

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Sabrina Kítina Giordano Fortes

CONTROLE DE QUALIDADE E INTERAÇÃO GENÓTIPO  
AMBIENTE EM ENSAIOS DE COMPETIÇÃO DE GENÓTIPOS DE  
ARROZ

Santa Maria, RS  
2018

**Sabrina Kítina Giordano Fortes**

**CONTROLE DE QUALIDADE E INTERAÇÃO GENÓTIPO  
AMBIENTE EM ENSAIOS DE COMPETIÇÃO DE GENÓTIPOS DE  
ARROZ**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Dal'Col Lúcio

Santa Maria, RS  
2018

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de geração automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo autor.

---

Todos os direitos autorais reservados a Sabrina Kítina Giordano Fortes. A reprodução de partes ou todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte. Endereço: Rua Benjamim Constant, nº 1178, Bairro: Centro, Santa Maria, RS, CEP: 97050-021. Endereço eletrônico: [sabrina-giordano@hotmail.com](mailto:sabrina-giordano@hotmail.com)

---

**Sabrina Kítina Giordano Fortes**

**CONTROLE DE QUALIDADE E INTERAÇÃO GENÓTIPO AMBIENTE EM  
ENSAIOS DE COMPETIÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**

**Aprovada em 17 de Outubro de 2018:**

---

**Prof. Dr. Alessandro Dal'Col Lúcio (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Prof. Dr. Sidinei José Lopes (UFSM)**

---

**Dr. Edgar Alonso Torres Toro (RiceTec Sementes Ltda.)**

Santa Maria, RS  
2018

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela proteção e pelas forças concedidas para vencer os obstáculos impostos no cotidiano.

A Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional.

A RiceTec sementes pela confiança na disponibilidade dos dados que deram origem a este trabalho, em especial ao Edgar e Luiz pela parceria e oportunidade.

Ao meu orientador, Alessandro Dal'Col Lúcio pela amizade, confiança, incentivo, paciência, orientação e ensinamentos transmitidos.

A minha família pelo amor, incentivo e apoio para que se concretizasse a busca pelos meus ideais, mesmo com a minha ausência constante em seu dia a dia. Em especial a minha amada mãe Neide que sempre acreditou em mim, e forneceu palavras de apoio quando mais foi preciso.

A meu noivo/namorado Cirineu, por me acompanhar e apoiar nas escolhas, por estar sempre ao meu lado em todos os projetos, tanto acadêmicos quanto pessoais.

Aos meus colegas e amigos da RiceTec, Rodrigo, Maicon, Marília, Juliana, Paulo, Caroline, que de alguma forma sempre me incentivaram, ajudaram e apoiaram para que concluísse mais esta etapa.

*“Ninguém ignora tudo, ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso, aprendemos sempre.”*

*Paulo Freire*

## RESUMO

### CONTROLE DE QUALIDADE E INTERAÇÃO GENÓTIPO AMBIENTE EM ENSAIOS DE COMPETIÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ

AUTORA: Sabrina Kítina Giordano Fortes  
ORIENTADOR: Prof. Dr. Alessandro Dal'Col Lúcio

Os objetivos deste estudo foram estimar os limites para a classificação da precisão experimental, verificar a significância da interação genótipo ambiente e identificar a estabilidade e a adaptabilidade dos genótipos de arroz em diferentes grupos de ambientes de cultivo. Foram utilizados dados de produtividade de grãos de vinte e quatro ensaios de competição de genótipos de arroz irrigado, realizados em duas safras (2016/17 e 2017/18) em onze municípios (ambientes) do Rio Grande do Sul e dois municípios em Santa Catarina. Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso, com três repetições e nove genótipos. Foram determinados os limites de classe de precisão experimental pelo pseudo-sigma dos coeficientes de variação e diferença mínima significativa. Foram estimadas as estatísticas acurácia seletiva e herdabilidade. Realizou-se análise conjunta por safra. Procedeu-se com estratificação de ambientes e a decomposição da interação em parte simples e complexa. Foi feito estudo da adaptabilidade e estabilidade com base nos métodos de regressão linear e simples e análise não paramétrica. A qualidade das inferências levando em consideração as respostas obtidas pela acurácia seletiva muito alta ( $>0,90$ ) a alta ( $>0,70$ ), coeficiente de variação geral, de médio ( $\leq 10,86\%$ ) a baixo ( $\leq 1,62\%$ ) e diferença mínima significativa geral, de média ( $\leq 31,53\%$ ) a baixa ( $\leq 4,70\%$ ) para estes ensaios são de boa precisão para a variável produtividade. O ambiente influencia no desempenho de genótipos para o caráter produtividade. Os genótipos híbridos são superiores aos cultivares convencionais, para o caráter produtividade de grãos.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa* L., precisão experimental, erro experimental, estratificação de ambientes, adaptabilidade e estabilidade.

## ABSTRACT

### QUALITY CONTROL AND GENOTYPE Vs. ENVIRONMENT INTERACTION IN COMPETITION TESTS OF RICE GENOTYPES

AUTHOR: Sabrina Kítina Giordano Fortes  
PROFESSOR: Prof. Dr. Alessandro Dal'Col Lúcio

The objectives of this study were to estimate the limits for classifying the experimental precision, to verify significance of genotype vs. environment interaction and to identify the adaptability and stability of rice genotypes among groups of cultivation environments. Grain yield data of 24 yield trials coming from crop seasons 2016/17 and 2017/18 in eleven municipalities of Rio Grande do Sul and two from Santa Catarina. The experiment design was randomized blocks with 3 replications and 9 genotypes. There were determined the limits of class for experimental precision using pseudo-sigma of the coefficients of variation and the least significant difference. Heritability and selective accuracy were estimated. Combined analysis was done by crop season. Environment stratification and decomposition of the interaction were divided in simple and complex. Adaptability and stability study was done based on the methods of linear and simple regression and non-parametric analysis. The quality of the inferences taking into consideration the answers obtained by the very high selective accuracy ( $>0,90$ ) to high ( $>0,70$ ), general coefficient of variation, intermediate ( $\leq 10,86\%$ ) to low ( $\leq 1,62\%$ ) and general least significant difference, from intermediate ( $\leq 31,53\%$ ) to low ( $\leq 4,70\%$ ) for these trials are of good precision for the variable yield. The environment influenced on the genotype performance for this variable. The cultivars hybrids are superior compared to the conventional ones for the variable yield.

**Keywords:** *Oryza sativa* L., experimental precision, experimental error, stratification of environments, adaptability and stability.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Especificações dos limites de classe para a classificação da precisão experimental para a estatística coeficiente de variação (CV), com aplicação idêntica para diferença mínima significativa (DMS), conforme LÚCIO et al. (1999). .....	18
Tabela 2. Especificações dos limites de classe para a classificação da precisão experimental para a estatística coeficiente de variação (CV), com aplicação idêntica para diferença mínima significativa (DMS), conforme Costa et al. (2002). .....	24
Tabela 3. Resumo da análise de variância individuais dos ambientes nas safras de 2016/17 e 2017/18, quanto ao caráter produtividade de grãos de genótipos de arroz ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )... ..	27
Tabela 4. Especificações dos limites de classe para a classificação da precisão experimental pelas estatísticas coeficiente de variação (CV%), diferença mínima significativa (DMS%), acurácia seletiva (AS) nas classes de precisão experimental de ensaios de genótipos de arroz em relação a produtividade de grãos. ....	29
Tabela 5. Valores das estatísticas coeficiente de variação (CV%), diferença mínima significativa (DMS%) e classificação nos limites de precisão experimental, nos 24 ambientes, distribuídos estes de modo global, somente híbridos experimentais (HE), híbridos comerciais (HC) e cultivares convencionais (CC). ....	31
Tabela 6. Valores das estatísticas acurácia seletiva (AS) e classificação nos limites de precisão experimental, e herdabilidade ( $h^2$ ) nos 24 ambientes, distribuídos estes de modo global, somente híbridos experimentais (HE), híbridos comerciais (HC) e cultivares convencionais (CC). ....	32
Tabela 7. Resumo das análises de variância conjunta, por safra, dos 11 ambientes na safra 2016/17 e 13 ambientes na safra 2017/18, quanto ao caráter produtividade de grãos de arroz ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). .....	33
Tabela 8. Médias de produtividade de grãos de genótipos de arroz ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) cultivado em 11 ambientes, na safra de 2016/17. ....	34
Tabela 9. Médias de produtividade de grãos de genótipos de arroz ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) cultivado em 13 ambientes, na safra de 2017/18. ....	35
Tabela 10. Resumo das análises de variância conjunta, por safra, dos 9 ambientes na safra 2016/17 e 8 ambientes na safra 2017/18, quanto ao caráter produtividade de grãos de arroz ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). .....	37
Tabela 11. Agrupamento dos ambientes de avaliação de genótipos de arroz, com base na interação GA não significativa, conforme LIN (1982) em 11 e 13 ambientes, para as safras 2016/17 e 2017/18, respectivamente. ....	37



