

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA DE
PRECISÃO**

**PRODUTIVIDADE DE ARROZ IRRIGADO EM
FUNÇÃO DO NÚMERO DE OPERAÇÕES
MECANIZADAS DE NIVELAMENTO DE SOLO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Cleiton José Ramão

Santa Maria, RS, Brasil

2016

**PRODUTIVIDADE DE ARROZ IRRIGADO EM FUNÇÃO DO
NÚMERO DE OPERAÇÕES MECANIZADAS DE
NIVELAMENTO DE SOLO**

Cleiton José Ramão

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão do Colégio Politécnico da universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Agricultura de Precisão**

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Russini

Santa Maria, RS, Brasil

2016

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

Ramão, Cleiton José
Produtividade de arroz irrigado em função do número de operações mecanizadas de nivelamento de solo / Cleiton José Ramão.-2016.
45 f.; 30cm

Orientador: Alexandre Russini
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, RS, 2016

1. Agricultura de precisão 2. Oryza sativa 3. Preparo de solo I. Russini, Alexandre II. Título.

© 2016

Todos os direitos autorais reservados a Cleiton José Ramão. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: cleitonramao80@hotmail.com

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM
MESTRADO PROFISSIONAL EM AGRICULTURA DE PRECISÃO

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

**PRODUTIVIDADE DE ARROZ IRRIGADO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE
OPERAÇÕES MECANIZADAS DE NIVELAMENTO DE SOLO**

Elaborado por
Cleiton José Ramão

Como requisito parcial para obtenção do título de
Mestre em Agricultura de Precisão.

COMISSÃO EXAMINADORA:

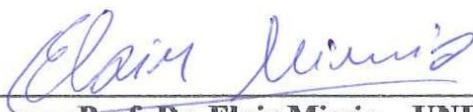


Prof. Dr. Alexandre Russini – UFSM

(Presidente/Orientador)



Prof. Dr. Elódio Sebem - UFSM



Prof. Dr. Eloir Missio – UNIPAMPA

Santa Maria, 11 de março de 2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e oportunidades concedidas em minha trajetória de vida.

Aos meus pais, Elvaniz e Cleci, pela educação, exemplo de vida, esforço e dedicação em meus estudos, desde o início. Como a meu irmão e familiares.

A minha esposa, Maria Fernanda, por estar sempre a meu lado, sempre apoiando e incentivando nessa caminhada de muito trabalho, estudo e viagens.

Ao meu orientador, professor Alexandre Russini, pelas oportunidades, ensinamentos e exemplo de motivação profissional.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Curso de Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão do Colégio Politécnico, pela oportunidade de realização do curso.

Aos professores do curso do Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão, pelos ensinamentos, amizade e carinho.

Ao professor Lúcio de Paula Amaral, pelo companheirismo e dedicação nos ensinamentos, com minha pessoa.

Aos professores Elódio Sebem e Eloir Missio por participarem da banca de mestrado.

A Danner Rambo Berguemaier e Kelly Veiverberg, pelo companheirismo e apoio na realização do meu trabalho.

Ao Grupo Pitangueira, pela área onde foi conduzido o experimento.

A todos os colegas da turma do mestrado, pela amizade, troca de experiências das diversas regiões do estado e do país.

Aos colegas e amigos da Casa Velha em Itaqui, pelo apoio, amizade e longos dias de coletas de dados a campo.

Ao Instituto Rio Grandense do Arroz, pelo apoio na realização desta mais esta conquista.

Muito obrigado.

*“Conhecimento não é aquilo que você sabe, mas
o que você faz com aquilo que você sabe.”*

Aldous Huxley (1894-1963)

RESUMO

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

PRODUTIVIDADE DE ARROZ IRRIGADO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE OPERAÇÕES MECANIZADAS DE NIVELAMENTO DE SOLO

AUTOR: CLEITON JOSÉ RAMÃO
ORIENTADOR: ALEXANDRE RUSSINI
Santa Maria, 11 de março de 2016.

O arroz é produzido em todos os estados brasileiros, sendo que a maior parte da produção nacional concentra-se nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Nesses estados predominam o sistema de cultivo convencional, mínimo e o sistema pré-germinado, ambos com diferentes alturas de lâmina de água. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi determinar a variabilidade na altura da lâmina de água de irrigação na lavoura de arroz e sua correlação com os componentes de rendimento da cultura em função do número de operações mecanizadas de nivelamento de solo. O experimento foi realizado no município de Itaqui /RS, em uma lavoura comercial de arroz irrigado, utilizando-se duas áreas (talhões), de 15 hectares no sistema de cultivo mínimo de solo. Em cada área foi realizado um número de operações de nivelamento de solo diferenciado, constituído de uma e duas operações de nivelamento (repetições), com auxílio de um conjunto mecanizado constituído de trator e plaina hidráulica. Para ambas as áreas, utilizou-se uma malha amostral (*grid*) de 1 hectare, para determinação dos seguintes atributos: atributos químicos de solo, população de plantas, altura média de lâmina de água, número de panículas, produtividade e rendimento de engenho. Os dados obtidos foram submetidos a análises estatísticas descritivas e de correlação pelo método de Pearson, ao nível de probabilidade de 5%. A partir dos resultados obtidos pode-se inferir que a produtividade de arroz irrigado e a altura média da lâmina de água não foram influenciadas pelo número de operações de nivelamento de solo nas condições em que o experimento foi realizado. A maior correlação observada com a produtividade, é o número de panículas por área, mas sem interferência significativa no rendimento final da cultura. O número de panículas é um fator a ser observado no momento da definição da densidade de semeadura da cultura, pois sofre influência direta da população de plantas. As correlações referentes aos atributos químicos de solo como o cálcio e magnésio, com a produtividade da cultura do arroz irrigado, demonstram a importância destes, para definição de áreas de manejo.

Palavras-chave: Agricultura de precisão. *Oryza sativa*. Preparo de solo.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Post-Graduation Program on Precision Agriculture
Santa Maria Federal University

IRRIGATED RICE PRODUCTIVITY IN FUNCTION OF SOIL LEVELING MECHANIZED OPERATIONS NUMBER

AUTHOR: CLEITON JOSÉ RAMÃO

ADVISOR: ALEXANDRE RUSSINI

Santa Maria, March 11th, 2016.

Rice is produced in all Brazilian states, and most of the national production is concentrated in the states of Rio Grande do Sul and Santa Catarina. In these states dominate the conventional cultivation system, minimum and pre-germinated system, both with different heights of water depth. In this sense, the objective of this study was to determine the variability in the time of irrigation water depth in the fields of rice and its correlation with yield components of culture in the number of mechanized land leveling operations. The experiment was conducted in the municipality of Itaqui / RS, in a commercial crop of rice, using two areas (plots) of 15 hectares in minimum soil tillage system. In each area was carried out a number of different ground leveling operations, consisting of one and two leveling operations (repetitions) with the aid of a mechanized group consisting of hydraulic tractor and plow. For both areas, we used a sampling grid (grid) of 1 hectare, for determining the following attributes: chemical soil properties, plant population, average height of water depth, number of panicles, productivity and milling yield. The data were submitted to descriptive statistical analysis and correlation by the method of Pearson, the probability level of 5%. From the results it can be inferred that the irrigated rice yield and the average height of water depth were not influenced by the number of ground-leveling operations in the conditions under which the experiment was conducted. The largest observed correlation with productivity, is the number of panicles per area, but without significant interference in the final crop yield. The number of panicles is a factor to be observed when defining the density of sowing of the crop, because suffer direct influence of plant population. Correlations regarding the chemical properties of soil such as calcium and magnesium, with the productivity of irrigated rice, demonstrate the importance of these, to define management areas.

Keywords: Precision agriculture. *Oryza sativa*. Soil preparation.

LISTA DE TABELAS

Artigo 1

Tabela 1 – Análise de correlação dos atributos de produção de arroz, com uma operação de nivelamento	20
Tabela 2 – Análise de correlação dos atributos de produção de arroz, com duas operações de nivelamento.....	22
Tabela 3 – Análise estatística dos fatores avaliados com uma e duas operações de nivelamento de solo	25
Tabela 4 – Análise estatística dos fatores avaliados com uma e duas operações de nivelamento de solo	25

Artigo 2

Tabela 1 – Parâmetros estatísticos dos atributos de produção de arroz irrigado	36
Tabela 2 – Correlação entre atributos de produção e produtividade de arroz irrigado	37
Tabela 3 – Parâmetros geoestatísticos dos principais atributos químicos de solo e produtivos de arroz irrigado	40

LISTA DE FIGURAS

Artigo 1

- Figura 1 – Croqui da área onde o experimento foi conduzido com seus respectivos pontos de coletas 19
- Figura 2 – Mapa de lâmina média de água (cm), população de plantas (m²), número de panículas (m²) e produtividade (kg/ha), para uma e duas operações de nivelamento.....24

Artigo 2

- Figura 1 – Croqui da área onde o experimento foi conduzido com seus respectivos pontos de coletas 35
- Figura 2 – Mapas com teores de cálcio, magnésio, matéria orgânica e produtividade da área estudada.....38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVO GERAL	14
2	1 Objetivo Específico	14
3	ARTIGO 1	15
	VARIABILIDADE NA PRODUTIVIDADE DE ARROZ IRRIGADO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE OPERAÇÕES MECANIZADAS DE NIVELAMENTO DE SOLO	15
3.1	Resumo	15
3.2	Abstract	16
3.3	Introdução	17
3.4	Material e Métodos	18
3.5	Resultados e discussão	20
3.6	Conclusões	27
3.7	Referências Bibliográficas	27
4	ARTIGO 2	30
	VARIABILIDADE DOS ATRIBUTOS DE PRODUÇÃO E SUA CORRELAÇÃO COM A PRODUTIVIDADE DE ARROZ IRRIGADO	30
4.1	Resumo	30
4.2	Abstract	31
4.3	Introdução	32
4.4	Material e Métodos	34
4.5	Resultados e Discussão	36
4.6	Conclusão	41
4.7	Referências Bibliográficas	41
5	CONCLUSÃO FINAL	44
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1 INTRODUÇÃO

O arroz por ser cultivado e consumido em todos os continentes, destaca-se pela elevada produção mundial e extensas áreas de cultivo. Cerca de 150 milhões de hectares são cultivados anualmente no mundo, onde mais de 75% desta produção é realizada por sistemas que envolvem irrigação. É considerada a cultura de maior importância em muitos países, principalmente na Ásia e Oceania, sendo que aproximadamente 90% de todo o arroz do mundo é produzido e consumido na Ásia. A América Latina ocupa o segundo lugar em produção, onde o Brasil encontra-se numa posição de destaque, como o maior produtor fora do continente Asiático (ALONSO, 2005).

