

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS ITAQUI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**INFLUÊNCIA DO EVENTO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL NO
CUSTO DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO PARA A
CULTURA DO ARROZ IRRIGADO (*Oryza sativa* L.) EM
URUGUAIANA/RS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Andreone Cristiano Ceccon Saueressig

**Itaqui/RS, Brasil
2021**

ANDREONE CRISTIANO CECCON SAUERESSIG

**INFLUÊNCIA DO EVENTO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL NO
CUSTO DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO PARA A
CULTURA DO ARROZ IRRIGADO (*Oryza sativa* L.) EM
URUGUAIANA/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Orientador: Cleber Maus Alberto

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

S255i Saueressig, Andreone Cristiano Ceccon

INFLUÊNCIA DO EVENTO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL NO CUSTO DA
IRRIGAÇÃO POR ASPERSAO PARA A CULTURA DO ARROZ IRRIGADO
(Oryza sativa L.) EM URUGUAIANA/RS / Andreone Cristiano
Ceccon Saueressig. 26 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) --
Universidade Federal do Pampa, AGRONOMIA, 2021.

"Orientação: Cleber Maus Alberto".

1. El Niño Oscilação Sul. 2. Irrigação por Aspersão. 3.
Arroz irrigado. 4. Eficiência de Recursos Hídricos. 5.
Planejamento Agrícola. I. Título.

ANDREONE CRISTIANO CECCON SAUERESSIG

INFLUÊNCIA DO EVENTO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL NO
CUSTO DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO PARA A
CULTURA DO ARROZ IRRIGADO (*Oryza sativa* L.) EM
URUGUAIANA/RS

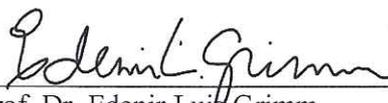
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Agronomia da
Universidade Federal do Pampa
(UNIPAMPA), como requisito parcial para
obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 13/09/2021
Banca examinadora:

Cleber Maus
Alberto:96964901000

Assinado digitalmente por Cleber Maus
Albeto:96964901000
DN: cn=Cleber Maus Alberto:96964901000, c=BR,
ou=ICP-Brasil, ou=UNIPAMPA - Universidade Federal
do Pampa,
email=CLEBERALBERTO@UNIPAMPA.EDU.BR
Date: 2021.09.28 20:06:15 -03'00'

Prof. Dr. Cleber Maus Alberto
Orientador
Curso de Agronomia - UNIPAMPA



Prof. Dr. Edénir Luis Grimm
Engenharia Agrícola - Instituto Federal Farroupilha



Eng. Agrônomo Me. Lorenzo Dalcin Meus
Engenharia Agrícola - UFSM

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus pais Valmor Saueressig e Nidia Saueressig, juntamente minhas irmãs Andressa Taborda e Anna Julia Saueressig, meu cunhado Célio Taborda e aos amigos da empresa Vetagro, sem esquecer de meus amigos e colegas de graduação que além de transmitirem o apoio e o incentivo necessário, fizeram parte dessa trajetória ao meu lado como acadêmico e futuramente como profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por sempre estar comigo em todos os momentos e nunca me deixar só, digno de toda honra e glória.

Aos meus queridos pais Valmor Cristiano Machado Saueressig e Nidia Luciane Jardim Ceccon Saueressig, que me prestavam apoio e incentivo contribuindo para minha formação, crescimento pessoal, sem nunca me deixar faltar algo e prestando o apoio necessário para meu desenvolvimento humano.

A memória de Nilda Jardim Ceccon e Dinah Oliveira Tavares pelo exemplo humano ao sempre contribuir e incentivar meus estudos durante a vida e me colocar no caminho certo.

A minha tia Nádia Rosana Barbosa Martins pelo ensinamentos, conselhos e apoio durante a vida, servindo como inspiração e exemplo de vida.

A meu avô Miguél Bróglia Ceccon pelo apoio e incentivo durante a vida, auxiliando na formação de meu caráter como pessoa.

As minhas irmãs Andressa Taborda e Anna Julia Saueressig, que me prestaram apoio e incentivo durante minha trajetória acadêmica juntamente com meu cunhado Célio Taborda que além de ser um exemplo pessoal é também como profissional como engenheiro agrônomo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Cleber Maus Alberto, pelos ensinamentos dentro e fora da academia, sendo um exemplo profissional e amigo.

Aos meus professores, minha gratidão, por estarem me conduzindo e contribuindo na minha formação profissional e humana.

Aos amigos e colegas do Grupo de Estudo em Água e Solo (GEAS) pela colaboração e pelos bons momentos vividos juntos

A todos os colegas de curso e da UNIPAMPA, pelo convívio e pelos momentos de amizade e apoio, em especial, Jonathan Waldecir Correa de Melo, Eduardo Rodrigues Molinari, Mariane Almeida Campus, Taináh Espinosa, Daniel Ciro de Souza, Daniele Felício Rodrigues, André Fontana Weber, Leonardo Koga, Felipe Koga, Igor Silveira Elesbão, Wéslei Marques de Bairros, Leonardo Inzabralde Selso, entre outros.....

Por fim gostaria de agradecer a todos da empresa Vetagro Consultoria em especial Ramiro Alvarez de Toledo, Leandro Lopes Wendler, Gustavo Hernandez, Cássio Copello Comis, Paulo Rogério Franco dos Santos que além de agregar conhecimento ao trabalho auxiliarem em meu desenvolvimento profissional e humano.

RESUMO

INFLUÊNCIA DO EVENTO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL NO CUSTO DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO PARA A CULTURA DO ARROZ IRRIGADO (*Oryza sativa* L.) EM URUGUAIANA/RS

Autor: Andreone Cristiano Ceccon Saueressig

Orientador: Cleber Maus Alberto

Local e data: Itaqui, 13 de setembro de 2021

O presente trabalho teve como objetivo estimar o custo e o uso da água na irrigação por aspersão para a cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) e analisar a influência dos fenômenos El Niño e La Niña afim de determinar seus impactos econômicos na irrigação de acordo com a data de emergência. O trabalho foi realizado com a implantação de um modelo de soma térmica utilizando a plataforma Excel®, e teve como base a cidade de Uruguaiana/RS, maior produtor do estado do Rio Grande do Sul. O período analisado foi de 15 de setembro a 15 de maio entre os anos de 2010 a 2020, totalizando 10 safras agrícolas e contou com a obtenção de dados das plataformas INMET e SISDAGRO, onde foram obtidas as Temperaturas Máxima e Mínima, Precipitação e Evapotranspiração de Referência. Foram estipuladas três lâminas de irrigação por aspersão (100, 150 e 200% da Evapotranspiração da Cultura, ETC). A necessidade de irrigação foi determinada com base na precipitação, quando superior a 5, 20 e 30 mm não foi contabilizada a irrigação no mesmo dia, no seguinte e nos dois dias seguintes, respectivamente. O custo foi estimado com base no valor médio do kWh/mm dos últimos 5 anos, obtido por meio de consulta a uma empresa especializada na região. Ao observar os dados de precipitação, constatou-se que a presença do fenômeno El Niño acarreta aumento no volume precipitado, bem como na redução da evapotranspiração da cultura, e favorece a distribuição de chuvas durante o período analisado, o que reduz o custo e o volume irrigado, favorecendo a utilização do sistema. Quando a ocorrência de La Niña ou Neutro, tem-se um maior uso de água e por consequência maiores custos com irrigação.