Tabela 12. Estimativas de correlação entre ambientes (acima da diagonal) e estimativas percentuais das partes complexas (abaixo da diagonal), resultantes da decomposição da interação entre genótipos e pares de ambientes pelo critério de CRUZ e CASTOLDI (1991), Safra 2016/17.....	39
Tabela 13. Estimativas de correlação entre ambientes (acima da diagonal) e estimativas percentuais das partes complexas (abaixo da diagonal), resultantes da decomposição da interação entre genótipos e pares de ambientes pelo critério de CRUZ e CASTOLDI (1991), Safra 2017/18.....	39
Tabela 14. Parâmetros de adaptabilidade ( $\beta_{1i}$ ), estabilidade ( $\sigma^2_{di}$ ) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para produtividade de grãos de arroz ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), obtidos através do método de EBERHART e RUSSEL (1966) e LIN e BINNS (1988), nas safras 2016/17 e 2017/18, para 9 genótipos e 24 ambientes.....	41

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Descrição e localização dos ambientes, nas safras 2016/17 e 2017/18. Fonte: Google Maps, 2018. ....	22
Figura 2. Grupos de ambientes formados nas safras 2016/17 e 2017/18, e ambientes recorrentes em ambas as safras.....	38

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>14</b>
2.1	CULTURA DO ARROZ .....	14
2.2	CONTROLE DE QUALIDADE DE EXPERIMENTOS.....	16
2.3	INTERAÇÃO GENÓTIPO AMBIENTE .....	18
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>ANEXO A – GRÁFICOS DE PRECIPITAÇÃO, TEMPERATURAS MÍNIMAS, MÉDIAS E MÁXIMA NA SAFRA 2016/17, PARA OS 11 AMBIENTES.....</b>	<b>49</b>
<b>8</b>	<b>ANEXO B – GRÁFICOS DE PRECIPITAÇÃO, TEMPERATURAS MÍNIMAS, MÉDIAS E MÁXIMAS, NA SAFRA 2017/18 PARA 13 AMBIENTES,.....</b>	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) começou a ser cultivado a cerca de 10 mil anos em diversas regiões da Ásia, tendo sua origem precisamente no sul da China (ACEVEDO et al., 2006; ALVAREZ et al., 2008). Atualmente, este cereal é cultivado nos cinco continentes, sendo o asiático, responsável por 90,5% da produção. O Brasil está entre os dez maiores produtores, ocupando a 9ª posição com uma produção de menos de 2% da produção mundial (BORÉM e NAKANO, 2015).

A produção desse cereal se dá, principalmente, em solos hidromórficos e no sistema irrigado. Nesta situação, o estado do Rio Grande do Sul se destaca pelas extensas áreas, porém, poderiam ser utilizadas mais intensivamente, uma vez que há potencial para isso (SOSBAI, 2014). Para tanto, os manejos empregados devem ser adequados para a cultura, os genótipos utilizados devem ter potencial produtivo alto e empregar as tecnologias existentes de forma correta. Nos últimos anos, surgiram várias tecnologias que vêm contribuindo para o aumento da produtividade da cultura, como o desenvolvimento de híbridos.

A hibridação entre genótipos de arroz pode trazer vários benefícios no seu cultivo, uma vez que propicia o aumento de produtividade, por explorar o vigor híbrido, e poder ser conciliada com tecnologias de resistência a herbicidas. Contudo, para verificar a recomendação destas tecnologias é importante a realização de experimentos, de preferência em rede de ensaios, que forneçam resultados confiáveis para gerar inferências adequadas.

A realização de experimentos em rede assume importância também para o melhoramento genético das culturas, pois possibilita verificar o comportamento destes frente às variações dos ambientes (locais de realização do experimento). Frente a isso, vários estudos podem ser realizados, como o de interação genótipo-ambiente, análise de estabilidade e adaptabilidade, visando melhorar as recomendações das cultivares. Através deles, pode se identificar ambientes em que a resposta dos genótipos é semelhante, gerando uma única recomendação e, ainda, é possível verificar genótipos mais estáveis, adaptados ou ainda estáveis e adaptados frente aos diferentes ambientes.

Um experimento é bem conduzido quando os manejos são realizados de forma correta, com estrutura experimental adequada e com idoneidade para minimizar os erros sistemáticos durante a condução do mesmo. A qualidade de um experimento pode ser avaliada pela magnitude do erro experimental. O coeficiente de variação e a diferença mínima significativa são medidas da magnitude do erro experimental e devem ter valores baixos para indicar maior

confiança nas inferências do experimento. Para avaliar estas estatísticas de qualidade de experimentos podem ser realizadas classificações (alta, média e baixa) de acordo com a magnitude de cada uma delas. Contudo, para isso devem ser realizados estudos de distribuição destas estatísticas para obter os limites de controle de qualidade do experimento.

Diante disso, estudos sobre o comportamento dos erros em experimentos e da resposta de genótipos em ambientes distintos são importantes, porque norteiam próximos experimentos, bem como, melhoram as inferências sobre genótipos e ambientes ou grupo de ambientes. Além disso, estes estudos auxiliam toda cadeia produtiva de arroz, pois os programas de melhoramento poderão verificar a qualidade de seus experimentos e tanto técnicos quanto produtores estarão melhor informados de qual genótipo escolher frente a uma determinada situação. Dessa forma, os objetivos foram estimar os limites para a classificação da precisão experimental, verificar a significância da interação genótipo x ambiente de cultivo e identificar a estabilidade e a adaptabilidade dos genótipos de arroz em diferentes grupos de ambientes de cultivo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CULTURA DO ARROZ

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma gramínea pertencente à família botânica *Poaceae* que inclui em torno de 23 espécies amplamente distribuídas nas regiões pantropicais da América Central e do Sul, África, Oceania e Ásia (VAUGHAN et al., 2003; BORÉM e NAKANO, 2015). *O. sativa* apresenta duas principais subespécies formadas como resultado de isolamento e seleção: a índica, que é adaptada aos trópicos e a japônica, que é adaptada as regiões temperadas e tropicais (BORÉM e NAKANO, 2015). É considerado um dos alimentos indispensáveis à dieta humana, utilizado como base alimentar diária de mais de três bilhões de pessoas (SOSBAI, 2014; BORÉM e NAKANO, 2015). No Brasil, a média de consumo per capita é de 45 kg, estando abaixo da média estimada de consumo no mundo que é de 70 kg per capita (SOSBAI, 2016).

Frente ao que é consumido e sua importância na alimentação, esse cereal está entre os três mais produzidos no mundo, juntamente com o milho e o trigo (USDA, 2018). No Brasil, o arroz é produzido com maior expressão em cinco estados, sendo o Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC) os maiores produtores. Na safra 2017/18, ambos estados atingiram produtividades média de 7,8 ton.ha<sup>-1</sup>, 27,9% superior à média nacional (6,1 ton.ha<sup>-1</sup>), sendo que o RS teve produção de 8,4 mil ton<sup>-1</sup> e SC produção de 1,5 mil ton<sup>-1</sup>, contribuindo estes com 79,9% da produção nacional (CONAB, 2018).

Para o cultivo de arroz no país, há predomínio de dois sistemas de cultivo: o irrigado ou de terras baixas, que é responsável por 86% da produção, ocupando 58% da área cultivada; e o de sequeiro ou de terras altas, que perfaz 14% da produção, ocupando 42% da área (BORÉM e NAKANO, 2015). A região sul do país apresenta uma área de 6,8 milhões de hectares constituída de solos hidromórficos, destes, 80% está localizado no Rio Grande do Sul, grande parte deste tipo de solos são cultivados, predominantemente, por arroz irrigado (GOMES e MAGALHÃES JR, 2004). Segundo SOSBAI (2014), as áreas de arroz irrigado apresentam potencial para uso mais intensivo, principalmente, neste Estado. Portanto, o emprego de tecnologias no manejo e uso de genótipos de elevado potencial produtivo é indispensável para a obtenção de altas produtividades, sendo fatores primordiais que enfocam o desenvolvimento de pesquisas para o aperfeiçoamento do sistema.

