------------
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##
## Modelo cubico
## ========================================
##    Estimativa Erro.padrao   tc    valor.p
## ----------------------------------------
## b0  512.9460    27.6871   18.5266    0
## b1   1.3494     1.4087    0.9580  0.3523
## b2   0.0040     0.0179    0.2233  0.8261
## b3  -0.00003    0.0001    -0.4371 0.6679
## ----------------------------------------
##
## R2 do modelo cubico
## --------
## 0.985633
## --------
##
## Analise de variancia do modelo cubico
## ============================================================
##                       GL      SQ           QM       Fc   valor.p
## ------------------------------------------------------------
## Efeito linear         1  201,496.8000 201,496.8000 43.18  1e-05
## Efeito quadratico     1   7,244.3430   7,244.3430  1.55  0.2307
## Efeito cubico         1    891.5073     891.5073   0.19  0.66788
## Desvios de Regressao  1   3,055.7550   3,055.7550  0.65  0.43024
## Residuos              16 74,657.6500   4,666.1030
## ------------------------------------------------------------
```

```
## ------------------------------------------------------------------
-----
SplitPlot1 <- psub2.dbc(Sistema1e2_ad$Sistema,
                        Sistema1e2_ad$Dose_N,
                        Sistema1e2_ad$Bloco,
                        Sistema1e2_ad$Graos_Panícula,
    quali = c(T,T),
    mcomp = "tukey",
    sigF = 0.05,
    sigT = 0.05,
    fac.names = c("Sistema", "Dose_Ver"))
## ------------------------------------------------------------------
-----
## Legenda:
## FATOR 1 (parcela):  Sistema
## FATOR 2 (subparcela):  Dose_Ver
## ------------------------------------------------------------------
-----
##
## ------------------------------------------------------------------
-----
## $`Quadro da analise de variancia\n--------------------------------
---------------------------------------\n`
##                   GL      SQ QM     Fc Pr(>Fc)
## Sistema            1  1200.3  2 3.2277 0.21424
## Bloco              2  1484.6  7 1.9961 0.33376
## Erro a             2   743.7  5
## Dose_Ver           4  6839.6  3 3.6677 0.02647 *
## Sistema*Dose_Ver   4    99.2  4 0.0532 0.99417
## Erro b            16  7459.3  6
## Total             29 17826.7  1
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## ------------------------------------------------------------------
-----
## CV 1 = 17.0936 %
## CV 2 = 19.13961 %
##
```

```
## Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Sistema
## De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente
iguais.
## ------------------------------------------------------------------------
-----
##      Niveis   Medias
## 1 Pastejado 119.1376
## 2    Pousio 106.4871
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Dose_Ver
## Teste de Tukey
## ------------------------------------------------------------------------
-----
## Grupos Tratamentos Medias
## a     200     131.3624
## ab    150     129.4475
## ab    0   105.3759
## ab    100     105.215
##  b    50      92.66085
```