ABSTRACT

INFLUENCE OF THE EL NIÑO SOUTH OSCILLATION EVENT ON THE COST OF SPRINKLER IRRIGATION FOR THE CULTURA OF IRRIGATED RICE (*Oryza sativa* L.) IN URUGUAIANA/RS

Author: Andreone Cristiano Ceccon Saueressig

Advisor: Cleber Maus Alberto

Local and date: Itaqui, September 13, 2021

The present work aimed to estimate the cost and use of water in sprinkler irrigation for the cultivation of irrigated rice (*Oryza sativa* L.) and to analyze the influence of the El Niño and La Niña phenomena in order to determine their economic impacts on the irrigation of according to the Emergency date. The work was carried out with the implementation of a thermal sum model using the Excel® platform, and was based on the city of Uruguaiana/RS, the largest producer in the state of Rio Grande do Sul. The period analyzed was from September 15 to 15 from May between 2010 and 2020, totaling 10 agricultural harvests and had data obtained from the INMET and SISDAGRO platforms, where the Maximum and Minimum Temperatures, Precipitation and Evapotranspiration References were obtained. Three sprinkler irrigation depths were stipulated (100, 150 and 200% of the Culture Evapotranspiration, ETC). The need for irrigation was determined based on rainfall, when irrigation above 5, 20 and 30 mm was not accounted for on the same day, on the following and on the two following days, respectively. The cost was estimated based on the average value of kWh/mm over the last 5 years, obtained by consulting a company specialized in the region. By observing the precipitation data, it was found that the presence of the El Niño phenomenon causes an increase in the precipitated volume, as well as a reduction in crop evapotranspiration, and favors the distribution of rainfall during the analyzed period, which reduces the cost and irrigated volume, favoring the use of the system. When the occurrence of La Niña or Neutro, there is a greater use of water and consequently higher irrigation costs.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** – Precipitação Pluviométrica em relação ao fenômeno ENOS entre o período de 15 de setembro a 15 de maio entre os anos de 2010 e 2020 para o município de Uruguaiana/RS. 16
- FIGURA 2** – Evapotranspiração de Referência em relação ao Fenômeno ENOS no período de 15 de setembro a 15 de maio entre 2010 e 2020 para o município de Uruguaiana/RS..... 17
- FIGURA 3** –Evapotranspiração total da cultura em relação a lâmina de irrigação e data de emergência da cultura no período de 2010 a 2020, para ocorrência de El Niño (A), La Niña (B) e Neutro (C), para o município de Uruguaiana, RS..... 18
- FIGURA 4** – Duração do ciclo de desenvolvimento da cultura do arroz (Cultivar) irrigado por aspersão em função da data de emergência e lâmina de irrigação e para a cidade de Uruguaiana/RS no período de 2010 a 2020, para ocorrência de eventos El Niño (A), La Niña (B), Neutro (C) e Duração Média em relação a lâmina de Irrigação (D)..... 20
- FIGURA 5** – Irrigação total por hectare durante o ciclo da cultura em relação a época de emergência, ocorrência do fenômeno ENOS e lâmina de irrigação para Uruguaiana/RS no período de 2010 a 2020, para ocorrência de eventos El Niño (A), La Niña (B) e Neutro (C). 22
- FIGURA 6** – Custo Médio por hectare da Irrigação por Aspersão de acordo com a lâmina de irrigação, fenômeno ENOS e data de emergência da cultura para Uruguaiana/RS no período de 2010 a 2020, para ocorrência de eventos El Niño (A), La Niña (B) e Neutro (C)..... 24

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Temperaturas cardinais (°C) inferior (Tb), ótima (Tot) e superior (TB) para as fases de desenvolvimento (EM-R1, R1-49 e R4-R9) de acordo com COUNCE et al., 2000. Itaquí, RS, 2021.....	14
TABELA 2 – Tempo térmico acumulado (Tta °C dia ⁻¹) estimado da duração das fases do ciclo da cultura (°C) em relação a lâmina de irrigação de acordo com BARTZ et al., 2017.	14

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 MATERIAL E MÉTODOS	13
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	166
4 CONCLUSÕES	25
5 REFERÊNCIAS	255

1 INTRODUÇÃO

O Arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) é uma das principais atividades agrícolas do Rio Grande do Sul, desempenhando importante papel social e econômico para a região. Segundo (CONAB, 2021) a área semeada na safra 2020/2021 chegou a 968,7 mil hectares. A região que mais se destaca está a Fronteira Oeste com 269,9 mil hectares (IRGA, 2021), sendo o município de Uruguaiana o principal produtor, com 69,5 mil hectares semeados na safra 2020/21 (IRGA, 2021).

Um dos fatores que mais impactam na produção é o custo com irrigação, representando aproximadamente 13,9% do custo de produção (IRGA, 2021). A principal forma de irrigação para a cultura do arroz é por meio de inundação que segundo SOSBAI (2018), requer a contínua manutenção da lâmina d'água e também acarreta maiores custos com operações e manutenção do maquinário. De acordo com SOSBAI (2018), sistema de irrigação requer de 6 a 12 mil m³ de água por hectare durante o período irrigado da cultura, quantidade essa mais elevada quando comparada a outros sistemas de irrigação. Um dos desafios impostos a pesquisa e o setor produtivo está em lidar com a escassez de recursos hídricos e no aumento da eficiência do uso da água na produção agrícola (Pinto et al., 2016). Como sistema de irrigação alternativo, pode ser usado o sistema de irrigação por pivô central.

A irrigação por aspersão com a utilização de pivô-central é uma alternativa promissora para a cultura, uma vez que reduz o uso d'água, diminui o número de operações de preparo de solo e possibilita a implantação do sistema plantio direto bem como auxilia na rotação de culturas como a soja (*Glycine Max* L.).

Diante do cenário atual de grande demanda da produção agrícola e da procura por sistemas mais eficientes no uso de recursos naturais como a água, o investimento em tecnologia tem se tornado mais comum entre os produtores da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul.

A tecnologia tem sido amplamente utilizada para maximizar os processos da lavoura. No entanto, a carência de informação a respeito do manejo de irrigação é o principal fator que implica na decisão quanto a adoção desse sistema, especialmente quando consideramos a variabilidade climática, que segundo BOEIRA et al. (2021) está diretamente ligada aos fenômenos El Niño Oscilação Sul sobre a cultura do arroz-irrigado (*Oryza sativa* L.).