Na busca por ampliar a produtividade nas áreas de cultivo, o melhoramento genético de arroz no Brasil assume uma grande importância. Inicialmente, as cultivares utilizadas no país eram pertencentes à subespécie japônica, apresentando características agrônomicas indesejáveis à cultura, tais como: porte elevado, folhas largas e decumbentes, baixa produtividade, grãos desuniformes em formato e tamanho, e após a cocção, apresentavam-se pegajosos e macios. Estas cultivares são descritas na literatura como tradicionais (SOSBAI, 2014). Posteriormente, foram introduzidas cultivares americanas, pertencentes a mesma subespécie das tradicionais, porém com características agrônomicas um pouco mais interessantes, tais como: altura intermediária de plantas, folhas lisas, estreitas e semieretas, e grãos tipo longo-fino, com bom rendimento industrial e cocção desejável. Estas características contribuíram para a substituição no cultivo das tradicionais. Em meados de 1983, foram lançadas as cultivares modernas, pertencentes ao subgrupo índica, que vieram substituir todas as cultivares utilizadas, por apresentarem características agrônomicas desejáveis como porte baixo, folhas eretas, alta capacidade de perfilhamento, grãos longo-finos, com qualidade industrial e de cocção semelhantes às americanas (SOSBAI, 2014).

Atualmente, o melhoramento genético continua contribuindo e muito com a melhoria das cultivares lançadas anualmente, com a inserção de tecnologias, como: o desenvolvimento de híbridos, resistência a herbicidas, tolerância a toxidez por excesso de ferro no solo, resistência a doenças, tolerância à estresse por temperatura, dentre outras características que contribuem para a melhoria do desempenho dos genótipos (STEIN, 2009; DIAS NETO, 2013; SOSBAI, 2014).

Dentre as tecnologias utilizadas nos genótipos de arroz, a hibridação tem destaque. No Brasil, o cultivo comercial de arroz híbrido teve início em 2003, com o uso de cultivares desenvolvidas por empresas privadas, sendo primeiramente a RiceTec com as cultivares híbridas Avaxi e Tuno CL lançadas em 2003 e 2004, respectivamente; a Bayer lançou o Arize QM1003 em 2006 (SOSBAI, 2014). Em 2003, o Instituto Rio Grandense de Arroz Irrigado-IRGA, com a colaboração da Fazenda Ana Paula - Brasil, e o Instituto de Pesquisa do Arroz de Hunan - China, iniciou suas pesquisas com híbridos (GOULART, 2012). A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, em 2004, retomou a parceria com o Centro de Cooperação Internacional em Pesquisa Agrônômica da França - CIRAD, com intuito de desenvolverem projetos de pesquisa de tecnologia em híbridos. Em 2010, resultante desta parceria, foi lançado o híbrido comercial BRCIRAD 302 (EMBRAPA, 2018).

Esta tecnologia é muito utilizada em diversos países, como a China, onde mais de 60% do arroz produzido neste país é oriundo de variedades híbridas (PRESTES, 2013; RICETEC, 2015). Porém, o percentual de uso de cultivares de arroz híbridas no Brasil é relativamente baixo, porém crescente (IRGA, 2018). Estimando-se que, a exemplo de outras culturas como o milho e o sorgo, que a área semeada está em quase 100% da totalidade ocupada com sementes híbridas, na cultura do arroz projeta-se que o uso desta tecnologia se destaque frente às cultivares modernas (PRESTES, 2013).

No âmbito mundial, o arroz em grande parte dos países é cultivado para o consumo doméstico. A produção nacional do grão aproxima-se do consumo doméstico, porém importam-se volumes próximos a um milhão de toneladas de arroz dos países do Mercosul para satisfazer a demanda interna do produto, principalmente, do Uruguai, da Argentina e do Paraguai (BORÉM e NAKANO, 2015).

Assim como em outras culturas, o mercado do arroz tem ampliado suas exigências por qualidade superior de grãos, tendo em vista que algumas características são determinantes na qualidade do grão influenciando diretamente no valor do produto no mercado, na aceitação pelo consumidor e na adoção de cultivares (PRESTES, 2013). Atualmente, as características mais usuais na determinação da qualidade de grãos são a aparência física, as propriedades culinárias e sensoriais e, mais recentemente, características nutricionais (ALUKO et al., 2004; BORÉM e NAKANO, 2015).

No mercado nacional, a busca do arroz pelo consumidor é pouco diversificada, tendo preferências ao arroz branco ou parboilizado, polido ou integral, com o formato longo e fino. Frente aos aspectos de qualidade industrial e de cocção, a preferência do mercado é para arroz vítreo, sem grãos manchados e gessados, com altos rendimentos de grãos inteiros após o beneficiamento (>60%) e que apresente soltabilidade após a cocção (PHILPOT et al., 2006; BORÉM e NAKANO, 2015).

## 2.2 CONTROLE DE QUALIDADE DE EXPERIMENTOS

Na execução de ensaios, seja em campo ou em ambientes teoricamente controlados como estufas e câmaras de germinação tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand), ocorre a presença de fatores não controlados, caracterizados como erros experimentais. Com o



conhecimento das origens (causas) dos erros, pode-se contornar e manter em níveis aceitáveis. Em vista disto, pode-se fazer inferências sobre a qualidade dos experimentos, em função da magnitude do erro experimental (STORCK et al., 2011).

O erro experimental são variações não controladas pelo pesquisador e que ocorrem de forma aleatória entre as unidades experimentais (UEs) que receberam o mesmo tratamento. Esse erro é decorrente da heterogeneidade das UEs, frente a pequenas variações de toda natureza, tanto antes da aplicação dos tratamentos quanto durante a execução dos ensaios e altera o quadrado médio do erro (QMerro) e, conseqüentemente, a precisão experimental. Outro erro que pode estar presente nos experimentos agrícolas é o erro sistemático. Este erro é decorrente quando um tratamento sofre influências positivas ou negativas em todas as repetições que quando somadas aos efeitos dos tratamentos alteram o quadrado médio de tratamento (QMtrat) e as inferências estatísticas sobre os efeitos dos tratamentos (LÚCIO et al., 2000). Esse erro sistemático não é previsto nos modelos matemáticos dos delineamentos experimentais e não deve ocorrer nos experimentos.

Para quantificar o erro experimental e avaliar sua magnitude, podem ser utilizadas estatísticas, tais como: o coeficiente de variação (CV), o coeficiente de precisão (CP), a diferença mínima significativa (DMS), a acurácia seletiva (AS), e a herdabilidade ( $h^2$ ) quando o experimento é realizado com genótipos. O coeficiente de variação, o coeficiente de precisão e a diferença mínima significativa, são altamente correlacionadas e suas magnitudes podem ser classificadas (alta, média ou baixa) seguindo critérios de classificação do coeficiente de variação (STORCK et al., 2011). Para STORCK et al. (2011) pressupondo que os coeficientes de variação (CVs) de uma dada categoria de experimentos tenha distribuição normal, a classificação pode ser dada pelos seguintes passos: (1) calcular as estatísticas de tendência central e de dispersão dos "n" CVs dos experimentos, pelas equações: Média  $M_{CV} = \sum_i CV_i/n$  e variância  $S^2_{CV} = \sum_i (CV_i - M_{CV})^2/(n-1)$  e (2) calcular os valores de  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  e  $X_4$  usando a relação  $Z_k = (X_k - M_{CV})/S_{CV}$ , em que  $Z_k$  tem distribuição normal padrão nos limites de probabilidade especificados na Tabela 1. Quando os CVs de uma dada categoria de experimentos não seguem a distribuição normal, para estabelecer as faixas de classificação da precisão experimental, utiliza-se o Pseudo-sigma (Ps), conforme COSTA et al. (2002).

Tabela 1. Especificações dos limites de classe para a classificação da precisão experimental para a estatística coeficiente de variação (CV), com aplicação idêntica para diferença mínima significativa (DMS), conforme LÚCIO et al. (1999).