O arroz (*Oriza sativa*) é um cereal de alto valor nutricional e exerce um papel fundamental na alimentação. No Brasil, o cultivo deste cereal é necessário para o abastecimento interno e o excedente é exportado. O estado do Rio Grande do Sul (RS) caracteriza-se por ser responsável por mais de 61% do que é produzido no Brasil, seguido por Santa Catarina (SC) com 9% (SOSBAI, 2014).

O Rio Grande do Sul, além da área plantada, destaca-se também pela produtividade alcançada, sendo a Fronteira Oeste, a região orizícola que possui mais alto potencial produtivo e de produção em função de fatores como clima e solo, favoráveis ao desenvolvimento da cultura. Esta região é responsável pela maior parte do arroz produzido e beneficiado no estado, destacando-se os municípios de Uruguaiana e Itaqui como os maiores produtores deste cereal. O município de Itaqui contabilizou na safra 2014/15 uma área semeada de 98.700 hectares com produtividade média de 7.586kg ha⁻¹, e Uruguaiana 108.941 hectares semeados com produtividade média de 8.905kg ha⁻¹. Estes valores correspondem a 18,5% da área semeada no estado do RS na safra agrícola 2014/15 (IRGA, 2015).

A cultura do arroz é dependente de irrigação, podendo-se encontrar vários métodos de irrigação na região subtropical do Brasil, porém o sistema de irrigação por inundação contínua ou permanente é o mais utilizado (GOMES et al., 2008). O cultivo do arroz irrigado por inundação se caracteriza por utilizar áreas com declividade baixa ou nula e solos com baixa condutividade hidráulica, onde permanecem saturados em períodos de maior ocorrência chuvas. A drenagem deficiente nessas áreas não está ligado apenas a topografia, mas também a ocorrência de um horizonte subsuperficial argiloso com baixa condutividade hidráulica, dificultando a percolação da água no perfil. Essas características de solo são desfavoráveis para a maioria das culturas, no entanto, é um fator favorável a implantação do arroz irrigado

por inundação, pois favorece a manutenção da lâmina de água em superfície e evita a lixiviação de nutrientes (SOSBAI, 2014).

Devido à diversidade de clima e solo em que o arroz irrigado é cultivado, não há uma recomendação ajustada para cada situação, porém, existem dois sistemas de cultivo principais, que são o plantio direto e o cultivo mínimo (ALONSO, 2005). No Rio Grande do Sul o que se destaca é o cultivo mínimo, adotado pela maioria dos agricultores, sendo que uma pequena parcela utiliza o sistema pré-germinado e convencional em função do elevado custo de produção. No cultivo mínimo a semeadura é realizada diretamente em solo seco, o qual, foi preparado com alguns meses de antecedência. Já o sistema pré-germinado, se caracteriza pela implantação da cultura com sementes já pré-germinadas, distribuídas a lanço em solo previamente inundado, diferente do sistema convencional onde, são realizadas inúmeras operações de preparo de solo concomitantemente com a semeadura em solo seco. Nos sistemas de cultivos citados, o manejo de irrigação pode ser de maneira contínua e intermitente, ou seja, a irrigação contínua se caracteriza por manter uma lâmina de água permanente dentro do talhão, sendo esse sistema o mais utilizado nas regiões produtoras do RS. Já a irrigação intermitente, consiste de uma lâmina de água repostada no talhão após intervalos de tempo pré determinados.

Ambos os sistemas de cultivo dependem de um preparo de solo inicial, seguido de um nivelamento mecanizado visando corrigir o micro relevo da área, para posterior entaipamento e plantio. Nas áreas onde são implantadas as lavouras de arroz irrigado, independente do sistema de preparo de solo adotado, torna-se necessário a realização do nivelamento de solo, de forma que favoreça a irrigação uniforme em todo o talhão. Em função das características do solo, água e topografia, usa-se duas modalidades de sistematização da lavoura de arroz, uma com nivelamento do solo em nível e outra com nivelamento superficial em desnível (SOSBAI, 2014). Nas lavouras orizícolas do estado do Rio Grande do Sul, ocorre quase que na totalidade a sistematização do terreno com nivelamento da superfície em desnível, utilizando conjuntos mecanizados constituído de tratores, plainas hidráulicas e entaipadoras. Esse nivelamento de solo, ocorre posterior a um revolvimento mínimo do solo com grade aradora ou grade niveladora, porém sabe-se que existe desuniformidade desta operação pela formação de um microrelevo irregular ao longo da área, o que ocasiona variabilidade na altura da lâmina de água, conseqüentemente variação no rendimento da cultura ao longo do talhão.

Dentre inúmeros trabalhos realizados na área de agricultura de precisão (AP), poucos são aqueles voltados às áreas orizícolas, sendo que normalmente trabalha-se com atributos de solo visando o manejo da fertilidade. Praticamente inexistem pesquisas buscando identificar a

variabilidade existente na lavoura oriunda das operações mecanizadas, principalmente no que diz respeito ao nivelamento e entaipamento, podendo estas terem interferência direta no rendimento da cultura.

Neste contexto, se torna fundamental unir às técnicas que envolvem a agricultura de precisão as operações mecanizadas de sistematização do solo nas lavouras de arroz irrigado, o que pode permitir que se tenha maior conhecimento da variabilidade espacial existente na lavoura de arroz irrigado, através da geração de mapas e correlações entre os componentes de rendimento da cultura com os atributos químicos e físicos, em diferentes sistemas de nivelamento mecanizado de solo.

Desta forma, as informações obtidas poderão auxiliar na tomada de decisão tanto na correção do solo através do manejo localizado, quanto na condução da cultura. Cabe ressaltar, que a região da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul hoje é carente de informações obtidas através das técnicas de AP no que se refere à variabilidade entre os atributos existentes dentro na lavoura. Neste sentido, os dados observados terão papel fundamental na difusão da tecnologia entre os orizicultores, expandindo a área de atuação da AP, criando-se assim uma nova oportunidade de trabalho, possibilitando a realização de novas pesquisas envolvendo agricultores e universidade.

2 OBJETIVO GERAL

Determinar a variabilidade na altura da lâmina de água de irrigação nas lavouras de arroz e sua correlação com os componentes de rendimento da cultura em função do número de operações mecanizadas de nivelamento de solo.

2.1 Objetivos Específicos

- Avaliar a produtividade de arroz irrigado em função do número de operações mecanizadas de nivelamento de solo e sua correlação com a altura da lâmina de água;
- Avaliar a variabilidade dos atributos de produção e correlacionar com a produtividade de arroz irrigado.

3 ARTIGO 1

VARIABILIDADE NA PRODUTIVIDADE DE ARROZ IRRIGADO EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE OPERAÇÕES MECANIZADAS DE NIVELAMENTO DE SOLO

3.1 Resumo

O presente trabalho objetivou mapear a altura da lâmina de água, através de um *grid* de amostragem pré-definido, em função do número de operações mecanizadas de nivelamento de solo e sua correlação com os componentes de rendimento do arroz irrigado. O estudo foi conduzido na safra agrícola 2014/15, em uma área de 30 hectares, conduzida no sistema de cultivo mínimo. A área foi subdividida em dois talhões de 15 hectares, com variação no número de operações de nivelamento de solo, constituído de uma e duas operações de nivelamento (repetições), utilizando um conjunto mecanizado composto de trator e plaina hidráulica. Foi utilizado uma malha amostral com *grid* de 1 ha, onde foram analisados os seguintes atributos de produção: população de plantas, média da altura de lâmina de água, número de panículas, produtividade e rendimento de engenho. A produtividade de arroz e a altura média da lâmina de água não foram influenciadas pelo número de operações mecanizadas de nivelamento de solo. A maior correlação observada refere-se a produtividade, foi o número de panículas por área, mas sem interferência significativa no rendimento final da cultura. Também foi observado baixa correlação entre rendimento de engenho e produtividade, em ambos os tratamentos analisados. Portanto a realização de uma segunda operação de nivelamento de solo, não se justifica economicamente, pois os acréscimos de produção não cobrem os custos da segunda operação.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, agricultura de precisão, componentes de rendimento.

3.2 Abstract

VARIABILITY IN PRODUCTIVITY OF IRRIGATED RICE IN FUNCTION OF SOIL LEVELING MECHANIZED OPERATIONS NUMBER

This study aimed to map the height of the water slide through a predefined sampling grid, depending on the number of mechanized operations of ground leveling and its correlation with yield components of rice. The study was conducted in the season 2014/15, in an area of 30 hectares, conducted in minimum tillage system. The area was divided into two plots of 15 hectares, with variation in the number of ground leveling operations, comprising one and two leveling operations (repetitions), using a mechanized set consisting of tractor and hydraulic planer. It used a sampling grid with grid of 1 ha, where the following production attributes were analyzed: plant population, average water depth of height, number of panicles, productivity and milling yield. The rice yield and the average height of the water layer were not influenced by the number of mechanized ground leveling operations. The highest correlation observed refers to the productivity, and the number of panicles per area but without significant interference with the final yield of the crop. It was also observed low correlation between milling yield and productivity in both analyzed treatments. Therefore the realization of a second ground leveling operation is not justified economically, as production increases do not cover the costs of the second operation.

Keywords: oryza sativa, precision agriculture, yield components.

3.3 Introdução

O arroz é uma cultura que se caracteriza pela exigência em água durante seu ciclo, dependendo do sistema de irrigação utilizado (SMITH et al., 2007). O sistema de irrigação adotado no RS é predominantemente por inundação, sendo muito exigente em nivelamento de solo e manejo de água. Para Machado et al.(2006) estudos revelaram que os diferentes sistemas de irrigação, se comportam de maneira semelhante no que refere-se ao consumo de água. Quando se trata de nivelamento de solo, independente do método de preparo, é necessário realizar o nivelamento da superfície o que permite a uniformização da altura da lâmina de água e controle eficiente de plantas daninhas (STONE & SILVA, 2004). As operações de nivelamento superficial do solo consistem de uma atividade de rotina dentro das lavouras orizícolas, que visam a uniformidade do micro relevo existente da área, favorecendo o manejo da irrigação e o controle de plantas daninhas.