O arroz irrigado, bem como as demais culturas, está sujeito a ação dos eventos climáticos, sendo variável a sua resposta conforme as oscilações de temperatura, umidade relativa, radiação solar e precipitação pluviométrica, interferindo diretamente sobre o custo de produção. O fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) se trata da elevação ou da redução da

temperatura média do Oceano Pacífico tropical, interferindo diretamente na precipitação e na temperatura do ar, atuando diretamente sobre toda a América do Sul e com grande impacto no estado do Rio Grande do Sul (Jacóbsen et al., 2004).

1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho teve como objetivo estimar o custo e o uso da água no sistema de irrigação por pivô central na cultura do arroz irrigado para Uruguaiana/RS.

1.2 Objetivos Específicos

Analisar os impactos do fenômeno ENOS em diferentes datas de emergência, lâminas de irrigação e duração do ciclo de desenvolvimento da cultura para a região de Uruguaiana/RS.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para esse estudo numérico foram utilizados dados meteorológicos da região de Uruguaiana. Segundo a classificação climática de Köppen o clima é do tipo Cfa com temperatura média entorno de 20,1°C e boa distribuição de chuvas com média anual de 1.113,7 mm de acordo com o Atlas Climático da Região Sul do Brasil (WREGGE et al., 2011). Os dados de precipitação pluviométrica (PP, mm), temperatura máxima (T. Máx, °C) e mínima do ar (T. Mín, °C) foram obtidos por meio da estação automática A809 (-29.83987; -57.081899), por meio da plataforma INMET. A evapotranspiração de referência (ET_o) foi obtida por meio da plataforma SISDAGRO. Os dados foram processados e analisados por meio de planilha de cálculo eletrônica Microsoft Office Excel®. Para determinar o ciclo de desenvolvimento da cultura foi usado o método da soma térmica. O Tempo Térmico Diário (TTD °C dia⁻¹) foi calculada utilizando o método de cálculo 3.1 proposto por Bartz et al. (2017):

$$TTD = (T.Med - Tb) \times 1 \quad \text{se } Tb \leq T.Med \leq TB$$

$$TTD = \left[(T_{opt} - Tb) \times (TB - T.Med) \times \left\{ \frac{TB - T.Med}{TB - T_{opt}} \right\} \right] \quad \text{se } T_{opt} < T.Med \leq TB$$

$$\text{se } T.Med < Tb \rightarrow T.Med = Tb$$

$$\text{se } T.Med > TB \rightarrow T.Med = TB$$

$$ST = TTD + STDA$$

TTD = Tempo Térmico Diário ($^{\circ}\text{C dia}^{-1}$)
 Topt = Temperatura Ótima ($^{\circ}\text{C dia}^{-1}$)
 Tb = Temperatura Basal Inferior ($^{\circ}\text{C dia}^{-1}$)
 T. Med = Temperatura Média do dia ($^{\circ}\text{C}$)
 TB = Temperatura Basal Superior ($^{\circ}\text{C dia}^{-1}$)
 STDA = Soma Térmica do Dia Anterior

A simulação do manejo de irrigação e ciclo de desenvolvimento foi feita para acultivar IRGA 424 RI, que segundo SOSBAI (2018) apresenta alto potencial produtivo e boa qualidade industrial, e representa 49,6% da área cultivada com arroz no Rio Grande do Sul na safra 2019/20 (IRGA, 2020). O ciclo de desenvolvimento foi simulado com o modelo de soma térmica proposto por Bartz et al. (2017), utilizando as temperaturas cardinais e soma térmica conforme as Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Temperatura Basal Inferior (Tb), Temperatura Ótima (Topt) e Temperatura Basal Superior (TB) para as fases do ciclo de desenvolvimento, onde EM = Emergência; R1 = Diferenciação da panícula; R4 = Antese; R9 = Maturidade dos grãos da panícula. de acordo com COUNCE et al. (2000), adaptado de BARTZ et al. (2017).

Fase de Desenvolvimento		Temperaturas Cardinais ($^{\circ}\text{C}$)		
		Tb	Topt	TB
IRGA 424	EM - R1	9,3	28	40
	R1 - R4	15	25	35
	R4 - R9	15	23	35

Os valores de soma térmica ($^{\circ}\text{C dia}^{-1}$) foram obtidos com base nos resultados apresentados por Bartz et al. (2017), que utilizou três lâminas de irrigação: 100, 150 e 200% da ETc do que foi estabelecido por Allen et al. (1998).

Tabela 2. Tempo térmico acumulado estimado da duração das fases do ciclo da cultura ($^{\circ}\text{C}$) em relação a lâmina de irrigação. Adaptado de BARTZ et al. (2017).

Fase	Lâmina de Irrigação (%)		
	100	150	200
EM-R1	939,59	846,12	849,21
R1-R4	1257,05	1136,24	1164,02
R4-R9	1426,37	1323,19	1341,93

O Coeficiente de Cultivo (Kc) foi calculado diariamente tendo como base os valores pré-estabelecidos por Allen et al. (1998), onde foram utilizados 1,05, 1,125, 1,2 e 0,9 para as fases de EM-R1, R1-R4 e R4-R9 respectivamente, levando em conta a Soma Térmica Acumulada Dentro da Fase (STi °C), onde o STi foi calculado com base nos valores descritos na Tabela 2 por BARTZ et al. (2017).

$$Kci = Kcin + \left(\frac{Kcfin - Kcin}{Lfase} \right) \times STi$$

$$ETC = Kci \times ETo$$

Onde:

Kc_i: Valor de Kc para o dia, na respectiva fase

Kc_{in}: Valor de Kc no início da respectiva fase

Kc_{fin}: Valor de Kc no final da respectiva fase

L_{fase}: Duração da fase (°C dia)

STi: Soma térmica acumulada dentro da fase (°C dia)

ETC: evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹)

Os dados foram processados por meio de planilha eletrônica, levando em consideração os dados de 10 safras. O período analisado foi de 15 de setembro a 15 de maio, durante os anos de 2010 a 2020. Após análise os dados foram agrupados de acordo com a predominância do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS), responsável por promover alterações na temperatura do Oceano Pacífico Equatorial que de acordo com Glantz (2001), pode ser expresso na fase quente (El Niño), fria (La Niña) e Neutra. Foram usadas as seguintes datas de emergência: 15/set, 30/set, 15/out, 30/out, 14/nov, 29/nov e 14/dez.

O custo do sistema de irrigação foi obtido com base na média do custo do kWh por mm de irrigação nos últimos 5 anos fornecido por uma empresa especializada da região sendo este definido como R\$ 0,85/mm/ha. A irrigação e o custo foram dispensados no dia quando a PP foi maior que 5 mm, em 2 dias quando ≥ 20 mm e em 3 dias quando ≥ 30 mm.