Limites de classe	Probabilidade	Precisão
Menor que $X_1 = 1,67 \times S_{CV} + M_{CV}$	$P(CV \leq X_1) = 5\%$	Muito alta
entre $X_1$ e $X_2 = 0,64 \times S_{CV} + M_{CV}$	$P(X_1 < CV \leq X_2) = 20\%$	Alta
entre $X_2$ e $X_3 = 0,64 \times S_{CV} + M_{CV}$	$P(X_2 < CV \leq X_3) = 50\%$	Média
entre $X_3$ e $X_4 = 1,67 \times S_{CV} + M_{CV}$	$P(X_3 < CV \leq X_4) = 20\%$	Baixa
Maior que $X_4 = 0,64 \times S_{CV} + M_{CV}$	$P(CV > X_4) = 5\%$	Muito baixa

$S_{cv}$ : variância dos valores dos coeficientes de variação;  $M_{cv}$ : média dos valores dos coeficientes de variação.

A acurácia seletiva (AS) por não depender apenas da magnitude da variação residual e do número de repetições, mas também da proporção entre as variações de natureza genética e residual, associadas ao carácter em avaliação, deve ser um dos parâmetros mais relevantes para a avaliação de um ensaio de cultivares (RESENDE e DUARTE, 2007). Além disso, esta estatística se mostrou adequada para a avaliação da qualidade experimental em ensaios de competição nas culturas de arroz irrigado (CARGNELUTTI FILHO et al., 2012), em soja (STORCK et al., 2010) e em milho (CARGNELUTTI FILHO e STORCK, 2009).

Contudo, outra estatística favorável a precisão experimental é a herdabilidade ( $h^2$ ), pois tal medida é independente da média do ensaio, em que valores elevados estão associados a maiores variabilidades genéticas, e menores variâncias residuais, proporcionando adequabilidade como medida de precisão de experimentos (CARGNELUTTI FILHO e STORCK, 2009; RESENDE e DUARTE, 2007). Esta estatística se mostrou adequada para estimar o grau de precisão experimental de ensaios de competição de cultivares de milho (CARGNELUTTI FILHO e STORCK, 2009).

### 2.3 INTERAÇÃO GENÓTIPO AMBIENTE

As condições edafoclimáticas, as práticas culturais, a ocorrência de pragas e outras variáveis que afetam o desenvolvimento das plantas são chamados de efeito do ambiente, ou seja, são todos os fatores que afetam o desenvolvimento das plantas que não sejam de ordem genética. Devido a isso, um mesmo genótipo não irá apresentar a mesma produtividade em locais diferentes. A alteração na performance relativa dos genótipos, em virtude de diferenças de ambiente, denomina-se interação genótipo x ambiente (GA) (BORÉM e MIRANDA, 2009).

Dentre os fatores mais comuns que favorecem a interação GA estão os previsíveis, como: o fotoperíodo, tipo de solo, fertilidade de solo, época de semeadura, dentre outros, e os imprevisíveis como distribuição pluviométrica, umidade relativa do ar, temperatura atmosférica e do solo (BORÉM e MIRANDA, 2009).

A interação GA é um importante e desafiante fenômeno para melhoristas e agrônomos que atuam na recomendação de cultivares porque quanto maior a diversidade genética entre os genótipos e entre os ambientes, maior será a importância da interação GA (BORÉM e MIRANDA, 2009). As causas da interação têm sido atribuídas a fatores fisiológicos e bioquímicos, próprios de cada genótipo (CRUZ e REGAZZI, 2012).

Em programas de melhoramento genético, a avaliação da interação GA é de suma importância porque o melhor genótipo em um ambiente pode não ser em outro. Este fato influencia no ganho de seleção e dificulta a recomendação de cultivares com ampla adaptabilidade. Sendo assim, cabe ao melhorista avaliar a magnitude e significância da interação, bem como, quantificar seus efeitos sobre as técnicas de melhoramento que serão utilizadas e fornecer aporte na adoção de procedimentos para sua minimização e seu aproveitamento (CRUZ e REGAZZI, 2012).

Uma forma de contornar os “inconvenientes” da interação GA na análise conjunta é a estratificação de ambientes, formando sub-regiões mais homogêneas em relação à região de adaptação da cultura (CRUZ e REGAZZI, 2012). Portanto, necessita-se de uma rede experimental de cultivares para cultura e identificar, entre os ambientes, padrões de similaridade de respostas das cultivares, podendo assim, fazer uma recomendação única para esses grupos de ambientes.

A existência da interação GA, para CRUZ e REGAZZI (2012), está associada a dois fatores: o primeiro, denominado simples, é proporcionado pela diferença entre genótipos; o segundo, denominado complexo, é dado pela ausência de correlação entre os genótipos. A interação GA reduz a correlação entre o fenótipo e o genótipo. A correlação baixa indica que o genótipo superior em um ambiente, normalmente, não terá o mesmo desempenho em outro ambiente. A seleção com base no componente da interação GA pode estar eliminando constituições genéticas altamente ajustadas a ambientes específicos. O estudo das partes simples e complexas da interação GA é importante porque as inferências sobre as recomendações, quando há predominância simples ou complexa, são diferenciadas para cada situação. A existência da interação GA na cultura do arroz de sequeiro foi verificada por CARGNIN et al. (2008), DIAS NETO (2013) e MORAIS JÚNIOR et al. (2017). Ainda, MORAIS JÚNIOR et al. (2017) verificaram que na interação GA houve predominância do tipo

complexa. Porém, CARGNIN et al. (2008) detectaram a existência de interação simples entre pares de ambientes.

A adaptabilidade de uma cultivar está relacionada a sua capacidade de aproveitar satisfatoriamente as variações do ambiente e a estabilidade refere-se a sua capacidade de apresentar um comportamento previsível frente as variações ambientais (BORÉM e MIRANDA, 2009). A adaptabilidade e a estabilidade são características da cultivar que permite a mesma responder aos fatores limitantes do ambiente e usufruir dos fatores favoráveis. Para o arroz irrigado, a temperatura do ar e a radiação solar são os principais fatores ambientais limitantes para a obtenção de elevadas produtividades com boa qualidade industrial. A temperatura baixa tem influência na germinação e emergência das sementes, no emborrachamento e floração, afetando o estande de plantas e induzindo a esterilidade das espiguetas, respectivamente (SOSBAI, 2014). Além disso, temperaturas acima de 35° C podem causar esterilidades das espiguetas (BORÉM e NAKANO, 2015). A exigência de radiação varia de acordo com a fase fenológica da cultura, porém, a fase reprodutiva é a mais exigente, afetando o número de grãos por panícula e o peso de grãos (SOSBAI, 2014).

Para a análise da adaptabilidade e da estabilidade existem vários métodos que podem ser baseados em análise de variância, em regressão linear e em regressão bissegmentada, em estatística não paramétrica e em análise multivariada. Segundo CRUZ e CARNEIRO (2006), para avaliação da adaptabilidade e estabilidade, destacam-se os métodos baseados na variância da interação GA; na regressão linear simples; na regressão múltipla e a análise não paramétrica. Para POLIZEL (2013) pode-se ainda ter métodos multivariados como a análise de componentes principais (ACP) e métodos que integram a análise comum de variância com a análise de componentes principais como é o caso da análise de AMMI. Essas metodologias são baseadas na existência de interação, diferenciando-se pelo conceito de estabilidade adotado e de certos princípios estatísticos. Para CRUZ e REGAZZI (2012), a escolha de um método de análise depende dos dados experimentais, principalmente, o número de ambientes, da precisão requerida e do tipo de informação desejada.