Para realização desta operação são utilizadas plainas hidráulicas acopladas a barra de tração dos tratores agrícolas com elevado rendimento operacional, porém requer elevada demanda de potência. Por se caracterizar uma operação que exige um número indeterminado de repetições em função do terreno e uma demanda energética significativa, esta impacta diretamente e de forma variável nos custos de produção.

Este equipamento pode substituir operações de gradagem minimizando o revolvimento do solo, preconizando um sistema conservacionista. Comumente o produtor realiza duas operações de nivelamento, porém em muitas situações poderia ser realizada apenas uma, o que reduziria pela metade o número de operações , conseqüentemente os custos operacionais.

Os custos de produção na agricultura e em particular na lavoura de arroz irrigado, tiveram um incremento considerável na safra 2014/15, principalmente no que diz respeito a energia elétrica e ao combustível. A energia elétrica é um insumo básico para o funcionamento do sistema e manejo da irrigação, já o combustível é responsável por movimentar o amplo parque de máquinas que a lavoura orizícola necessita para realização das operações, que vão desde o processo de implantação a colheita. Dentre os itens que mais impactam no custo de produção, a participação das máquinas (tratores e colhedoras) correspondem a 23,85% do custo total das despesas (IRGA, 2015). Para NOLLER (2012), com os custos de produção em constante alta, o produtor busca novas tecnologias para aumentar sua eficiência produtiva e com isso se manter na atividade. Ainda conforme o autor, tal tecnologia, pode ser obtida com ferramentas como a Agricultura de Precisão (AP), que

considera a variabilidade detalhada dentro de cada área produtiva, visando o uso adequado dos insumos e também como uma ferramenta de gestão dentro da propriedade, otimizando a eficiência técnica e econômica do processo produtivo. Assim, as técnicas de manejo localizado, buscam conciliar variáveis ambientais, agronômicas e produtividade, visando a maximização do uso dos recursos disponíveis, buscando constantemente a redução dos custos (DURIGON, 2007).

A agricultura de precisão em arroz irrigado tem sido pouco estudada, quando comparada a outras culturas, como soja e milho, porém é considerada uma das culturas que mais responde ao manejo, tanto em fertilidade, irrigação quanto preparo de solo. O sucesso para altas produtividades de arroz, depende de uma perfeita sincronia no manejo, havendo forte dependência entre os fatores: preparo de solo, irrigação, fertilidade e manejo fitossanitário. Devido, a necessidade de saber qual o melhor manejo a ser adotado, as ferramentas que constituem a AP podem oferecer importantes modelos agronômicos, o que potencializará as atividades dentro da propriedade, proporcionando uma redução dos custos por área cultivada. Neste sentido, o manejo diferenciado de nivelamento do solo, pode ocasionar um incremento de produtividade onde a superfície do solo for mais uniforme promovendo desta forma, maior uniformidade na altura da lâmina de água com posterior correlação com componentes de rendimento da cultura. Assim, este trabalho foi conduzido com o objetivo avaliar a altura da lâmina de água, através de um *grid* de amostragem pré-definido, em função do número de operações mecanizadas de nivelamento de solo e sua correlação com os componentes de rendimento do arroz irrigado.

3.4 Material e Métodos

O experimento foi realizado no município de Itaqui /RS, em uma lavoura comercial de arroz irrigado, com coordenadas globais 29° 01' 43" latitude sul e 56° 18' 58" longitude oeste. A área utilizada no experimento, foi cultivada com arroz irrigado na safra anterior (2014/15), a qual ficou sendo utilizada com pecuária até o mês junho de 2014. Após esse período, foi realizado duas operações de gradagem leve para uniformizar as irregularidades do terreno oriundas da safra anterior. No final do mês de julho realizou-se as operações de nivelamento do solo e construções de taipas. A semeadura foi realizada em 01 de outubro utilizando a cultivar BR/IRGA 409, na densidade de 100 kg ha⁻¹. A adubação foi realizada a taxa fixa com dose de 286 kg ha⁻¹ com formulação (4-17-27), mais 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura. O

manejo da cultura, seguiu as recomendações técnicas visando a homogeneidade nos tratos culturais a fim de diminuir a variabilidade e a interferência nos parâmetros avaliados.

Foram utilizadas duas áreas (talhões) conforme Figura 1, de 15 hectares no sistema de cultivo mínimo de solo, onde cada uma das áreas teve o número de operações de nivelamento de solo diferenciado, constituído de uma e duas operações de nivelamento (repetições), utilizando um conjunto mecanizado constituído de trator e plaina hidráulica.

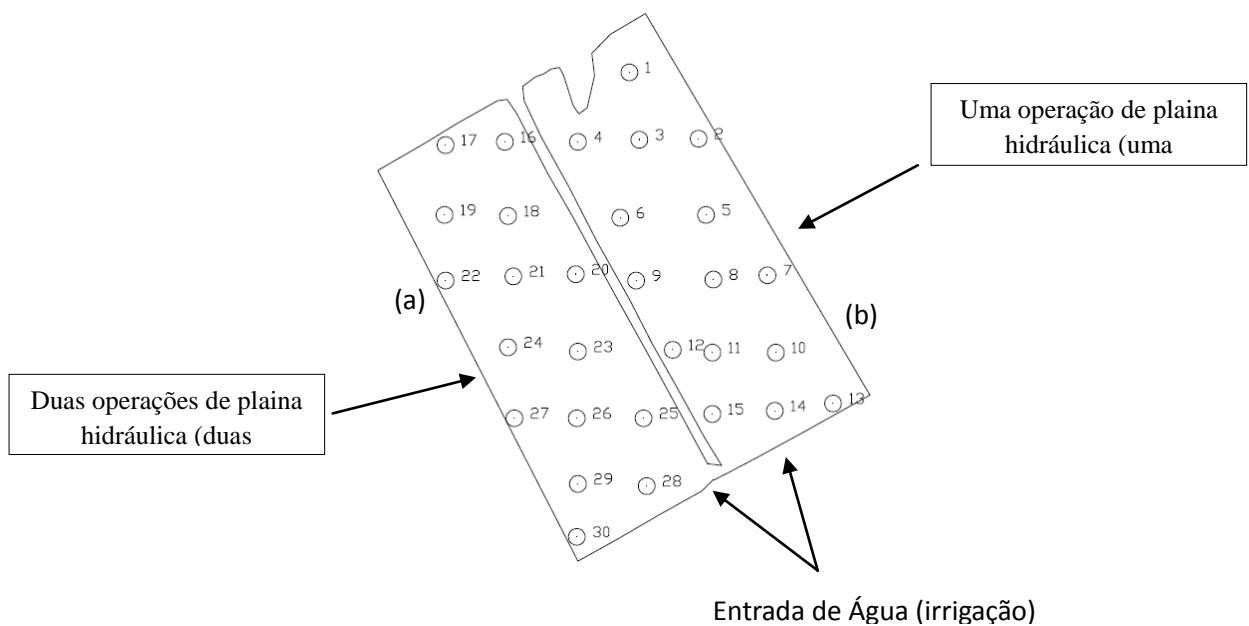


Figura 1: Croqui da área experimental com seus respectivos pontos de coletas (a) duas operações de nivelamento, (b) uma operação de nivelamento.

Os talhões foram georreferenciados com uso de um GPS de navegação para determinação dos vértices, e posteriormente gerado um mapa com *grid* amostral (pontos georreferenciados) para identificação dos pontos de coleta. Foi adotado uma malha quadrangular com *grid* de um hectare para ambas as áreas niveladas e com pontos pilotos, utilizados na calibração das análises geoestatísticas. A decisão de reduzir a malha de amostragem nos talhões nivelados deve-se ao revolvimento e realocação das camadas superficiais do solo, tendo probabilidade de haver maior heterogeneidade da camada de solo avaliada, principalmente após duas operações de nivelamento. Nos pontos amostrais, a partir da emergência, realizou-se a contagem do número de plantas de arroz por metro quadrado e a estimativa da população de plantas por hectare. Cada ponto amostral consistiu de uma amostra, composta por 4 subamostras de $0,25m^2$.

Após a entrada da água de irrigação na lavoura, a cada 20 dias foram realizadas as amostragens, compostas de quatro subamostras da altura de lâmina de água por ponto amostral, obtendo-se assim a lâmina média, onde foi gerado um mapa da altura de lâmina média ao longo do ciclo da cultura. As coletas foram realizadas, até o estágio de maturação fisiológica da cultura, perfazendo duas coletas na fase vegetativa e duas na fase reprodutiva do arroz. No período de maturação fisiológica foi realizada a amostragem para estimativa da produtividade, composta por quatro subamostras de 0,25 m² por ponto amostral. Essas amostras foram debulhadas de forma manual sendo posteriormente pesadas e a umidade dos grãos corrigida para 13%. Durante a amostragem foram mensurados o número de panículas, sendo que em outra etapa foi determinado o rendimento de grãos inteiros (rendimento de engenho).

Após coletados os dados, foram gerados os mapas, procedendo-se a análise da correlação entre as variáveis analisadas, pelo método de Pearson, ao nível de probabilidade de 5%. As malhas de amostragem e os mapas foram gerados através do programa “Sistema Agropecuário CR – Campeiro 7[®]” desenvolvido pelo Setor de Geomática do Departamento de Engenharia Rural da UFSM.

3.5 Resultados e discussão

A partir dos resultados obtidos da análise de correlação, entre os atributos de produção de arroz (Tabela 1), pode-se observar que no manejo envolvendo uma operação de nivelamento, alguns dos componentes apresentaram correlação expressiva. As maiores correlações positivas com a produtividade foram o número de panículas por metro quadrado (88%) seguido da média da altura de lâmina de água durante o ciclo da cultura, com (61%).

Tabela 1 – Análise de correlação dos atributos de produção de arroz, com uma operação de nivelamento.