Após a coleta e filtragem de dados, foram feitas análises de regressão e distribuição para volume de irrigação e custo para os anos com El Niño, La Niña e Neutro e datas de emergência.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na série de 10 safras analisadas (2010 a 2020), observou-se que as temperaturas em anos de El Niño (EN) sofrem menos oscilação que anos de La Niña (LN) e Neutro (NT). É possível observar também que anos de LN e NT caracterizam Temperaturas Mínimas (T. Mín) inferiores a EN e Temperaturas Máximas (T. Máx) mais elevadas, resultando em maior amplitude térmica durante a safra. A Temperatura média (T. Méd) foi relativamente próxima em todos os anos. Embora a temperatura apresente comportamento semelhante, a diferença se encontra no volume de precipitação como mostra a Figura 1.

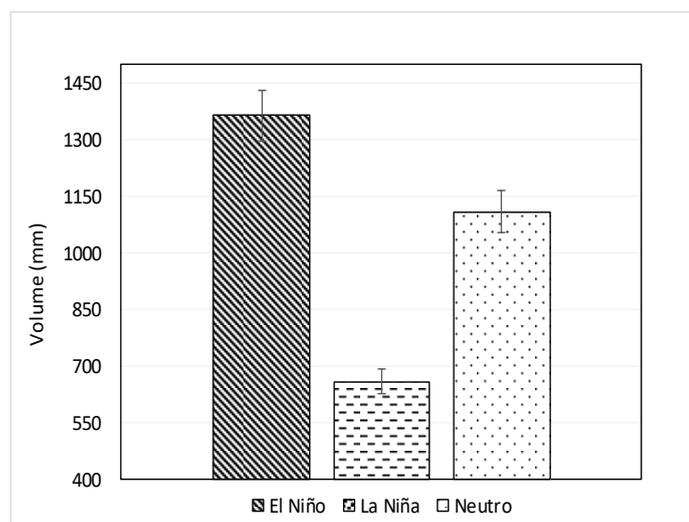


Figura 1: Precipitação Pluviométrica em relação ao fenômeno ENOS entre o período de 15 de setembro a 15 de maio entre os anos de 2010 e 2020 para o município de Uruguaiana/RS.

Observou-se na Figura 1 que anos onde ocorre o fenômeno EN, tem-se maiores volumes de precipitação, alcançando volume médio 69,8% superior à normal climatológica que é de 803,98 mm descrita por Atlas Climático da Região Sul do Brasil (WREGGE et al., 2011). Em anos com predominância do fenômeno LN os volumes precipitados foram de 18,1% menores (660 mm) que a normal. Para anos NT a precipitação foi de 1110 mm 38% superior à normal climatológica.

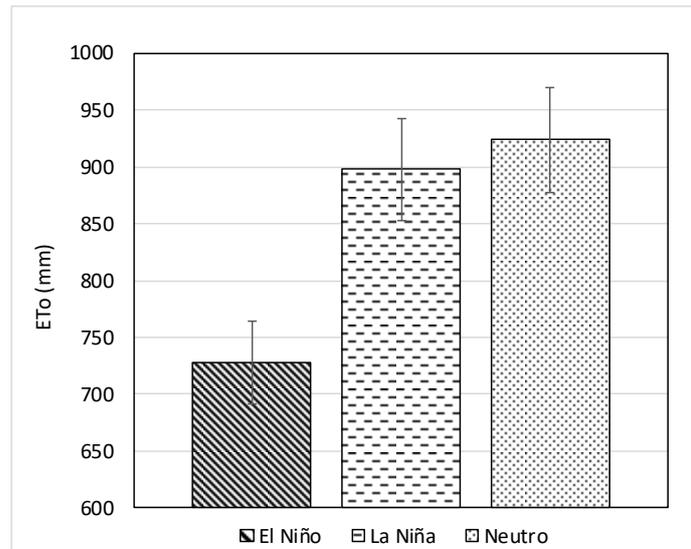


Figura 2: Evapotranspiração de Referência em relação ao Fenômeno ENOS no período de 15 de setembro a 15 de maio entre 2010 e 2020 para o município de Uruguaiana/RS.

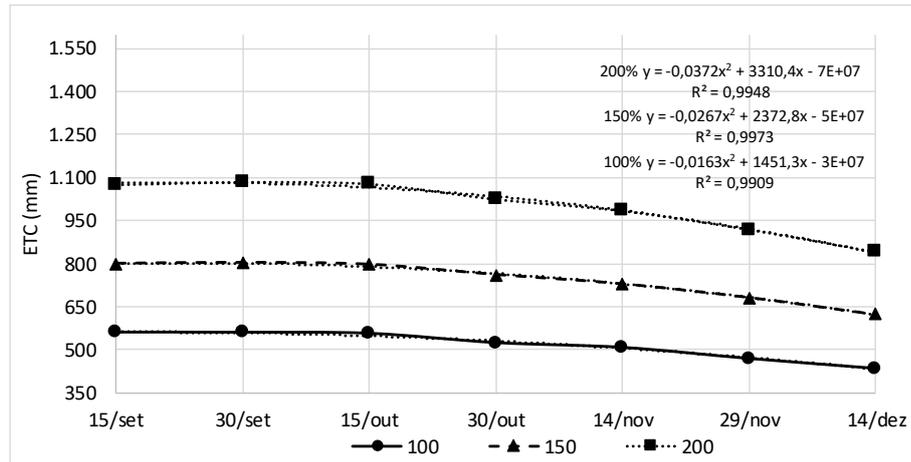
Na Figura 2 é possível observar que a demanda evapotranspiratória é menor em um ano EN em comparação com os demais, sendo que para um ano NT tem-se o maior volume evapotranspirado. Na série estudada pela Figura 1 a precipitação em anos NT foi 38% superior que a normal, a Evapotranspiração de Referência (ETO) é a maior registrada, o que reforça o trabalho de STRECK et al. (2008), onde a Umidade Relativa (UR%) para um ano NT é inferior a um ano de EN e semelhante a LN (Figura 2).

A evapotranspiração da cultura acumulada (ETC, mm) durante o ciclo de desenvolvimento da cultura também é variável de acordo com a época de emergência, uma vez que os fenômenos climáticos EN, LN e NT provocam alterações nos elementos climáticos como Precipitação, ETo, UR e por consequência o volume evapotranspirado da cultura (Figura 3). Para anos de EN mantendo-se estável até 15 de outubro, onde se tem os maiores volumes de ETC, e posterior redução para todas as lâminas. Já com a ocorrência de fenômenos LN, pode-se observar ajuste quadrático na demanda evapotranspiratória, o ápice se dá quando a emergência ocorre entre os dias 15 e 30 de outubro. Para predominância de Neutralidade tem-se comportamento linear decrescente na ETC, sendo o maior volume quando a emergência ocorre no dia 15 de setembro, com redução média de 33,9 mm a cada 15 dias no intervalo de emergência da cultura.