Segundo CARGNELUTTI FILHO et al., (2007), o método tradicional indica genótipos estáveis com menores produtividades e indicados a ambientes desfavoráveis, porém os métodos propostos por LIN e BINNS (1988), modificado por CARNEIRO (1998), indicam genótipos com altas produtividades, instáveis e adaptados a ambientes favoráveis. Ainda por considerar produtividade, estabilidade e a adaptabilidade a ambientes gerais, favoráveis e desfavoráveis, deve-se ter preferência pelo método de EBERHART e RUSSELL (1966).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

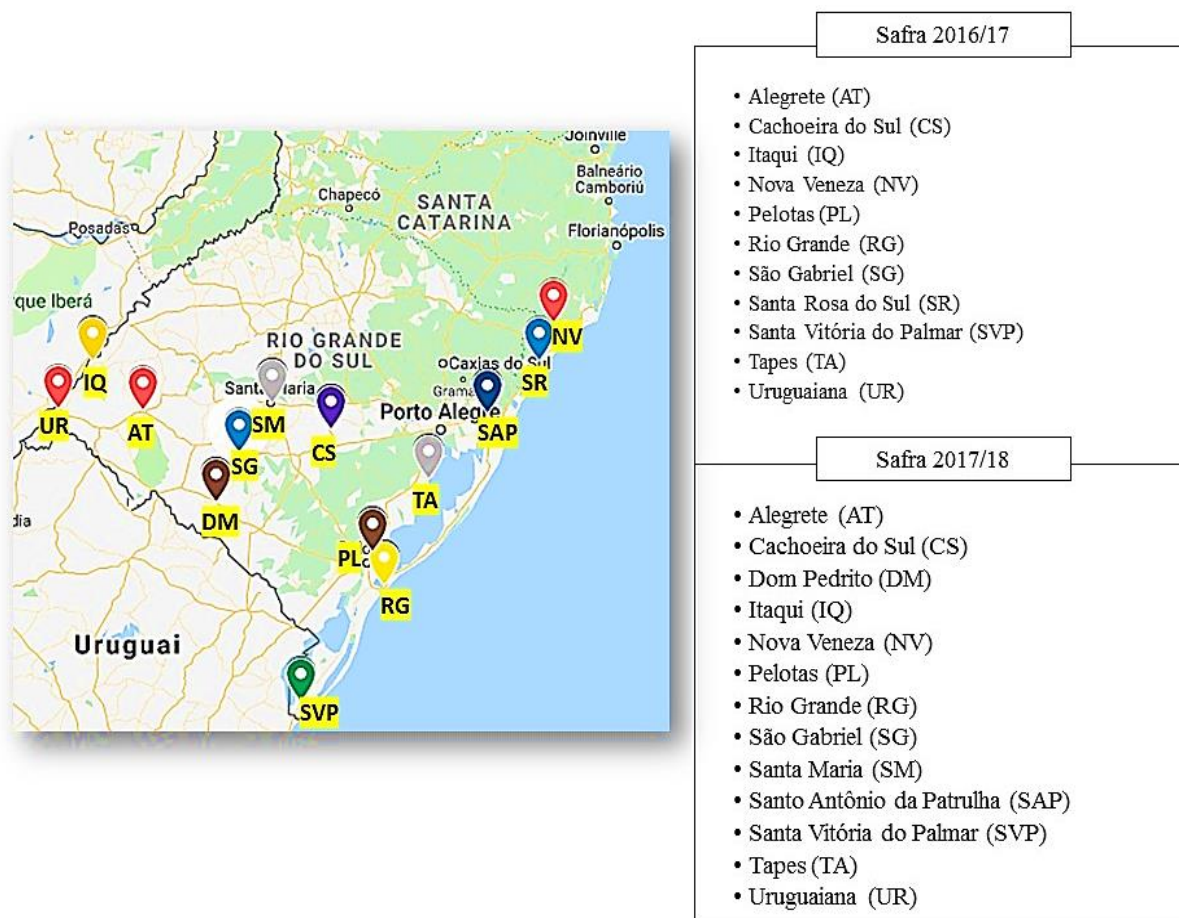
Foram utilizados dados de produtividade de grãos, em  $\text{kg ha}^{-1}$ , de 24 ensaios (ambientes) de competição de genótipos de arroz (*Oryza sativa* L.), realizados nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Tabela 2). Estes ensaios foram conduzidos em dois anos agrícolas (safras 2016/17 e 2017/18) e fazem parte da fase final do programa de melhoramento da RiceTec Sementes Ltda.

Os genótipos que compuseram o estudo foram: duas cultivares convencionais (CC), sendo Irga 424 RI e Guri INTA CL; três cultivares híbridas comerciais (HC), sendo Inov CL, Titan CL e Lexus CL; oito genótipos híbridos experimentais (HE), sendo quatro na safra 2016/17 e quatro na safra 2017/18.

Os ensaios foram instalados nos meses de outubro e novembro, executados no delineamento de blocos ao acaso, com três repetições. Cada parcela foi constituída de nove linhas de 11 m de comprimento, espaçadas de 0,17 m ( $16,8 \text{ m}^2$  de área total). Na colheita, foram descartadas as duas linhas externas das parcelas, de modo a eliminar o efeito bordadura, colhendo-se somente sete linhas centrais, totalizando  $13,09 \text{ m}^2$  de área útil por parcela.

A densidade de semeadura aplicada foi de  $40 \text{ kg.ha}^{-1}$  para os genótipos híbrido e de  $80 \text{ kg.ha}^{-1}$  para as cultivares convencionais, utilizando-se uma semeadora mecânica de parcelas. As adubações foram realizadas de acordo com a análise de solo correspondente de cada ambiente (ensaios) segundo o manual de adubação e calagem para o RS e SC (SBCS, 2016). Os controles fitossanitários foram realizados segundo recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado (SOSBAI, 2014; SOSBAI, 2016).

Os grãos dos 24 ensaios foram colhidos em colhedora de parcela, sendo determinado o peso e umidade dos grãos (corrigindo a 13% UR), indicando assim a produtividade por parcela ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ).



**Figura 1.** Descrição e localização dos ambientes, nas safras 2016/17 e 2017/18. Fonte: Google Maps, 2018.

Inicialmente, para a variável produtividade de grãos, em  $\text{kg ha}^{-1}$ , em cada safra e ambiente (safra 2016/17, 13 ambientes; safra 2017/18, 11 ambientes) dos genótipos em estudo, foram testados o atendimento aos pressupostos, verificando a normalidade dos erros pelo teste de *Lilliefors* (SPRENT e SMEETON, 2007) e homogeneidade de variâncias residuais pelo teste de *Bartlett* (STEEL et al., 1997). Nos casos em que houve violação e não atendimento de algum pressuposto, foi realizada a transformação dos dados pela raiz quadrada ( $Y_{ij})^{0,5}$  (STORCK et al., 2011), e testado novamente o atendimento ao pressuposto. Estes testes foram aplicados em nível de 0,05 de probabilidade de erro, utilizando planilha eletrônica no aplicativo Office Excel® elaborada por MARTIN e STORCK (2008).

Após verificado o atendimento aos pressupostos, foram realizadas análises de variância individuais para cada um dos 24 ensaios, e anotaram-se as estatísticas: Quadrado médio de genótipo (QMg), quadrado médio do erro (QMerro), e média geral (m). A partir destas, para cada um dos ensaios, calculou-se o coeficiente de variação experimental, em percentagem, através da expressão:

$$CV = 100 \frac{\sqrt{Q_{\text{Merro}}}}{m} \quad (1)$$

Foi estimada a diferença mínima significativa (DMS) entre as médias dos genótipos, pelo teste de Tukey, em 0,05 de probabilidade, expresso em porcentagem da média, por meio da expressão:

$$DMS = 100 \frac{\Delta}{m} \quad (2)$$

em que,

$$\Delta = q_{\alpha(n; GL_e)} \sqrt{\frac{Q_{\text{Merro}}}{J}} \quad (3)$$

sendo J o número de repetições (J=3),  $q_{\alpha(n; GL_e)}$  é o valor crítico para o uso do teste de Tukey; n é o número de genótipos; e  $GL_e$  é o número de graus liberdade do erro.

Posteriormente, foi determinado o valor do teste F para genótipo, pela equação:

$$F_c = QMg / Q_{\text{Merro}} \quad (4)$$

e estimada a acurácia seletiva (AS) por meio da expressão:

$$AS = \left(1 - \frac{1}{F_c}\right)^{0,5} \quad (5)$$

conforme RESENDE et al. (2007).

Para determinar o valor da herdabilidade ( $h^2$ ), foi através da equação:

$$h^2 = \frac{\sigma_g}{\sigma_f} \quad (6)$$

em que,  $\sigma_g$ : variância genética; e  $\sigma_f$ : é a variância fenotípica.

Os valores das estatísticas CV, DMS e AS foram submetidas ao teste de normalidade de *Shapiro-Wilk* (SHAPIRO e WILK, 1965) para verificar aderência dos valores das estatísticas à distribuição normal, a 0,05 de probabilidade. Para estabelecer as faixas de classificação da precisão experimental, foi utilizado o pseudo-sigma ( $P_s$ ) conforme COSTA et al. (2002), tendo  $P_s$  estimado via equação:

$$P_s = \frac{AI}{1,35} \quad (7)$$

onde, AI = amplitude interquartilica, medida resistente que indica o quanto os dados estão distanciados da mediana e 1,35 = valor obtido a partir da distribuição normal, sendo correspondente à distância entre  $Q_1$  e  $Q_3$ , que equivale a 50% dos dados, deixando 25% em cada extremidade. Para o  $P_s$ , foram estimadas a mediana ( $M_d$ ) dos valores dos coeficientes de variação (CV) e diferenças mínimas significativas (DMS), e aplicado o critério especificado na Tabela 2.