	População	Média Lâm.	Panícula	Grão int.	Produtividade
População ¹	1				
Média Lâm. ²	-0.26804	1			
Panícula ³	-0.12766	0.40795	1		
Grão int. ⁴	0.37219	-0.05400	0.03701	1	
Produtividade ⁵	-0.16704	0.61818	0.88231	-0.03156	1

Nota: ¹ população m²; ² média lâmina de água cm; ³ panículas m²; ⁴ grão inteiro %; ⁵ produtividade kg ha⁻¹;

Segundo SOSBAI (2014), o número de panículas por metro quadrado é um dos principais fatores que apresentam relação direta com a produtividade e com altura de lâmina de água ao redor de 2,5 cm de altura, sendo suficiente para obter ótimas produtividades, porém acima de 10 cm reduz o número de perfilhos e favorece o acamamento. Os valores do número de panículas por metro quadrado no experimento com uma operação de nivelamento, estavam dentro do recomendado pela SOSBAI (2014) em 47% dos pontos amostrados, os quais possuíam mais de 480 panículas na área avaliada. DURIGON (2009), observou que correlações da produtividade de arroz irrigado com a população de plantas e número de panículas é uma ferramenta importante para auxiliar na definição de unidades de manejo localizado na cultura.

Já a média de altura da lâmina de água se manteve entre 2 e 6,7 cm em 87% da área do experimento. Foi observado também uma correlação do número de panículas com a altura média da lâmina de água de 40%. Isso demonstra a ocorrência de um número panículas esperado nas áreas onde a lâmina de água ficou com valores médios entre 4 a 7 cm de altura, ou seja, altura recomendada para um bom desenvolvimento de plantas e seus perfilhos. Isso corrobora com o exposto por FURLANI (1995), onde a lâmina de água de 15 cm reduziu o perfilhamento e número de colmos, conseqüentemente o número de panículas, ocorrendo o contrário para as lâminas compreendidas entre 5 e 10 cm de profundidade. Verificou-se que a população de plantas teve uma correlação negativa de (-16%) com a produtividade, indicando que houve um baixo estabelecimento inicial da cultura, ficando aproximadamente 50% da área em estudo com uma densidade entre 97 a 150 plantas por metro quadrado, onde o recomendado seria de 150 a 300 plantas por metro quadrado (SOSBAI, 2014), concordando com MARZARI et al (2007), que relata que a população ideal de plantas entre 150 a 380 por metro quadrado.

No que se refere a correlação de grãos inteiros com produtividade, esta foi considerada baixa (-3%), principalmente por influência da cultivar semeada. A cultivar Br Irga 409, se caracteriza geneticamente pelo potencial produtivo e pela alta qualidade dos grãos, o que favorece um alto percentual de grãos inteiros, fator este, agregador de valor ao produto na hora da venda para a indústria (CASTRO et al., 1999).

A maior correlação negativa observada (-26%), refere-se a população de plantas e altura de lâmina de água, situação que se explica em parte, pela maior irregularidade do terreno, o que propicia uma desuniformidade na deposição da semente ao solo.

Referente as duas operações de nivelamento do solo, esta apresentou correlação positiva (58%) entre a população de plantas e lâmina de água, como pode ser visualizado na Tabela 2.

Tabela 2 – Análise de correlação dos atributos de produção de arroz, com duas operações de nivelamento.

	População	Média Lâm.	Panícula	Grão int.	Produtividade
População ¹	1				
Média Lâm. ²	0.58262	1			
Panícula ³	0.34358	-0.10538	1		
Grão int. ⁴	0.10144	0.02387	0.06145	1	
Produtividade ⁵	0.06754	-0.29360	0.81300	0.11255	1

Nota: ¹ população m²; ² média lâmina de água cm; ³ panículas m²; ⁴ grão inteiro %; ⁵ produtividade kg ha⁻¹;

A correlação positiva expressiva (58%) entre a população de plantas e altura da lâmina de água explica-se em parte, embora a entrada da água de irrigação ocorra entre 15 a 20 dias após a germinação, a superfície do solo após duas operações de nivelamento permite melhor germinação das sementes pela não formação de microbacias de acumulação de água, o que é prejudicial no estabelecimento inicial da cultura, e da mesma forma permitirá a formação de uma lâmina de irrigação uniforme.

A correlação de 34% entre população de plantas e panículas por área, apresentado na Tabela 2, deve-se ao fato de que o número médio de plantas por metro quadrado contabilizou valores acima de 150 plantas, tendo como valor máximo 234 plantas m² na área que passou por duas operações de nivelamento. Essa população permite elevar o potencial produtivo, levando-se em consideração que cada planta emite de 2 a 3 perfilhos potencialmente produtivos garantindo um número aproximado de 600 panículas por metro quadrado. Valores obtidos no experimento demonstram que mais de 73% dos pontos amostrados estavam com valores superiores a 480 panículas m². Para Durigon (2007), em experimento conduzido em área sistematizada em nível, este encontrou correlação negativa de panículas por área com a produtividade e altura de lâmina de água e panículas por área, o qual obteve leituras da altura de lâmina de água de até 31,5 cm. No trabalho realizado por Durigon (2007), o excesso de água contribuiu para um menor perfilhamento e menor número de panículas, consequentemente baixa produtividade.

Isso corrobora para o resultado encontrado, onde a correlação entre número médio de panícula por área e produtividade, que foi de (81%). Estes valores demonstram que a

produtividade tem uma resposta alta quando se consegue um número adequado de panículas por área. Freitas et al. (2001) consideraram o aumento do número de panículas, por unidade de área, como fator determinante do aumento da produtividade do arroz. Também em trabalho realizado por FAGERIA et al. (2007), o número de panículas por área foi altamente correlacionado à produtividade do arroz.

Em ambos os tratamentos, com uma ou duas operações de nivelamento, ocorreram correlações entre número de panículas e produtividade no valor de (88%) e (81%) para uma e duas operações, respectivamente. Desta forma, pode-se inferir que o número de panículas consiste no principal indicador de produtividade, comprovando alta correlação com a produtividade. Nas condições de campo, o número de panículas por área é influenciado por diversos fatores, sendo estes: uso de sementes de qualidade e alto vigor, qualidade de semeadura, densidade de sementes, variedade utilizada e altura da lâmina de irrigação (ALONSO et al, 2005).

No que se refere a altura média de lâmina de água nos dois tratamentos, verificou-se que no tratamento com duas operações de nivelamento ocorreu uma melhor uniformidade na distribuição espacial na altura de lâmina. Referente a variável analisada, esta variou de 1,4 cm a 4,75 cm, demonstrando uma boa uniformidade do nivelamento. Já na área onde foi realizado uma operação de nivelamento, os valores variaram de 0.8 cm a 6.7 cm de altura de lâmina de água, conforme demonstra a Figura 2.

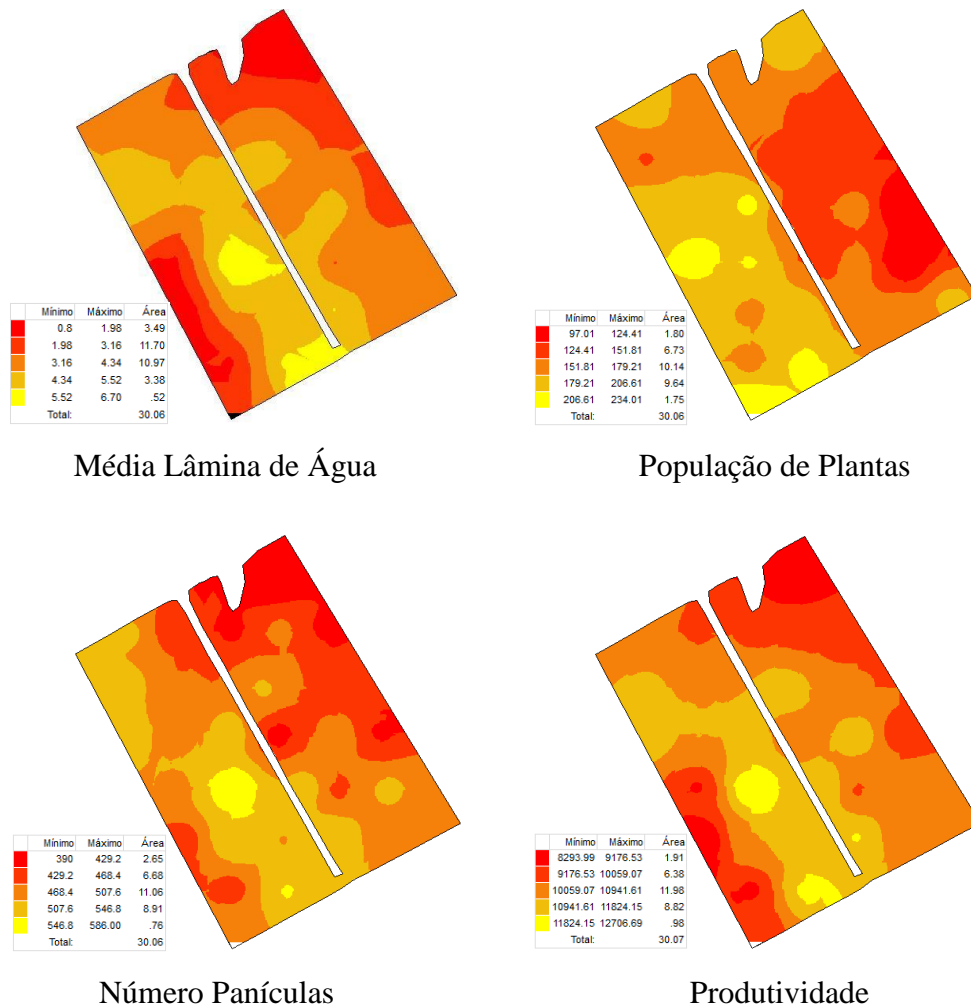


Figura 2: Mapa de lâmina média de água (cm), população de plantas (m^2), número de panículas (m^2) e produtividade (kg/ha), para uma e duas operações de nivelamento.

No que se refere as correlações significativas com a produtividade (Tabela 3), dentre os vários atributos de produção avaliados, obteve-se significância na altura média da lâmina de água e número médio de panículas por área em uma operação de nivelamento, e em número de panículas por área com duas operações de nivelamento de solo. Sobre a correlação que apresentada na altura da lâmina de água com uma operação de nivelamento, foi observado, que houve uma altura de lâmina maior quando comparado com a área com duas operações. Em 60% dos pontos amostrados a lâmina de água estava acima de 3.5 cm com uma operação de nivelamento e apenas 20% dos pontos na área com duas operações. A diferença nas alturas de lâmina de água, proporcionam maior influência do clima a cultura, principalmente pela oscilação da temperatura (STEINMERTZ, 2011).

Tabela 3 –Análise estatística dos fatores avaliados com uma e duas operações de nivelamento de solo.