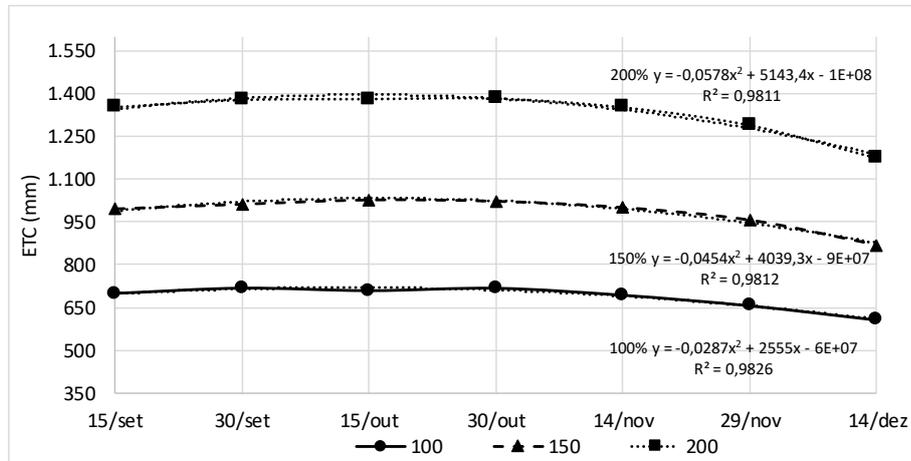
Também foi possível observar que os fenômenos ENOS afetam a evapotranspiração da cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.), sendo o fenômeno EN o mais impactante, interferindo principalmente no volume da precipitação e umidade relativa. Com relação a um ano NT, o fenômeno EN apresentou uma redução de 23,4% na evapotranspiração da cultura, de acordo com MATZENAUER et al. (2017), isso se deve a melhor distribuição e volume da

precipitação, especialmente na primavera. Já anos onde ocorre o fenômeno LN, é possível observar um acréscimo de até 2,1% na evapotranspiração comparado a um ano NT devido ao menor aporte pluviométrico e pela maior amplitude térmica, que segundo MATZENAUER et al. (2017), também está ligado ao baixo volume precipitado durante a primavera.

(A)



(B)



(C)

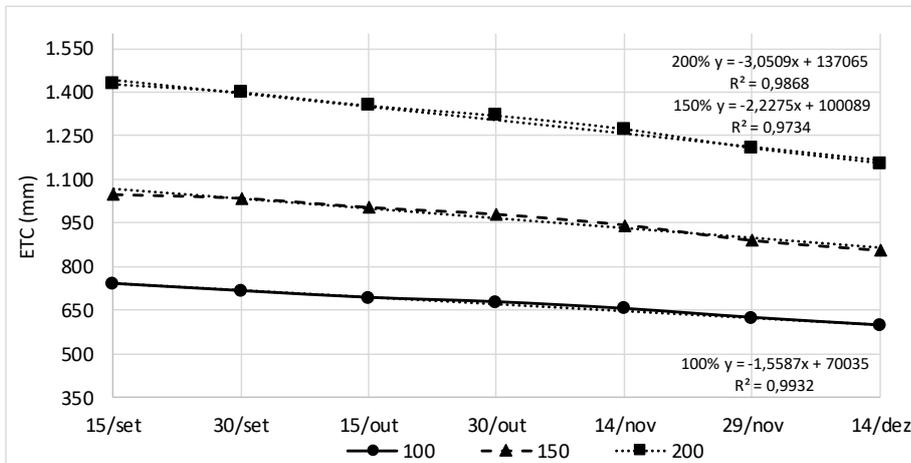


Figura 3: Evapotranspiração total da cultura em relação a lâmina de irrigação e data de emergência da cultura no período de 2010 a 2020, para ocorrência de El Niño (A), La Niña (B) e Neutro (C), para o município de Uruguaiana, RS.

Ao observar a Figura 3 pode-se notar que a ETC também é dependente da data de emergência da cultura e lâmina de irrigação. Da mesma forma ocorre com a duração do ciclo da cultura, que por sua vez é influenciada pela temperatura média, responsável pela soma térmica.

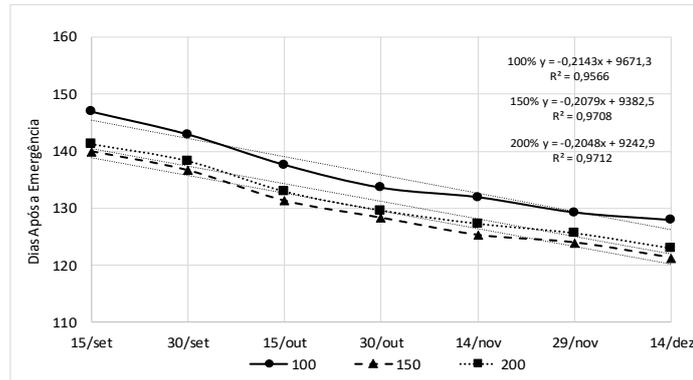
Independente do fenômeno ENOS, a lâmina de irrigação de 100% resulta em maior duração do ciclo da cultura, apresentando um comportamento linear decrescente conforme os intervalos de emergência (Figura 4). Nos demais tratamentos, foi observado o mesmo comportamento a lamina de 100%, no entanto as lâminas de 150 e 200% apresentaram resultados semelhantes em relação a duração do ciclo.

É possível observar também que a ocorrência do fenômeno EN acarretou a maior redução na duração do ciclo da cultura, principalmente quando a emergência se dá antes de 15 de outubro, independente da lâmina de irrigação aplicada.

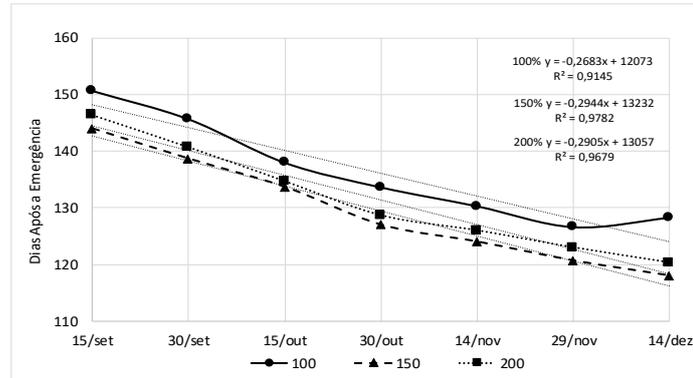
Se tratando da ocorrência de LN, é possível observar um comportamento semelhante a EN, no entanto a duração do ciclo é maior e com possibilidade de ocorrência de frio quando a época de semeadura for no início de dezembro com a utilização da lâmina de 100% de irrigação. A duração maior do ciclo da cultura também pode ser um indicativo de aumento de custos com irrigação no período vegetativo e também maior risco de perdas por fatores abióticos.