Tabela 2. Especificações dos limites de classe para a classificação da precisão experimental para a estatística coeficiente de variação (CV), com aplicação idêntica para diferença mínima significativa (DMS), conforme Costa et al. (2002).

Limites de classe	
Baixo	$Y \leq Md - 1Ps$
Médio	$Md - 1Ps < Y \leq Md + 1Ps$
Alto	$Md + 1Ps < Y \leq Md + 2Ps$
Muito alto	$Y > Md + 2Ps$

Para as estatísticas obtidas (CV, DMS e AS), foram calculados os valores máximos, mínimos, médias, medianas, amplitudes, e nas distribuições dos valores nos limites de classe foram determinadas as frequências simples (fs) e relativas (fr).

Para análise da interação genótipo x ambiente (GA), procedeu-se com a análise de variância individual de cada ensaio (ambiente) utilizando os dados originais, sem transformação, e, posteriormente foi realizada análise conjunta dos ensaios em cada ano e verificada a existência do efeito da interação genótipo x ambiente.

Para análise de estratificação de ambientes, primeiramente foi verificada a homogeneidade das variâncias residuais, testada pelo critério proposto por CRUZ e REGAZZI (2012), em que as variâncias residuais são consideradas homogêneas quando a relação entre o maior e o menor quadrado médio do erro não ultrapasse a proporção de 7:1. Atendida esta exigência, a estratificação de ambientes foi realizada agrupando os ambientes mais similares pelo método de agrupamento de ambientes com base no algoritmo de LIN (1982) que consiste em estimar a soma de quadrados para a interação entre genótipos e pares de ambientes, agrupando aqueles ambientes com interação não significativa.

A soma de quadrados da interação entre pares de ambientes ( $SQGA_{jj'}$ ) é dada pela seguinte expressão:

$$SQGA_{jj'} = \frac{1}{2} [d_{jj'}^2 - 1/g (Y_{.j} - Y_{.j'})^2] \quad (8)$$

em que:

$$d_{jj'}^2 = \sum_i (Y_{ij} - Y_{ij'})^2 \quad (9)$$

sendo:  $d_{jj'}^2$ : distância Euclidiana entre ambiente  $j$  e  $j'$ , com base no comportamento médio de  $g$  genótipos;  $g$ : número de genótipos;  $Y_{.j}$ : total dos genótipos no  $j$  ambiente;  $Y_{.j'}$ : total dos genótipos no  $j'$  ambiente;  $Y_{ij}$ : média do  $i$  genótipo no  $j$  ambiente.

Para testar a significância foi utilizado o teste F, comparando o  $F_{calculado}$  ( $F_c$ ) com o  $F_{tabelado}$  ( $F_t$ ) associado a graus liberdade da interação ( $GL_{(\eta-1)(g-1)}$ ) e a graus de liberdade do erro ( $GL_r$ ) da análise conjunta dos ambientes. O  $F_c$  obtido pela equação:



$$F_c = [SQGA_{jj} / (\eta - 1)(g - 1)] / (Q_{MERRO} / r) \quad (10)$$

onde,  $SQGA_{jj}$ : soma de quadrados da interação entre pares de ambientes;  $\eta$ : número de ambientes utilizados para verificar a significância;  $g$ : número de genótipos;  $Q_{Merro}$ : graus de liberdade do erro da análise conjunta de ambientes;  $r$ : número de repetições.

Para melhorar a recomendação da estratificação ambiental, foi realizado estudo da decomposição da interação em partes simples e complexa a partir da metodologia proposta por CRUZ e CASTOLDI (1991), em que a parte complexa é expressa por:

$$c = \sqrt{(1 - r)^3 Q_1 Q_2} \quad (11)$$

em que,  $Q_1$ : maior quadrado médio entre genótipos nos dois locais;  $Q_2$ : menor quadrado médio nos dois locais;  $r$ : corresponde ao coeficiente de correlação simples entre genótipos nos dois locais. A decomposição da interação em partes complexa foi realizada em pares de ambientes sendo considerados ambientes divergentes aqueles que apresentaram percentagem da interação complexa acima de 50%.

Para o estudo da adaptabilidade e da estabilidade foi utilizado o método proposto por EBERHART e RUSSELL (1966), que leva em consideração na avaliação dos genótipos, a produtividade, estabilidade e a adaptabilidade a ambientes gerais, favoráveis e desfavoráveis. Para determinar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade nesta metodologia aplica-se a expressão:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i} I_j + \delta_{ij} + \epsilon_{ij} \quad (12)$$

em que,  $Y_{ij}$ : é a média de produtividade do genótipo  $i$ , no ambiente  $j$ ;  $\beta_{0i}$ : é a média geral do genótipo em todos os ambientes;  $\beta_{1i}$ : corresponde ao coeficiente de regressão linear da resposta do genótipo  $i$  a todos ambientes;  $I_j$ : é o índice ambiental;  $\delta_{ij}$ : corresponde aos desvios de regressão do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ; e  $\epsilon_{ij}$  é o erro do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ . Assim, o parâmetro que expressa a adaptabilidade do genótipo é o coeficiente de regressão ( $\beta_{1i}$ ) e a estabilidade os desvios da regressão ( $\sigma^2_{\delta i}$ ). Genótipos com ampla adaptabilidade são aqueles com  $\beta_{1i}$  igual a um; genótipos adaptados a ambientes favoráveis aqueles com  $\beta_{1i}$  maior que um e genótipos adaptados a ambientes desfavoráveis aqueles com  $\beta_{1i}$  menor que um. Além disso, genótipos estáveis são aqueles com  $\sigma^2_{\delta i}$  igual a zero e genótipos instáveis são aqueles com  $\sigma^2_{\delta i}$  maior que zero.

Para a recomendação de genótipos pelo método proposto por LIN e BINNS (1988) modificado por CARNEIRO (1998), foi realizada a decomposição da medida de  $P_i$  pela expressão:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2}{2n} \quad (13)$$

sendo que, para a decomposição nas partes relativas a ambientes favoráveis foi aplicada a expressão:

$$P_{if} = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2}{2f} \quad (14)$$

e para ambientes desfavoráveis a expressão:

$$P_{id} = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2}{2d} \quad (15)$$

em que,  $X_{ij}$ : rendimento do  $i$ -ésimo genótipo, no  $j$ -ésimo ambiente;  $M_j$ : resposta máxima observada entre todos os genótipos no  $j$ -ésimo ambiente;  $n$ : número de ambiente;  $f$ : número de ambientes favoráveis;  $d$ : número de ambientes desfavoráveis. A recomendação geral é feita com base no original  $P_i$ , e para ambientes favoráveis e desfavoráveis a recomendação é com base no  $P_{if}$  e  $P_{id}$ , respectivamente.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do aplicativo computacional em genética quantitativa e estatística experimental GENES (CRUZ, 2006) e do aplicativo Microsoft Office Excel®.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito de genótipo foi significativo ( $p \leq 0,05$ ) em 23 ensaios (95,83%), indicando que houve diferenciação de genótipos quanto a produtividade de grãos de arroz (Tabela 3). Ao observar as significâncias do teste F para genótipos, no qual não se detecta diferenças significativas, esta pode estar sendo causada pela inexistência de diferenças entre os genótipos ou pode estar ocorrendo elevados erros experimentais, evidenciando a importância de verificar-se as estatísticas de precisão experimental.

A produtividade média de grãos na safra 2017/18 foi de 11.652kg.ha<sup>-1</sup>, sendo 3,89% superior a safra 2016/17, em estudo. Os ambientes Santa Rosa do Sul e Rio Grande na safra 2016/17, foram os que apresentaram menor e maior média de produtividade de grãos, em kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo esta diferença de 29,4%. Na safra 2017/18, os ambientes que apresentaram menor e maior média de produtividade de grãos, em kg.ha<sup>-1</sup>, foi Santo Antônio da Patrulha e Santa Vitória do Palmar, nesta ordem, com diferença de 30,4% (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância individuais dos ambientes nas safras de 2016/17 e 2017/18, quanto ao caráter produtividade de grãos de genótipos de arroz (kg.ha<sup>-1</sup>).