Atributos de Produção	Correlação com a produtividade de arroz irrigado (%)	
	Uma operação de nivelamento	Duas operações de nivelamento
População m ²	16 ^{ns}	7 ^{ns}
Média Lâm. cm	62 [*]	29 ^{ns}
Panículas m ²	88 [*]	81 [*]
Grão inteiro %	3 ^{ns}	11 ^{ns}

*Correlação de Pearson significativa (P=0,05) obtida por meio dos 30 pontos amostrais.

^{ns}Correlação de Pearson não significativa (P=0,05) obtida por meio dos 30 pontos amostrais.

Na análise da Tabela 4, pode-se observar diferença estatística na população de plantas, onde duas operações de nivelamento de solo favoreceram um melhor estabelecimento da cultura, ou seja, um maior número de plantas por m² (45 plantas m²).

Tabela 4 – Análise estatística dos componentes de rendimento avaliados com uma e duas operações de nivelamento de solo.

Sistema de Nivelamento	Uma operação de nivelamento	Duas operações de nivelamento
População (plantas.m ²)	148.5 b	193.8 a
Média Lâmina (cm)	3.6 a	2.7 a
Panículas (m ²)	469.6 b	504.4 a
Grão inteiro (%)	62.3 b	63.7 a
Produtividade (kg ha ⁻¹)	10382.4 a	10561.9 a

Médias seguidas por diferentes letras minúsculas, na linha, diferem estatisticamente pelo teste Tukey em um nível de significância de 5%.

A partir dos dados apresentados na Tabela 4, pode-se inferir que o número de panículas diferiu estatisticamente em função do sistema de nivelamento de solo, apresentando um número maior de panículas no sistema que envolve duas operações de nivelamento.

No que se refere ao rendimento de engenho, a média de grãos inteiros, também apresentou diferença estatística entre os dois tratamentos, destacando-se um acréscimo de 1,4% nas duas operações de nivelamento. Como há diferença entre cultivares, quanto a qualidade industrial dos grãos (CANELLAS et al, 1997), considera também que o manejo da cultura, é um fator que altera o rendimento de engenho. Dentre estes, o teor de água dos grãos entre 18 e 25% no momento da colheita, favorece a obtenção de percentuais mais elevados (MARCHESAN et al, 1993). Como esse componente de rendimento pode ser alterado por fatores de manejo e clima, a possibilidade dessa diferença ser superior a 1%, pode se dar

devido ao melhor estabelecimento da cultura, ou seja, maior população de plantas, favorecendo uma maior participação do colmo principal na qualidade final de grão. O manejo utilizando duas operações de nivelamento favoreceu a emergência de plantas, na ordem de 30,5% superior, comparado a uma operação de nivelamento, ou seja, desta forma manteve-se uma uniformidade de maturação entre panículas do colmo principal e perfilhos. A melhor distribuição de plantas por área favorece a maturação fisiológica uniforme, indo ao encontro do que se conhece sobre a cultura, que apresenta uma capacidade elástica, compensando a falta de plantas através da emissão de um número maior de perfilhos por planta (SOSBAI, 2014). WANG et al (2007), afirmam que a uniformidade de perfilhamento e enchimento de grãos favorece um maior potencial de obtenção de grãos inteiros.

No que se refere a altura média da lâmina de água e a produtividade, esta não apresentou diferença estatística, o que se explica e confirma a plasticidade da cultura do arroz irrigado, pois mesmo diferindo em número de plantas por metro quadrado e panículas por área, não refletiu na produtividade final.

Neste sentido, a maioria dos agricultores optam por duas operações de nivelamento de solo, porém como observado nos resultados, este poderia realizar apenas uma operação, o que reduziria de forma considerável o custo operacional mecanizado, bem como aumentaria a área trabalhada utilizando o mesmo conjunto. Com base nos valores de produtividade apresentados, a segunda operação de nivelamento, proporcionou um aumento de 179,5 kg ha⁻¹ o que resultaria no acréscimo de 3,59 sacas ha⁻¹, em relação a área onde foi realizado uma operação de nivelamento. Este acréscimo de produção não cobriria os custos de uma segunda operação, cujo custo em sacas do produto equivale a 3,78 sacas ha⁻¹, valor este, referente aos custos de produção de janeiro 2016.

3.6 Conclusões

A produtividade de arroz irrigado não foi influenciada por uma ou duas operações de nivelamento de solo com plaina hidráulica.

A maior correlação observada que refere-se a produtividade, foi o número de panículas por área, mas sem interferência significativa no rendimento final da cultura.

3.7 Referências Bibliográficas

ALONSO, A. S. et al. Cultivo de Arroz Irrigado no Brasil. **Embrapa Clima Temperado**. Sistemas de Produção 3. 2005. Disponível na Internet <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoBrasil/cap07.htm> em 19 jan. 2016.

CANELLAS, L. P. et al. Efeito de práticas de manejo sobre o rendimento de grãos e a qualidade industrial dos grãos em arroz irrigado. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 375-379, 1997.

CASTRO, E.M. et al. Qualidade de grãos em arroz. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 30 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Custos de Produção – Culturas de Verão, março 2015**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1554&t=2>. Acesso em: 13 set 2015.

DURIGON, R. **Aplicação de técnicas de manejo localizado na cultura do arroz irrigado (*Oriza sativa L.*)**. 2007. 149 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2007.

GOMES, A. S. et al. **A água: distribuição, regulamentação e uso na agricultura, com ênfase ao arroz irrigado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 44 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 250).

FAGERIA, N. K. et al. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Vol.42, n.7, pp. 1029-1034. 2007. Disponível na Internet <http://www.scielo.br/pdf/pab/v42n7/16.pdf> em 17 Jan. 2016.

FONTEH, M.F. et al. Effective water management practices in irrigated rice to ensure food security and mitigate climate change in a tropical climate. **Agriculture And Biology Journal**

Of North America. Pp. 284-290. 2013. Disponível na Internet <http://www.scihub.org/ABJNA/PDF/2013/3/ABJNA-4-3-284-290.pdf> em 19 Jan. 2016.

FURLANI, J. E. et al. Épocas de início da inundação do solo e altura da lâmina de água em arroz irrigado. *Bragantia*. Instituto Agronômico de Campinas, v. 54, n. 2, p. 413-418, 1995. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/27633>, 02 de nov. 2015.

FREITAS, J.G. et al. Resposta de cultivares de arroz irrigado ao nitrogênio. *Scientia Agrícola*, v.58, n.3, p.573-579, 2001.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ – IRGA. **Censo da Lavoura de Arroz Irrigado do Rio Grande do Sul.** Safra 2014/15. Disponível em http://www.irga.rs.gov.br/upload/20150710145210produtividade_municipios_safra_14_15.pdf. Acesso em : 12 de set 2015.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ – IRGA. **Censo da Lavoura de Arroz Irrigado do Rio Grande do Sul.** Safra 2004/05. Disponível em <<http://www.irga.rs.gov.br/censodg3.pdf>>. Acesso em: 20 out 2013.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ (IRGA). **Custo de produção Médio Ponderado de arroz Irrigado no Rio Grande do Sul – Safra 2014/15.** Disponível em http://www.irga.rs.gov.br/upload/20150827150914custo_jan_2015_safra_2014_15_em_analise.pdf. Acesso em 27 set. 2015.

MACHADO, S. L. O. et al. Consumo de água e perdas de nutrientes e de sedimentos na água de drenagem inicial do arroz irrigado. *Ciência Rural*. Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 65-71, 2006.

MARCHEZAN, E. et al. Relações entre épocas de semeadura, de colheita e rendimento de grãos inteiros de cultivares de arroz irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 28, n. 7, p. 843-848, 1993.

MARZARI V. et al. População de plantas, dose de nitrogênio e aplicação de fungicida na produção de arroz irrigado. *Ciência Rural*. Santa Maria, v.37, n.2, p. 330-336, 2007. Disponível na Internet <http://www.scielo.br/pdf/cr/v37n2/a06v37n2.pdf> em 20 Jan. 2016.

NÖLLER, D. S. **Agri cultura de precisão na cultura do arroz irrigado (*oryza sativa*) em áreas de solo sistematizadas e não sistematizadas.** 2012. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2012.

SMITH, M. C. et al. Water use estimates for various rice production systems in Mississippi an Arkansas. *Irrigation Science*. Berlin v. 25, n.2, p. 141-147, 2007.

STEINMERTZ, S. et al. Efeito da altura da lâmina de irrigação na temperatura da água e do solo em arroz irrigado. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2011, Camboriú. **Anais...** Camboriú: Pallotti, p. 469-472, 2011.

STONE, L.F.; SILVA, J.G.da. **Cultivo do Arroz Irrigado no Estado do Tocantins**. Embrapa arroz e Feijão: Sistemas de Produção n 3, 2004.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas para o Sul do Brasil**. Bento Gonçalves, RS: SOSBAI, 2014.192p.

WANG, F. et al. Difference in grain yield and quality among tillers in rice genotypes differing in tillering capacity. **Rice Science**. Beijing, v. 14, n. 2, p. 135-140, 2007.

4 ARTIGO 2

VARIABILIDADE DOS ATRIBUTOS DE PRODUÇÃO E SUA CORRELAÇÃO COM A PRODUTIVIDADE DE ARROZ IRRIGADO

4.1 Resumo

O presente trabalho objetivou identificar e georreferenciar os principais atributos de produção da cultura do arroz irrigado e correlacioná-los com a produtividade. O estudo foi conduzido na safra agrícola 2014/15, em uma área total de 30 hectares, conduzida sob sistema de cultivo mínimo. Foi utilizado uma malha de amostragem composta por um *grid* de um hectare, onde foram obtidos dados referentes aos seguintes atributos: atributos químicos de solo, população de plantas, altura de lâmina de água, número de panículas, produtividade e rendimento de engenho. Através dos resultados obtidos, conclui-se que a produtividade de arroz irrigado, apresentou variabilidade espacial na safra estudada. Onde houve dependência espacial nos atributos de produção, o que indica ser suficiente a malha de amostragem de um hectare. E as maiores correlações de atributos químicos de solo com produtividade, foram cálcio e magnésio, demonstrando a importância destes, para definir áreas de manejo.