Durante os anos considerados NT, o padrão é semelhante a ocorrência de LN até a data de 14 de novembro, onde ocorre um aumento da duração do ciclo, tal fator pode ser explicado pela ocorrência de frio mais cedo em relação aos demais e pela incapacidade do modelo em simular com exatidão o desenvolvimento da cultura em períodos do dia em que a temperatura média esteve a cima da temperatura base devido ao mesmo levar em conta apenas a temperatura média da variação térmica do dia.

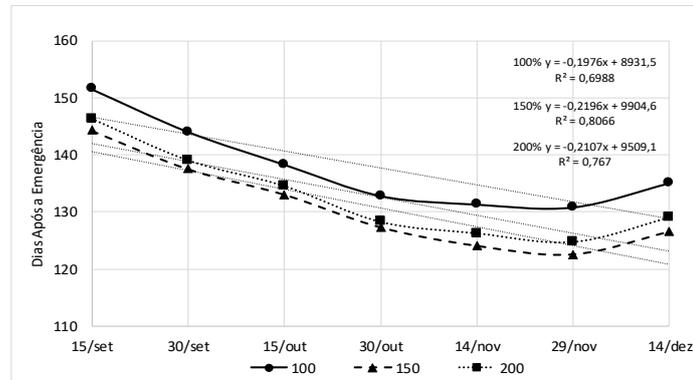
(A)



(B)



(C)



(D)

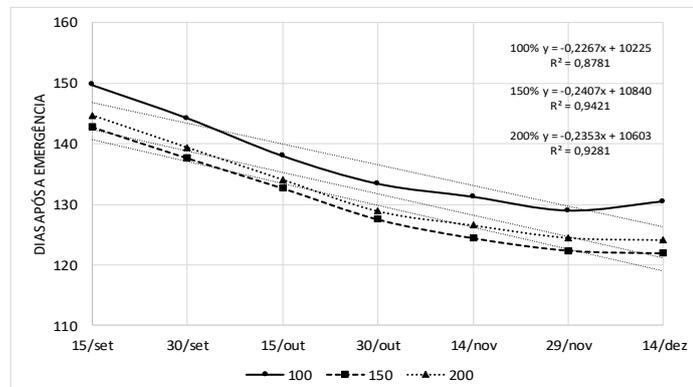


Figura 4: Duração do ciclo de desenvolvimento da cultura do arroz (Cultivar) irrigado por aspersão em função da data de emergência e lâmina de irrigação e para a cidade de Uruguaiana/RS no período de 2010 a 2020, para ocorrência de eventos El Niño (A), La Niña (B), Neutro (C) e Duração Média em relação a lâmina de Irrigação (D).

A duração média do ciclo de desenvolvimento da cultura é diretamente dependente da lâmina de irrigação, sendo que para a lâmina de 100% ocorre redução de até 6 dias a cada quinzena analisada até 30 de outubro (Figura 4).

Quando analisada a lâmina de 150%, verificou-se redução de até 5 dias quando a emergência ocorreu até o dia 14 de novembro. Já para a lâmina de 200% verificou-se uma redução entorno de 5 a 6 dias até a data de 30 de outubro.

De maneira geral, observou-se que quanto mais tardia ocorrer a emergência, e por consequência a semeadura, menor será a duração do ciclo, podendo a cultura ser prejudicada pela ocorrência de frio em final de ciclo. Desta forma quando a emergência for tardia, é indicado que se utilize lâminas maiores de irrigação, levando em consideração os demais resultados apresentados no trabalho.

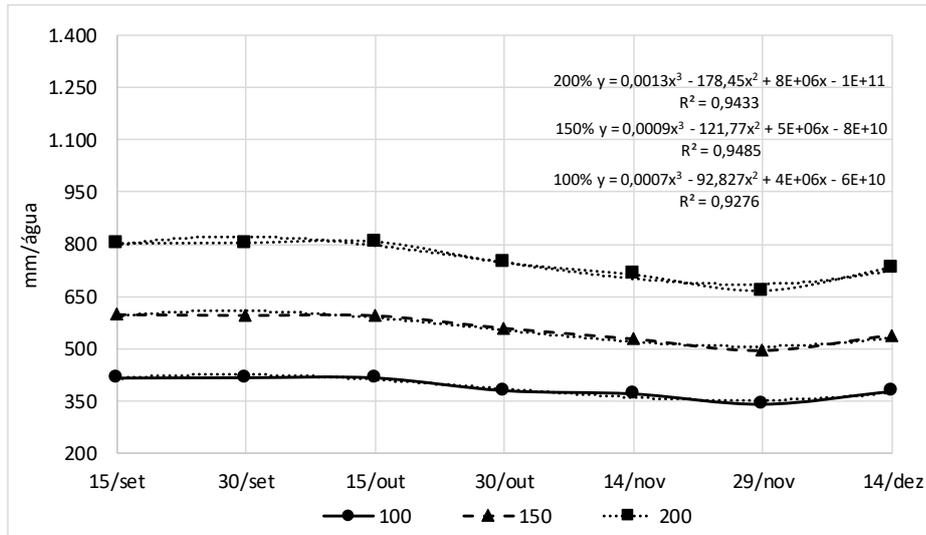
A ocorrência do fenômeno EN reduz significativamente o uso da água (Figura 5), o que pode ser explicado pela distribuição da precipitação como apresentado na Figura 1, com um leve aumento para a última data de emergência que se deve a influência da temperatura em final de ciclo. O volume de água utilizado variou entorno de 100 mm para todas as lâminas de irrigação para a ocorrência de EM para todas as datas de emergência.

Quando observado fenômeno LN, pode-se afirmar que o consumo de água é maior comparado com EN e NT, apresentando os maiores valores entre quando a emergência ocorre entre os dias 15 e 30 de outubro.