Ambientes	Produtividade (kg.ha <sup>-1</sup> )	QMerro	QMg	Fc	CV%	
Safr 2016/17						
Alegrete	11.386	684337	2060896	*	3,01	7,27
Cachoeira do Sul	11.875	795685	651419	ns	0,82	7,51
Itaqui	11.342	1293510	4254465	*	3,29	10,03
Nova Veneza	11.202	513187	2957216	*	5,76	6,39
Pelotas	10.346	445365	5869342	*	13,18	6,45
Rio Grande	12.059	165988	2825923	*	17,03	3,38
São Gabriel	11.235	213601	3271990	*	15,32	4,11
Santa Vitória do Palmar	11.493	597378	11754741	*	19,68	6,72
Tapes	11.881	256217	3714537	*	14,50	4,26
Uruguaiana	11.854	789204	4778667	*	6,06	7,49
Santa Rosa do Sul <sup>(1)</sup>	8.510	15	84	*	5,30	4,19
Safr 2017/18						
Alegrete	13.564	679658	10847745	*	15,96	6,08
Cachoeira do Sul	10.845	424906	17510615	*	41,21	6,01
Itaqui <sup>(1)</sup>	10.070	70	414	*	5,90	8,42
Nova Veneza <sup>(1)</sup>	10.132	77	369	*	4,77	8,82
Pelotas	10.859	421300	29802167	*	70,74	5,98
Rio Grande	12.436	547360	10097742	*	18,45	5,95
São Gabriel	10.755	7489399	24920976	*	3,33	25,45
Santa Vitória do Palmar <sup>(1)</sup>	13.767	13	308	*	23,39	3,10
Tapes	13.462	383539	7364037	*	19,20	4,60
Uruguaiana	12.194	1572107	5614299	*	3,57	10,28
Dom Pedrito <sup>(1)</sup>	11.598	28	306	*	11,10	4,90
Santo Antônio da Patrulha	9.575	236077	12768054	*	54,08	3,98
Santa Maria	12.217	724323	5678640	*	7,84	8,89

\* Significativo a 0,05 de probabilidade pelo teste F. <sup>(1)</sup> Ambientes que os dados passaram por transformação, somente o valor da produtividade média é correspondente aos dados originais.

O ensaio realizado em Cachoeira do Sul na safra 2016/17 obteve CV de 7,51%, que segundo a classificação proposta por GOMES (1990) estaria como de alta precisão ( $CV \leq 10$ ). Porém, a variância residual ( $Q_{Merro}$ ) neste ambiente foi superior a variância genética ( $Q_{Mg}$ ), com valor do teste F de 0,82, indicando que a menor variância entre os genótipos em relação a variância entre as repetições dentro dos genótipos é ocasional, podendo ser explicada pela inexistência de diferenças de efeitos dos genótipos neste ambiente específico.

O estabelecimento dos limites de classe para a determinação da precisão experimental é de suma importância, tendo em vista que estas estatísticas são dependentes da forma com que são conduzidos os ensaios e a cultura em estudo, não podendo estas medidas de precisão serem generalizadas, como foi comprovado por LÚCIO et al. (1999; 2000). Conhecer os limites da precisão experimental para dada cultura tem sua importância também para programas de melhoramento genético, tendo em vista que nestes a busca é pela variabilidade genética e sua resposta ambiental, sendo a precisão experimental um indicativo do quanto as inferências em relação ao material experimental (genótipos) estão sendo criteriosas.

Devido a possíveis diferenças entre genótipos, para as estatísticas CV, DMS e AS, nos ambientes testados, foram formados grupos, sendo: o global (com todos genótipos); os híbridos experimentais (HE); os híbridos comerciais (HC) e os cultivares convencionais (CC). Devido a nenhuma destas estatísticas ajustar-se a distribuição normal, de acordo com o teste de *Shapiro-wilk* (valor- $p > 0,05$ ), a utilização do pseudo-sigma, proposto por COSTA et. Al (2002), para o estabelecimento dos limites de classe para as estatísticas CV e DMS é recomendada.

Foram estabelecidos limites de classificação segundo o Ps, conforme os grupos formados, o global (com todos genótipos); os híbridos experimentais (HE); os híbridos comerciais (HC) e os cultivares convencionais (CC). Onde o CV global para ser considerado de alta precisão, deve estar com valores inferiores a 1,62% (classe: baixa), média precisão valores superiores a 1,62 e inferiores a 10,86% (classe: médio), baixa precisão valores superiores a 10,86% e inferiores a 15,48% (classe: alto); e, precisão muito baixa, valores superiores a 15,48% (Tabela 4). Quando aplicados os limites de classificação dos CVs nos grupos, para híbridos experimentais (HE), para ser considerado de alta precisão, deve estar com valores inferiores a 1,47% (classe: baixa), média precisão valores superiores a 1,47 e inferiores a 9,86% (classe: médio), baixa precisão valores superiores a 9,86% e inferiores a 15,48% (classe: alto); e, precisão muito baixa, valores superiores a 15,48%. Para os híbridos comerciais (HC) para ser considerado de alta precisão, deve estar com valores inferiores a 1,51% (classe: baixa), média precisão valores superiores a 1,51 e inferiores a 10,12% (classe: médio), baixa

precisão valores superiores a 10,12% e inferiores a 14,42% (classe: alto); e, precisão muito baixa, valores superiores a 14,42%. E para os cultivares convencionais (CC) para ser considerado de alta precisão, deve estar com valores inferiores a 1,75% (classe: baixa), média precisão valores superiores a 1,75 e inferiores a 11,73% (classe: médio), baixa precisão valores superiores a 11,73% e inferiores a 16,73% (classe: alto); e, precisão muito baixa, valores superiores a 16,73%. Os intervalos para a classificação da precisão experimental nos limites de classe da estatística diferença mínima significativa (DMS%), conforme Tabela 4 .

Tabela 4. Especificações dos limites de classe para a classificação da precisão experimental pelas estatísticas coeficiente de variação (CV%), diferença mínima significativa (DMS%), acurácia seletiva (AS) nas classes de precisão experimental de ensaios de genótipos de arroz em relação a produtividade de grãos.

Variável	Classificação - Limites de Classe			
	Coeficiente de Variação (CV%) <sup>(1)</sup>			
	Muito alto	Alto	Médio	Baixo
Global	≥30	<30 e ≥20	<20 e >20	≤10
	Coeficiente de Variação (CV%)			
	Muito alto	Alto	Médio	Baixo
Global	>15.48	>10.86 e ≤15.48	>1.62 e ≤10.86	≤1.62
HE	>14.06	>9.86 e ≤14.06	>1.47 e ≤9.86	≤1.47
HC	>14.42	>10.12 e ≤14.42	>1.51 e ≤10.12	≤1.51
CC	>16.73	>11.73 e ≤16.73	>1.75 e ≤11.73	≤1.75
	Diferença Mínima Significativa (DMS%)			
	Muito alto	Alto	Médio	Baixo
Global	>44.94	>31.53 e ≤44.94	>4.70 e ≤31.53	≤4.70
HE	>39.78	>27.90 e ≤39.78	>4.16 e ≤27.90	≤4.16
HC	>41.96	>29.44 e ≤41.96	>4.38 e ≤29.44	≤4.38
CC	>58.81	>41.26 e ≤58.81	>6.14 e ≤41.26	≤6.14
	Acurácia Seletiva (AS) <sup>(2)</sup>			
Intervalo	Muito alta	Alta	Moderada	Baixa
	≥0.90	≥0.70 e <0.90	≥0.50 e <0.70	<0.50

<sup>(1)</sup> Limites de classificação proposto por Gomes (1990). <sup>(2)</sup> Limites propostos por RESENDE e DUARTE (2007).

Estes valores de limites de classe estabelecidos no estudo, para coeficiente de variação (CV%) de forma global e nos grupos (HE, HC e CC) são bem próximos entre si, indicando que mesmo com características entre genótipos diferentes, a classificação da precisão experimental pode ser realizada de forma generalizada (global). Quanto ao limite de classe proposto por GOMES (1990), amplamente utilizados para ensaios de rendimentos de grãos, os valores são distintos dos limites propostos estimados, demonstrando as diferenças em termos de precisão experimental quando há tecnologias diferenciadas empregadas (culturas, manejos, dentre outras).