Palavras-chave: agricultura de precisão, *oryza sativa*, variabilidade espacial

4.2 Abstract

VARIABILITY OF PRODUCTION ATTRIBUTES AND ITS CORRELATION WITH RICE PRODUCTIVITY IRRIGATION

This study aimed to identify and geo-reference the main attributes of crop production of rice and correlate them with productivity. The study was conducted in the season 2014/15, in a total area of 30 hectares, conducted under minimum tillage system. It used a sample of fabric composed of a grid of one hectare, which were obtained data for the following attributes: chemical properties of soil, plant population, water blade height, panicle number, productivity and milling yield. Through the results obtained, it is concluded that the rice productivity, presented spatial variability in the studied crop. Where there was a spatial dependence on output attributes, which indicates sufficient sampling mesh of a hectare. And the highest correlations to soil chemical attributes productivity were calcium and magnesium, demonstrating the importance of these to define management areas.

Keywords: precision agriculture, *Oryza sativa*, spatial variability

4.3 Introdução

O arroz é considerado um dos alimentos mais comuns na mesa dos brasileiros sendo um produto rico em carboidratos, no qual se permite inferir que é considerado um produto de elevada importância nutricional, econômica e social. Pode ser produzido em todos os estados brasileiros, porém o Rio grande do Sul (RS) é o principal produtor do grão, correspondendo a 61% da produção nacional (SOSBAI, 2014). A maior área se concentra na metade sul do RS, devido principalmente a características de relevo plano a suavemente ondulado e a disponibilidade hídrica como rios e barramentos de captação de água das chuvas. A cultura do arroz irrigado por inundação se caracteriza por utilizar solos com baixa condutividade hidráulica, devido a presença de camada subsuperficial argilosa, solos estes, bastante predominantes no sul e fronteira oeste do Estado.

Segundo Boeni et al. (2010), ao realizarem um levantamento sobre 30.972 análises de solo processadas do ano de 2003 a 2008 pelo Laboratório de Análises de Solos do IRGA em Cachoeirinha, verificaram que ocorrem grandes diferenças nos atributos de fertilidade do solo entre e dentro das regiões arrozeiras e na sua fertilidade como um todo. Através da observação da oscilação de produtividade de arroz irrigado nas diversas regiões produtoras e até mesmo dentro dos próprios talhões na propriedade, observa-se claramente a existência de uma variabilidade espacial e temporal da cultura do arroz irrigado referente aos seus atributos de produção. O manejo localizado é um conceito de manejo solo-planta baseado em princípios de gerenciamento agrícola de informações sobre a variabilidade espacial e temporal dos fatores de produção e da produtividade (MERCADANTE, et al. 2003). Neste sentido, DURIGON et al (2009), relatam que o manejo localizado contribui para o aumento da eficiência de uso dos insumos e a análise de mapas de rendimento para determinar modificações nas práticas de manejo.

Em estudo realizado por NOLLER (2012), com a cultura do arroz irrigado em Cachoeira do Sul/ RS, a produtividade apresentou variabilidade dentro do talhão em estudo e dependência espacial dos atributos químicos de solo, demonstrando viabilidade técnica do emprego de ferramentas de agricultura de precisão em arroz irrigado. Segundo DOBERMANN (1994), o arroz é influenciado pelo nível de fertilidade do solo, aplicação de nitrogênio, densidade de semeadura e teor de fósforo, que explicam 56% da variação no rendimento da cultura, indicando o pH do solo como critério para o mapeamento da fertilidade.

Para MOLIN (1997), a desuniformidade espacial dos solos agrícolas sugere um tratamento localizado com insumos, mantendo ou aumentando os níveis de produtividade, tornando uma agricultura mais eficiente e reduzindo um possível impacto ao ambiente pela aplicação excedente de insumos. Além da variabilidade espacial de características químicas de solo, a lavoura orizícola possui características próprias de manejo, o que pode potencializar a heterogeneidade da lavoura.

Para BELLÉ (2009), o mapeamento do rendimento das culturas é uma ferramenta eficiente para definir zonas de manejo com diferentes potenciais produtivos, orientando as intervenções localizadas de fertilizantes e manejo do solo. Cita ainda que, para estudo e identificação de zonas de manejo há a necessidade de utilizar algum método estatístico, sendo o mais utilizado a geoestatística.

Vários fatores referente ao manejo da cultura podem influenciar na produtividade final, englobando desde o tipo de preparo do solo, sistema de plantio, época de plantio, tratos culturais e até o manejo da irrigação. A semeadura na época recomendada permite com que a planta consiga usar as condições ambientais a seu favor. SARTORI et al (2013), observaram que ao realizar a semeadura do arroz no início da época recomendada, obteve-se maior rendimento de grãos e maior eficiência no uso da água, devido a cultura se desenvolver em condições meteorológicas adequadas como temperatura, radiação solar e precipitação pluvial.

A densidade inicial de plantas é um dos pontos que merecem destaque, no qual permite a cultura do arroz irrigado expressar seu potencial produtivo sendo um dos principais fatores determinantes no número de panículas por metro quadrado. Este fator começa a ser definido na precisão da operação de semeadura, pois influencia na rapidez e na uniformidade de emergência e a distribuição de plantas na linha (SOSBAI, 2014). A densidade de semeadura é variável, pois toda cultivar possui uma densidade recomendada, sendo que a utilização de densidades elevadas de sementes por m^{-2} , há uma diminuição do afilhamento e maior participação dos colmos principais, porém não resulta em produtividade maior, devido a plasticidade das plantas de arroz (LIMA et al., 2010).

Contudo, a altura na lâmina de água é um fator importante no manejo da irrigação para o arroz, pois interfere diretamente no volume usado como também no custo da irrigação. Alturas de lâmina compreendidas entre 2,5 cm a 7,5 cm são consideradas suficientes para alcançar altas produtividades, o qual valores próximos a 2,5 cm requerem um criterioso nivelamento do solo, a fim de corrigir o micro relevo (SOSBAI, 2014). No sistema de produção de arroz irrigado utilizando o nivelamento em desnível (com taipas), requer atenção constante no manejo durante todo o ciclo da cultura, ocasionando uma demanda técnica tanto

no manejo pré-semeadura, quanto na fase vegetativa, reprodutiva e colheita. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo identificar e georreferenciar os principais atributos de produção e correlacioná-los com a produtividade.

4.4 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em uma lavoura de 30 hectares de arroz irrigado no município de Itaqui, Rio Grande do Sul (RS), com coordenadas globais 29° 01' 43" latitude sul e 56° 18' 58" longitude oeste, na safra agrícola 2014/15. A área apresenta um histórico de cultivo de arroz irrigado na safra anterior, sendo utilizada com atividade de pecuária de março a julho do mesmo ano. O sistema de preparo do solo realizado foi o convencional, com duas operações de gradagem para uniformização das irregularidades do terreno, seguida do nivelamento do solo com uso de uma plaina hidráulica.

A semeadura foi realizada em linha e em solo seco na primeira quinzena do mês de outubro, com espaçamento de 0,17 metros entre linhas, utilizando a cultivar BR/IRGA 409 com densidade de semeadura de 100 kg ha⁻¹ e adubação de base de 286 kg ha⁻¹ na formulação (04-17-27) conforme análise de solo. O nitrogênio foi aplicado em cobertura na dose de 80 kg ha⁻¹, onde deste, 70% foi aplicado antes do início da irrigação e o restante no estágio R1 (diferenciação da panícula).

O talhão foi georreferenciado com uso de um GPS de navegação para determinação dos vértices, e posteriormente com auxílio do *Software* Campeiro 7[®] foi gerado o mapa da área e o *grid* amostral (pontos georreferenciados) com malha quadrangular de um ponto por hectare, conforme Figura 1.

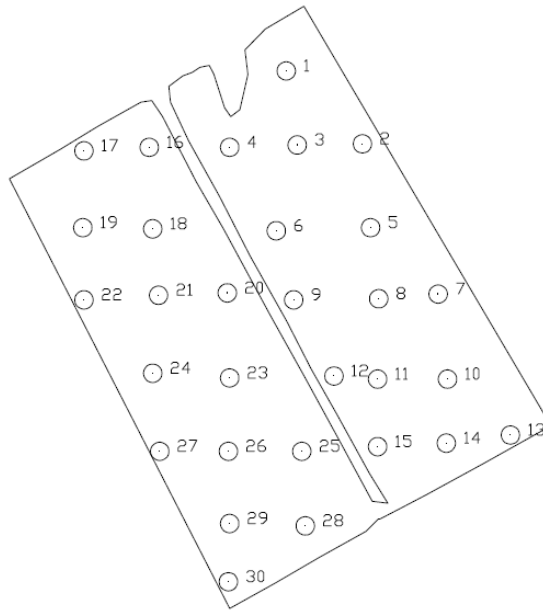


Figura 1: Croqui da área experimental com seus respectivos pontos amostrais.

A decisão de utilizar uma malha reduzida de amostragem se deu em função do revolvimento e realocação das camadas superficiais de solo durante o preparo, tendo probabilidade de haver maior heterogeneidade da camada de solo avaliada, principalmente após a operação de nivelamento. A amostragem de solo para análise química foi realizada por meio da coleta de cinco subamostras por ponto georreferenciado, com trado calador, na profundidade de 0-20 centímetros. Após a emergência, realizou-se a contagem de plantas por metro quadrado, composta por quatro subamostras de $0,25 \text{ m}^2$, estimando-se posteriormente a população de plantas por hectare.

A altura da lâmina de irrigação foi determinada a cada 20 dias, desde o início da irrigação até o ponto de maturação fisiológica da cultura, totalizando quatro coletas (duas na fase vegetativa e duas na fase reprodutiva), sendo realizadas quatro subamostras para cada ponto amostral.

A amostragem das plantas de arroz para estimativa da produtividade de grãos da cultura, foi realizada e por meio da coleta manual de quatro subamostras de $0,25 \text{ m}^2$, por ponto amostral. As subamostras foram debulhadas manualmente e posteriormente pesadas, sendo a umidade dos grãos corrigida para 13%, conforme metodologia proposta por DURIGON et al (2009). O número de panículas por área foi obtido pela contagem de cada uma das subamostras para estimativa da produtividade, e a partir destas também realizou-se a determinação do rendimento de grãos inteiros (rendimento de engenho).

Os dados referentes aos atributos químicos de solo, população de plantas, altura de lâmina de água, número de panículas, produtividade e rendimento de engenho, foram submetidos a análise de correlação pelo método de Pearson, ao nível de probabilidade de 5%. O coeficiente de variação (CV) dos atributos de produção foi classificado segundo proposto por GOMES & GARCIA (2002), como baixo ($CV \leq 10\%$); médio ($10 < CV \leq 20\%$); quando alto ($20 < CV \leq 30\%$); e muito alto quando ($CV > 30\%$). Os mapas dos atributos avaliados foram gerados com auxílio do software “Sistema Agropecuário CR – Campeiro 7[®]” desenvolvido pelo Setor de Geomática do Departamento de Engenharia Rural da UFSM.