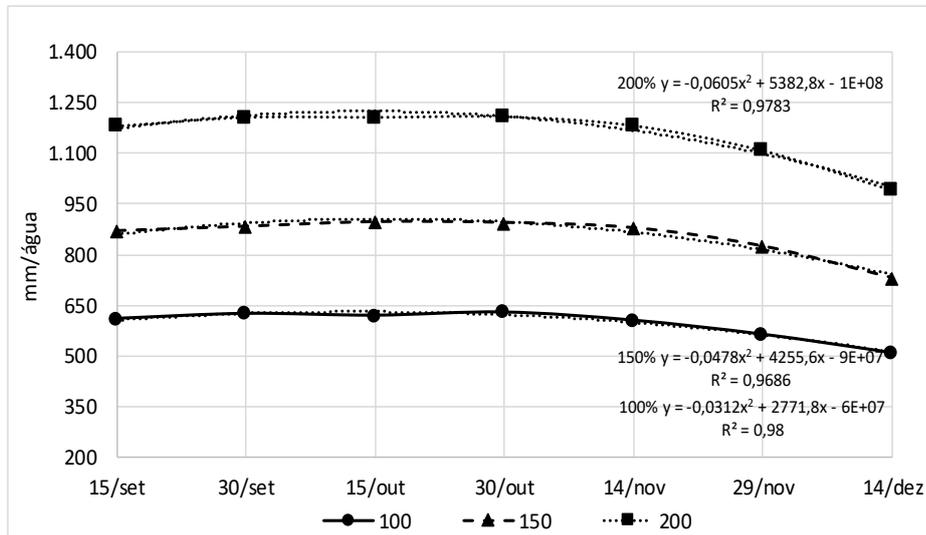
Em anos NT ocorre diminuição do uso da água conforme o atraso na época de emergência, sendo semelhante a ocorrência de LN, embora tenha uma precipitação a cima da média.

Quando se tem a ocorrência de NT a evapotranspiração é similar e até superior a ocorrência de LN, indicando que o fator pode estar na umidade relativa do ar, e dessa forma explicando o maior uso de água na irrigação quando compara aos anos de EN e NT.

(A)



(B)



(C)

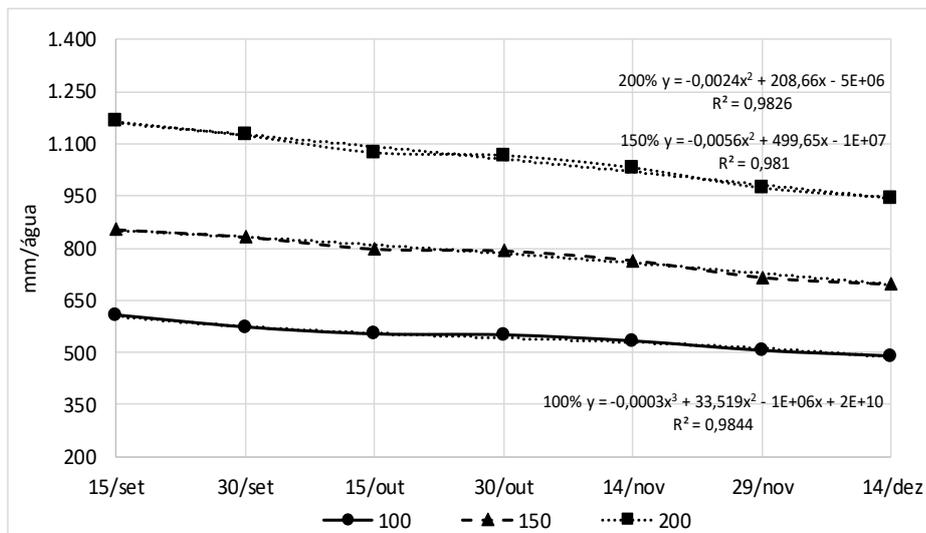


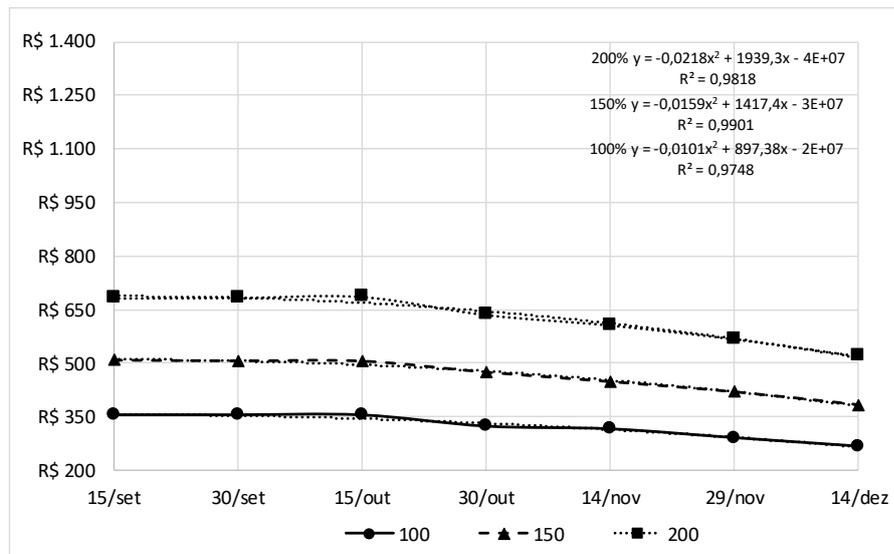
Figura 5: Irrigação total por hectare durante o ciclo da cultura em relação a época de emergência, ocorrência do fenômeno ENOS e lâmina de irrigação para Uruguaiana/RS no período de 2010 a 2020, para ocorrência de eventos El Niño (A), La Niña (B) e Neutro (C).

Na série estudada, quando se tem a ocorrência do fenômeno EN, tem-se estabilidade no custo para emergência até 15 de outubro (Figura 6), após esse período ocorre redução de até R\$ 17,40; R\$ 24,50 e R\$ 33,4/ha a cada 15 dias no intervalo de emergência para as lâminas de 100, 150 e 200%, respectivamente.

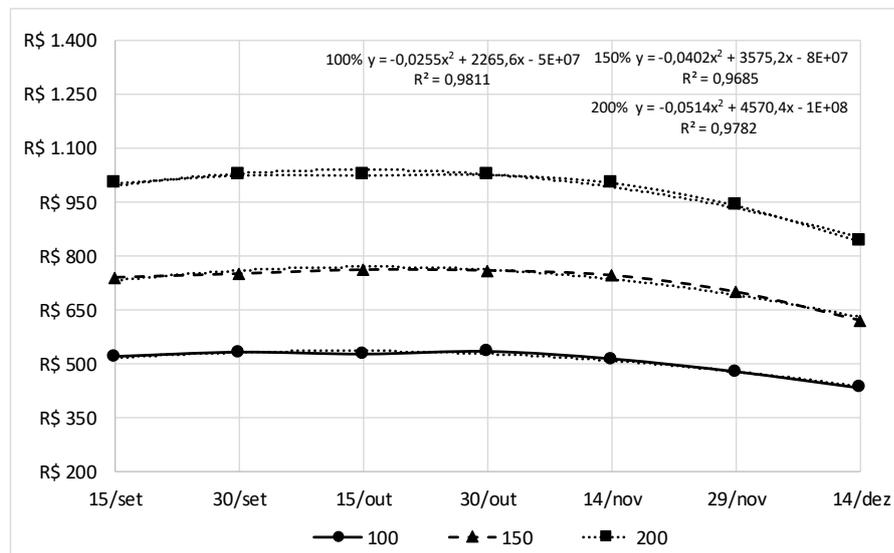
Para a ocorrência do fenômeno LN, o comportamento da curva apresenta os maiores valores entre 15 e 30 de outubro. O fenômeno também ocasiona o maior custo de irrigação na cultura entre os demais, isso se deve ao menor aporte hídrico na região, entorno de 650 mm e a temperaturas mais elevadas conforme as Figuras 1 e 2, levando a elevada evapotranspiração da cultura como retratado na Figura 2. Por outro lado, a ocorrência do fenômeno indica também maior aporte de radiação solar a cultura pelo baixo volume de chuvas no período, favorecendo que maiores volumes de irrigação sejam convertidos em aumento de produtividade para a cultura.