4.5 Resultados e Discussão

A partir da análise estatística descritiva dos dados (Tabela 1), conforme definição de GOMES & GARCIA (2002), os parâmetros estatísticos com CV considerados muito alto, perfazem a maioria dos itens apresentados, sendo que o fósforo (P cmol dm³) obteve o maior valor, com 58.2%.

Tabela 1 – Parâmetros estatísticos dos atributos de produção de arroz irrigado.

Variável	Média	Mediana	Modo	D.P. ¹	Intervalo	Mínimo	Máximo	C.V. ² (%)
pH H ₂ O	5.0	5	5	0.1	0.6	4.7	5.3	2.9
P mg/dm ³	4.2	3.4	6.6	2.5	9.5	1.8	11.3	58.2
K mg/dm ³	42.9	42.5	53	9.6	37.0	29	66	22.4
MO %	2.3	2.3	2.8	0.5	1.9	1.5	3.4	19.9
Ca cmol/dm ³	3.8	3.8	4.2	1.5	5.1	1	6.1	38.5
Mg cmol/dm ³	0.9	1.0	0.9	0.4	1.5	0.3	1.8	41.7
CTC pH 7 cmol/dm ³	11.8	11.0	9.7	2.7	11.8	7.4	19.2	22.8
Saturação Al %	18.2	18.3	20.1	8.0	30.5	4.4	34.9	43.8
Saturação Bases %	40.9	41.8	31.6	13.4	44.2	15.8	60	32.8
Produtividade kg/ha	10472	10395	10395	1080	4414	8293	12707	10.3
Média Lâmina Água cm	3.1	3.1	2.4	1.4	5.9	0.8	6.7	44.6

Nota: ¹ Desvio Padrão, ² Coeficiente de Variação.

Possivelmente, devido ao uso intenso da área em estudo com o cultivo de arroz irrigado e pecuária, e uma adubação uniforme ao longo das safras, levaram os atributos químicos do solo a apresentarem valores mínimos e máximos distantes o que acarreta em CV

elevado. Vários estudos (SOUZA et al., 1998; SANTOS et al., 2012; WEIRICH et al., 2006; SILVA et al., 2003; DURIGON, 2009) mostraram coeficiente de variação de 37% a 68% para fósforo e de 34% a 47% para alumínio trocável.

Ressalta-se que o coeficiente de variação dos valores da altura média da lâmina de água foi de 44,6 %, considerado muito alto, porém o valor médio ficou em 3,1 cm , valor este que vai ao encontro do que é proposto na literatura, que estabelece como sendo o valor de 2,5 cm na altura da lâmina de água suficiente para a cultura do arroz irrigado por inundação, visando obter altos rendimentos (SOSBAI, 2014).

Dentre os atributos estudados, verificou-se uma amplitude alta entre valores mínimos e máximos, o que não segue um comportamento homogêneo dentro do talhão em estudo, confirmando a existência de heterogeneidade dentre os atributos de produção avaliados. No que se refere a correlação entre a média da altura da lâmina de água e produtividade do arroz irrigado, obteve-se um valor de 20%, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 – Correlação entre atributos de produção e produtividade de arroz irrigado.

Atributos de solo	Correlação com a produtividade de arroz irrigado (%)
Média Lâmina	20 ^{ns}
pH H ₂ O	27 ^{ns}
P mg/dm ³	-7 ^{ns}
K mg/dm ³	25 ^{ns}
MO %	-5 ^{ns}
Ca cmol/dm ³	37 [*]
Mg cmol/dm ³	49 [*]
CTC pH 7	28 ^{ns}
Sat% Al	-25 ^{ns}
Sat% Bases	28 ^{ns}

*Correlação de Pearson significativa (P=0,05) obtida por meio dos 30 pontos amostrais.

^{ns}Correlação de Pearson não significativa (P=0,05) obtida por meio dos 30 pontos amostrais.

Segundo um estudo realizado por FURLANI (1995), a produtividade de grãos não foi afetada pela altura de lâmina de água, porém a altura máxima estudada foi de 15 cm, o que proporcionou uma redução do número de perfilhos e conseqüentemente de panículas por metro quadrado.

Os valores de correlação entre atributos de solo e produtividade, apresentaram valores altos para alguns elementos, principalmente magnésio (Mg) com 49%, cálcio (Ca) 37%, CTC Efetiva (34%), saturação de bases 29% , e pH em água 27%. Na maioria dos pontos onde se apresentava os maiores teores de cálcio e magnésio, obteve-se as maiores produtividades, conforme pode ser visualizado na Figura 2.

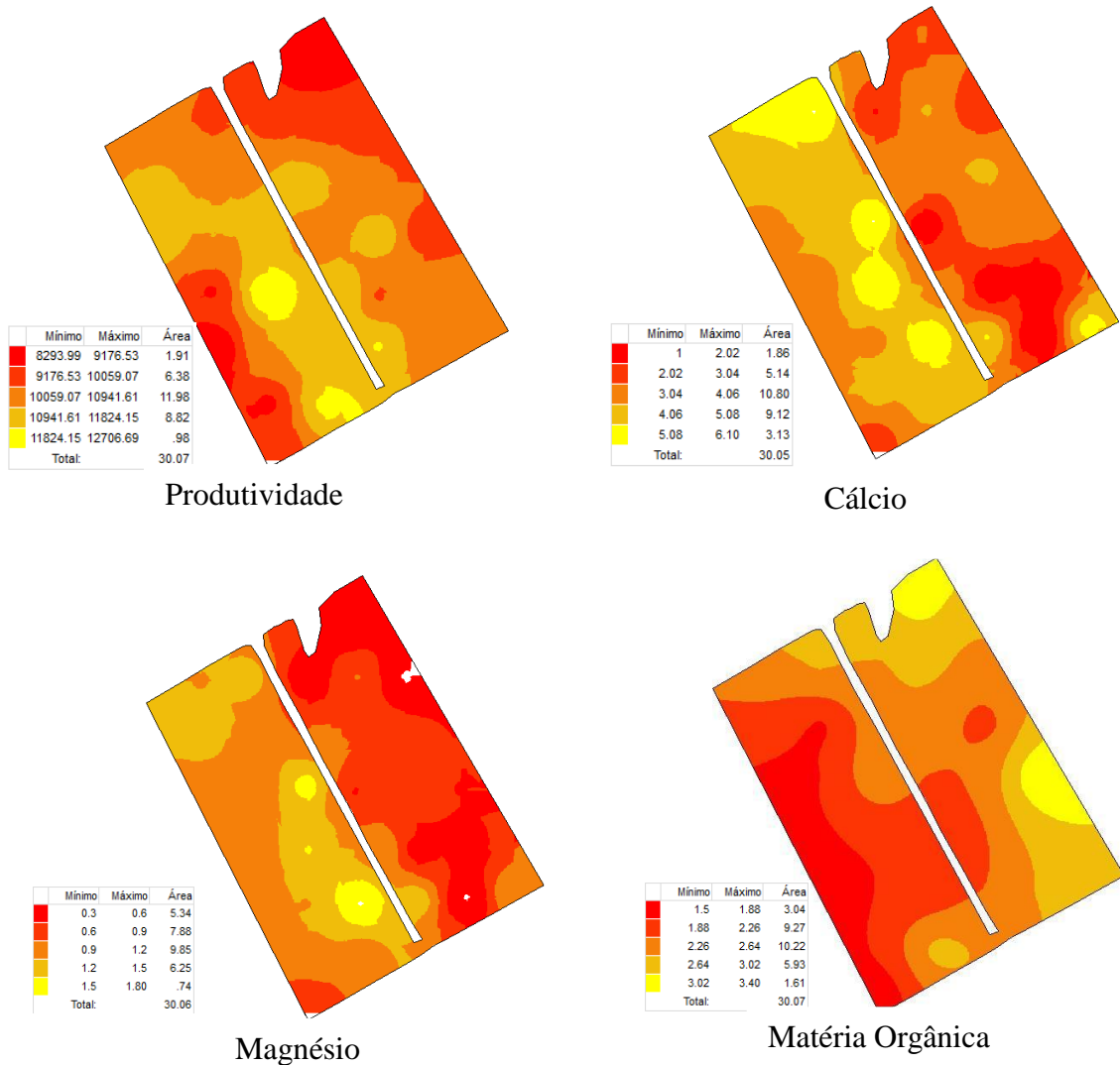


Figura 2: Mapas com teores de cálcio, magnésio, matéria orgânica e produtividade da área estudada.

WERNER (2004), ao analisar as correlações entre produtividade de soja e atributos de solo, encontrou correlações positivas para cálcio (39,4%), magnésio (37%), potássio (23%), matéria orgânica (18%) e pH (13,8%) embora houve correlação negativa para fósforo (-9,1%), e argila (-0,4%). Valores semelhantes, foram encontrados na cultura do arroz irrigado, para

cálcio (38%), magnésio (36%) e (33%) para a saturação de bases (DURIGON, 2007). Também, BELLE (2009), obteve correlações positivas de CTC, magnésio, matéria orgânica e cálcio com mapas de colheita, na cultura da soja e milho ao longo das safras investigadas.

Os outros atributos de solo, apresentaram valores positivos, mas não expressivos, com exceção da matéria orgânica e fósforo, que apresentaram valores negativos. A matéria orgânica teve uma correlação negativa com a produtividade (-5%), onde os pontos de maiores teores de matéria orgânica não coincidiram com os pontos de maior produtividade, o que pode estar relacionado com o baixo teor de matéria orgânica encontrado na área.

RODRIGUES (2001), através de resultados processados por programas geoestatísticos para estudar o nível de dependência e a estrutura da variabilidade espacial dos dados de produtividade e de atributos de solo, verificou que ao analisar os mapas de produtividade de três safras seguidas (milho, soja, milho), nenhum dos atributos estudados do solo correspondeu isoladamente a um fator limitante ou estimulante à produção. Esta informação vai ao encontro do que relatam outros autores, que deve-se expandir a compreensão dos processos complexos de interação que vão desde a variabilidade espacial e temporal da cultura em desenvolvimento até o ambiente que a envolve (BLACKMORE, 2003).

Ao analisar as correlações dos atributos químicos, nota-se uma tendência de que fatores que são influenciados diretamente pela prática de correção de solo com calcário, estão ligados as maiores correlações com produtividade, principalmente teores de cálcio, magnésio, CTC e saturação de bases. Nesse sentido, DOBERNANN (1994), verificou que a fertilidade do solo, é um dos fatores de peso que explicam a produtividade do arroz, sugerindo que o pH do solo, seja um critério para mapeamento do solo.

Na área estudada, os atributos avaliados, conforme Tabela 3, o grau de dependência espacial foi considerado como moderado para todas as avaliações, não ocorrendo nenhuma situação cuja dependência espacial fosse considerada fraca.

Tabela 3 – Parâmetros geoestatísticos dos principais atributos químicos de solo e produtividade da área estudada.

Atributo	Parâmetro			Modelo	Classe
	Efeito Pepita	Patamar	Alcance		
pH H ₂ O	2.81	8.9	235.88	Esférico	Moderada
P mg/dm ³	0.01	0.02	176.91	Esférico	Moderada
K mg/dm ³	36.15	92.2	353.82	Esférico	Moderada
MO %	0.04	0.21	472.79	Esférico	Moderada
Ca cmol/dm ³	1.12	2.12	117.64	Esférico	Moderada
Mg cmol/dm ³	0.06	0.15	235.88	Esférico	Moderada
CTC pH 7 cmol/dm ³	3.22	7.2	235.88	Esférico	Moderada
Saturação Al %	30.55	63.62	176.91	Esférico	Moderada
Saturação Bases %	82.06	180.34	235.88	Esférico	Moderada
Média Lâmina Água cm	0.86	1.96	294.85	Exponencial	Moderada
Produtividade kg/ha	433716.5	1165298	294.85	Esférico	Moderada

No que se refere ao alcance das variáveis estudadas, foi encontrado uma variação de 117.64 metros para cálcio e 472.79 metros para matéria orgânica. Isso demonstra que, uma amostragem de solo utilizando um *grid* de um hectare foi suficiente para representar a variabilidade do solo existente na área. Diferentemente, em um estudo realizado por PARFITT et al. (2009) em áreas sistematizadas de arroz, estes encontraram dependência espacial para a variável matéria orgânica a um alcance de 44,7 metros, necessitando desta forma que a malha amostral seja menor que 0,5 hectares, para áreas sistematizadas.

Noller (2012), verificou em estudo realizado com arroz irrigado, uma dependência espacial moderada para matéria orgânica com alcance de 731 metros e forte para cálcio com alcance de 202 metros, corroborando para que, a utilização de um *grid* de um hectare é suficiente para amostragens químicas de solo para a cultura do arroz irrigado em áreas com sistema de nivelamento de solo em desnível. Atributos que apresentam forte dependência espacial são mais influenciados por propriedades intrínsecas do solo, como textura e mineralogia, enquanto que os que apresentam fraca dependência são mais influenciados por fatores externos, principalmente os de manejo do solo (CAMBARDELLA, 1994).

Já para as variáveis produtividade e altura média de lâmina de água, estas possuem um alcance de 294.85 metros, sugerindo a utilização de uma malha de amostragem maior. Para as áreas de arroz irrigado não sistematizadas como a do experimento realizado, percebe-se que o

grau de dependência espacial tende a ser moderado, o que explica-se em parte pelo não revolvimento de horizontes do solo, o que de certa forma facilita o uso da geoestatística.

4.6 Conclusão

A produtividade de arroz irrigado, apresentou variabilidade espacial na safra estudada.

Houve dependência espacial nos atributos de produção, o que indica ser suficiente a malha de amostragem de um hectare.

As maiores correlações de atributos químicos de solo com produtividade, foram cálcio e magnésio, demonstrando a importância destes, para definir áreas de manejo.

4.7 Referências Bibliográficas

BELLÉ, G. L. **Agricultura de precisão: Manejo da fertilidade com aplicação a taxa variada de fertilizantes e sua relação com a produtividade de culturas**. 2009, 141f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

BLACKMORE, B. S. **Developing the principles of Precision Farming**. Agrotech 99. Barretos, Brazil, Barretos Institute of Technology, 1999.

BLACKMORE, B. S. **The role of yield maps in precision farming**. Doctoral Thesis, Silsoe College, Cranfield University, 2003. Disponível na Internet. https://www.uni-hohenheim.de/fileadmin/einrichtungen/mpt/PhD_Projects/Blackmore-PhD2003.pdf em 30 de Jul. 2015.

BOENI, M. et al. **Evolução da fertilidade dos solos cultivados com arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. Cachoeirinha, RS. IRGA, 2010. 40 p. (Boletim técnico, 9).

CAMBARDELLA, C. A.; E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soil. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.58, n.5, p. 1501-1511, 1994.

COELHO, E. C. et al. Influência da densidade amostral e do tipo de interpolador na elaboração de mapas temáticos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, p.165-174, 2009.

DURIGON, R. **Aplicação de técnicas de manejo localizado na cultura do arroz irrigado (*Oriza sativa L.*)**. 2007. 149 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2007.

DURIGON, R. et al. Correlações entre atributos químicos do solo e atributos da cultura e da produtividade do arroz irrigado. **Ciência Rural**, V.39, n°.9, p.2629-2633, dez,2009.

FURLANI, J. E. et al. Épocas de início da inundação do solo e altura da lâmina de água em arroz irrigado. Bragantia. Instituto Agronômico de Campinas, v. 54, n. 2, p. 413-418, 1995. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/27633>, 02 de nov. 2015.

GOMES, F. P.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais**. São Paulo; Fealq, 2002.

LIMA, E. V. et al. **Participação do colmo principal e dos afilhos na produtividade do arroz irrigado, em função da densidade de semeadura**. Bragantina. 2010, vol.69, n.2, pp. 387-393. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v69n2/18.pdf>.

MATSUSHIMA, S. **Crop science in rice: Theory of yield determination and its application**. Tokyo: Fuji, 1970. 379p.

MERCANTE, E. et al. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.27, p.1149-1159, 2003. Disponível em: . Acesso em: 29 jun. 2006. doi: 10.1590/S0100-06832003000600019.

MOLIN, J.P. A agricultura de precisão. Parte I: o que é e estado da arte em sensoriamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 17, n. 2, p. 97-107, dez. 1997. http://www.leb.esalq.usp.br/molin/agriprecisao_parte1.pdf em 30 de Jul. 2015.

NÖLLER, D. S. **Agricultura de precisão na cultura do arroz irrigado (*oryza sativa*) em áreas de solo sistematizadas e não sistematizadas**. 2012. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2012.

PARFITT, J. M. B. et al. Estruturação e sistematização da lavoura de arroz irrigado. In: GOMES, A. D. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. D. (Org). **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.p. 237-257.

RODRIGUES, J.B.T. **Variabilidade espacial e correlações entre atributos de solo e produtividade na agricultura de precisão**. Botucatu, 2001. 116p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

SANTOS, E. O. de J. et al. Variabilidade espacial de cálcio, magnésio, fósforo, potássio no solo e produtividade da pimenta-do-reino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**

Ambiental. Vol.16, n.10, pp. 1062-1068, 2012. Disponível na Internet: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v16n10/a05.pdf> em 16 Jan, 2016.

SARTORI, G. M. S. et al. Rendimento de grãos e eficiência no uso de água de arroz irrigado em função da época de semeadura. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.43, n.3, p.397-403, 2013.

SILVA, V. R. et al. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Vol.27, n.6, pp. 1013-1020. 2003. Disponível na Internet <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n6/19195.pdf> em 16 Jan. 2016.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas para o Sul do Brasil**. Bento Gonçalves, RS: SOSBAI, 2014.192p.

SOUZA, L. da S. et al. Variabilidade de Fósforo, Potássio e Matéria Orgânica no Solo em Relação a Sistemas de Manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:77-86, 1998. Disponível na Internet: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v22n1/11.pdf> em 16 de Jan. 2015.

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F. Introdução à Agricultura de Precisão: Conceitos E Vantagens. **Ciência Rural**, Santa Maria , v. 32, n. 1, p. 159-163, Fev. 2002. Disponível na Internet <http://www.scielo.br/pdf/cr/v32n1/a27v32n1.pdf> em 30 de Jul. 2015.

WEIRICH NETO, P. H. et al. Necessidade de fertilizante e calcário em área sob sistema plantio direto considerando variabilidade espacial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Vol.10, n.2, pp. 338-343. 2006. Disponível na Internet <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n2/v10n2a13.pdf> em 16 Jan. 2016.

WERNER, V. **Utilização de recursos de agricultura de precisão na geração de mapas de atributos, mapas de produtividade e aplicação de insumos a taxas variáveis**. 2004, 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

5 CONCLUSÃO FINAL

Nos levantamentos realizados dos atributos de produção de arroz irrigado, apresentam variabilidade espacial, o que reforça, que em áreas de plantio de arroz pode-se aplicar manejos localizados, visando redução de custos e otimização do uso de máquinas e insumos.

A partir dos resultados obtidos pode-se inferir que a produtividade de arroz irrigado não foi influenciada pelo número de operações de nivelamento de solo e sua interferência na altura da lâmina de água. Foi observado, uma correlação de produtividade com número de panículas por área, mas sem interferência significativa no rendimento final da cultura, o que não justifica economicamente a segunda operação de nivelamento de solo.

O número de panículas é um fator a ser observado no momento da definição da densidade de semeadura, pois sofre influência da população de plantas. Já as correlações referentes aos atributos químicos de solo como o magnésio e o cálcio com a produtividade da cultura do arroz irrigado, demonstram a importância destes para auxiliar na determinação de zonas de manejo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, A. S. et al. Cultivo de Arroz Irrigado no Brasil. **Embrapa Clima Temperado**. Sistemas de Produção 3. 2005. Disponível na Internet <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/cap07.htm>. Acesso em: 19 jan. 2016.

GOMES, A. S. et al. **A água: distribuição, regulamentação e uso na agricultura, com ênfase ao arroz irrigado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 44 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 250).

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. (IRGA). **Censo da Lavoura de Arroz Irrigado do Rio Grande do Sul**. Safra 2014/15. Disponível em http://www.irga.rs.gov.br/upload/20150710145210produtividade_municipios_safr_14_15.pdf f. Acesso em: 12 de set. 2015.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas para o Sul do Brasil**. Bento Gonçalves, RS: SOSBAI, 2014. 192p.