A ocorrência de ano NT, pode indicar a presença de frio remanescente, o que favorece o aumento do ciclo da cultura no aumento do período vegetativo e por consequência a demanda hídrica é maior e apresenta comportamento linear decrescente (Figura 6). O processo novamente é similar a LN, porém a distribuição de chuvas é um fator limitante, levando a maiores custos com irrigação em comparação com a ocorrência de EN.

(A)



(B)



(C)

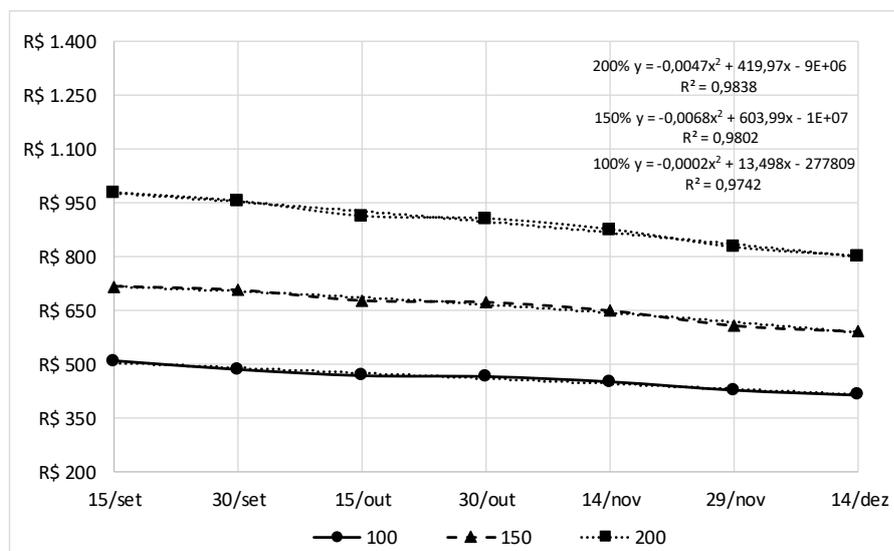


Figura 6: Custo Médio por hectare da Irrigação por Aspersão de acordo com a lâmina de irrigação, fenômeno ENOS e data de emergência da cultura para Uruguaiana/RS no período de 2010 a 2020, para ocorrência de eventos El Niño (A), La Niña (B) e Neutro (C).

Estimou-se com boa precisão o custo e o volume irrigado em relação ao manejo e as condições do produtor, podendo ser utilizado como base para auxílio na tomada de decisão para implantação e manejo do sistema. Devido a carência de informações, sugere-se estudos envolvendo a soma térmica das culturas em relação a diferentes manejos de irrigação, época de emergência e latitude.

4 CONCLUSÕES

O custo médio de irrigação por hectare foi de R\$ 470,59, R\$ 738,14 e R\$ 672,26 para os anos de El Niño, La Niña e Neutro respectivamente. Sendo a ocorrência de El Niño a que apresentou o menor custo.

O volume médio irrigado foi de 566,17, 791,87 e 867,79 mm por hectare para os anos de El Niño, Neutro e La Niña respectivamente.

Para a ocorrência do fenômeno El Niño observou-se um maior custo de irrigação quando a emergência ocorre antes até 15 de outubro. Já para anos de La Niña tem-se um maior custo de irrigação quando a emergência ocorre no período de 15 a 30 de outubro. Para a ocorrência de um ano Neutro o custo vai reduzindo de forma linear com o passar das épocas de emergência.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, RG; PEREIRA, LS; RAES, D.; SMITH, M. Evapotranspiração da cultura: diretrizes para calcular os requisitos de água da cultura. Roma: **FAO**, 1998. 300p. (FAO. Artigo de irrigação e drenagem, 56).

BARTZ, A.C.; MUTTONI, M.; ALBERTO, C.M.; STRECK, N.A.; MACHADO, G.A.; GIACOMELI, R.; HELGUEIRA, D.B.; MOURA, D.S. Thermal time in sprinkler-irrigated lowland rice. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 52, n. 7, p. 475-484, jul. 2017.

BOEIRA, L.S; GONÇALVES, G.M.S; BARTELS, G.K; SILVEIRA, J.F.; COLLARES, G.L. Influência do Fenômeno El-Niño Oscilação Sul no Cultivo de Arroz Irrigado na Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo. **Irriga**. Botucatu, v. 1, n. 2, p. 344-356, jul, 2021

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB: 6º Levantamento da safra 2020/2021. Disponível em < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra> >, 2021.

COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, v. 40, n. 2, 2000.

GLANTZ, M.H. Currents of change: impacts of El Niño and La Niña on climate and society. 2nd ed. **Cambridge: Cambridge University Press**, 2001. 252p.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ – IRGA: Evolução da Semeadura - Safra 2020/21. **IRGA**, 2021.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ – IRGA. IRGA 424 RI é a cultivar mais utilizada no RS. Disponível em < <https://cutt.ly/VmtPft3> >, 2020.

JACÓBSEN, L.O.; FONTANA, D.C.; SHIMABUKURO, Y.E. Efeitos Associados a El Niño e La Niña na vegetação do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 2, 2004.

MATZENAUER, R.; RADIN, B., MALUF, J.R.T. O fenômeno ENOS e o regime de chuvas no Rio Grande do Sul. **Agrometeoros**. Passo Fundo, v. 25, n. 2, p. 323-331, dez 2017.

PINTO, M.A.B.; PARFITT, J.M.B.P.; TIMM, L.C.; FARIA, L.C.; SCIVITTARO, W.B. Produtividade de arroz irrigado por aspersão em terras baixas em função da disponibilidade de água e de atributos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 51, n. 9, p.1584-1593, set. 2016.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO – SOSBAI. Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Santa Maria: **SOSBAI**, 2018. 205p.

STRECK, N.A.; ROSA, H.T.; LIDIANE CRISTINE WALTER, L.C.; BOSCO, L.A.; LAGO, I.; HELDWEIN, A.B. El Niño Southern Oscillation and the interannual variability of Pan evaporation and air relative humidity in Santa Maria, RS, Brazil. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.38, n.5, p.1452-1455, ago, 2008

WREGGE, M.S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; DE ALMEIDA, I.R. Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: **Embrapa Florestas**, 2011. 336 p.