Nas medidas de precisão experimental (CV% e DMS%) pode-se visualizar, de modo global, valores médios relativamente baixos (CV= 7,09% e DMS= 20,6%), com AS muito altas (0,93) (Tabela 5 e 6). Entretanto, analisando a precisão nas safras, em 2016/17 apresentou amplitudes com valores de CV (6,65%) e DMS (19,31%) mais baixos, porém com amplitude de AS aproximadas (0,16) em relação à safra 2017/18 (estimativas de CV, DMS e AS de 22,35%, 64,89% e 0,15, respectivamente). Esta resposta pode ser um indicativo das influências das safras (ambientes, fatores externos não controlados) na precisão experimental.

No ambiente Cachoeira do Sul na safra 2016/17, não foi possível determinar o valor da AS, pois o Fc neste ambiente foi de 0,82, gerando uma raiz quadrada negativa, inviabilizando a determinação desta estatística neste local. Porém, a herdabilidade como medida complementar, demonstra que nos ambientes onde não foi possível estimar AS, o valor da  $h^2$  é menor que zero, indicando alta influência do ambiente na estatística (Tabela 5 e 6).

Ao utilizarmos diferentes medidas de precisão experimental foi possível notar distintos comportamentos dos ensaios nos limites de classificação, uma vez que, ao compararmos a distribuição dos ambientes nos limites de classificação de CV proposto por GOMES (1990) e o CVs nos limites estabelecidos pela aplicação do Ps. Nos limites propostos por GOMES (1990), o valor global, a frequência de 95,8% dos CVs dos ensaios foram classificados na classe baixo (87,5%) a médio (8,3%) (de alta e média precisão), enquanto que nos limites estabelecidos neste estudo, apenas 95,8% a maior frequência dos ensaios em termos de precisão experimental nos limites estabelecidos neste estudo, equivalente a 95,8% nas estatísticas CV e DMS, foi para classe médio (de média precisão).

Para AS, a frequência na classe de precisão muito alta ( $\geq 0,90$ ) e alta ( $\geq 0,70$ ) foi de 95,8% dos ambientes em estudo. Entre os grupos, os HE apresentaram as maiores frequências na classe de precisão muito alta ( $\geq 0,90$ ) e alta ( $\geq 0,70$ ), com 91,7%, seguidos dos CC, com 75% e os HC com 58,3%. Esta menor variabilidade em termos de AS pode, provavelmente, estar relacionada ao fato desta estatística estar associada a maiores variâncias genéticas do que residuais, além de ser pouco dependente da média do ensaio (CARGNELUTTI FILHO et al., 2007b).

Entre as medidas de precisão experimental estudadas neste trabalho, de forma geral, os ensaios demonstram boa precisão, e pode-se inferir que a utilização de mais de uma estatística de precisão experimental para o controle da qualidade de ensaios é recomendado.

Tabela 5. Valores das estatísticas coeficiente de variação (CV%), diferença mínima significativa (DMS%) e classificação nos limites de precisão experimental, nos 24 ambientes, distribuídos estes de modo global, somente híbridos experimentais (HE), híbridos comerciais (HC) e cultivares convencionais (CC).

Ambientes	Coeficiente de Variação (CV%)				Classificação - Limites de Classe <sup>(1)</sup>				Classificação - Limites de Classe				Diferença Mínima Significativa (DMS%)				Classificação - Limites de Classe			
	Global	HE	HC	CC	Global	HE	HC	CC	Global	HE	HC	CC	Global	HE	HC	CC	Global	HE	HC	CC
Safrinha 2016.17																				
Alegrete	7,27	5,18	10,66	6,54	B	B	M	B	M	M	A	M	21,10	14,67	31,03	23,01	M	M	M	M
Cachoeira do Sul	7,51	7,44	9,41	5,59	B	B	B	B	M	M	M	M	21,81	21,04	27,39	19,67	M	M	M	M
Itaqui	10,03	11,16	9,64	2,78	M	M	B	B	M	A	M	M	29,12	31,57	28,05	9,78	M	A	M	M
Nova Venezia	6,39	7,54	3,80	10,09	B	B	B	M	M	M	M	M	18,57	21,34	11,06	35,47	M	M	M	M
Pelotas	6,45	5,49	6,73	11,18	B	B	B	M	M	M	M	M	18,73	15,54	19,59	39,29	M	M	M	M
Rio Grande	3,38	2,65	4,47	3,12	B	B	B	B	M	M	M	M	9,82	7,50	13,02	10,98	M	M	M	M
São Gabriel	4,11	3,35	5,16	2,13	B	B	B	B	M	M	M	M	11,95	9,48	15,03	7,49	M	M	M	M
Santa Vitória do Palmar	6,72	3,88	3,91	9,67	B	B	B	B	M	M	M	M	19,53	10,98	11,37	34,01	M	M	M	M
Tapes	4,26	3,84	5,78	1,92	B	B	B	B	M	M	M	M	12,37	10,87	16,83	6,76	M	M	M	M
Uruguaiana	7,49	9,69	8,89	1,84	B	B	B	B	M	M	M	M	21,76	27,42	25,86	6,48	M	M	M	M
Santa Rosa do Sul	4,19	4,82	4,06	0,80	B	B	B	B	M	M	M	B	12,18	13,65	11,81	2,80	M	M	M	B
Safrinha 2017.18																				
Alegrete	6,08	6,28	5,84	7,26	B	B	B	B	M	M	M	M	17,65	17,78	16,99	25,53	M	M	M	M
Cachoeira do Sul	6,01	8,06	3,79	8,07	B	B	B	B	M	M	M	M	17,46	22,80	11,03	28,36	M	M	M	M
Itaqui	8,42	7,82	8,15	10,75	B	B	B	M	M	M	M	M	24,45	22,13	23,73	37,80	M	M	M	M
Nova Venezia	8,82	3,89	11,24	13,59	B	B	M	M	M	M	A	A	25,61	11,01	32,69	47,79	M	M	A	A
Pelotas	5,98	5,19	7,26	9,55	B	B	B	B	M	M	M	M	17,36	14,68	21,12	33,57	M	M	M	M
Rio Grande	5,95	6,32	4,13	8,77	B	B	B	B	M	M	M	M	17,28	17,89	12,01	30,83	M	M	M	M
São Gabriel	25,45	33,23	15,69	41,06	A	A	M	A	MA	MA	MA	MA	73,90	94,00	45,65	144,38	MA	MA	MA	MA
Santa Vitória do Palmar	3,10	3,43	0,93	4,98	B	B	B	B	M	M	B	M	9,01	9,70	2,70	17,52	M	M	B	M
Tapes	4,60	3,00	1,32	4,60	B	B	B	B	M	M	B	M	13,36	8,48	3,84	16,17	M	M	B	M
Uruguaiana	10,28	13,96	9,45	6,94	M	M	B	B	M	A	M	M	29,86	39,50	27,50	24,40	M	A	M	M
Dom Pedrito	4,90	5,84	3,28	0,73	B	B	B	B	M	M	M	B	14,22	16,52	9,53	2,56	M	M	M	B
Santo Antônio da Patrulha	3,98	5,46	3,46	2,72	B	B	B	B	M	M	M	M	11,55	15,44	10,07	9,57	M	M	M	M
Santa Maria	8,89	10,49	9,37	7,33	B	M	B	B	M	A	M	M	25,81	29,68	27,26	25,77	M	A	M	M

<sup>(1)</sup> Limites de classificação proposto por Gomes (1990).

Tabela 6. Valores das estatísticas acurácia seletiva (AS) e classificação nos limites de precisão experimental, e herdabilidade ( $h^2$ ) nos 24 ambientes, distribuídos estes de modo global, somente híbridos experimentais (HE), híbridos comerciais (HC) e cultivares convencionais (CC).

Ambientes	Acurácia Seletiva (AS) <sup>(1)</sup>				Classificação - AS				Herdabilidade			
	Global	HE	HC	CC	Global	HE	HC	CC	Global	HE	HC	CC
Safrá 2016.17												
Alegrete	0,82	0,53	0,80	0,94	A	M	A	MA	0,40	0,12	0,37	0,71
Cachoeira do Sul	-	-	0,18	0,49	-	-	B	B	-0,06	-0,42	0,01	0,10
Itaqui	0,83	0,82	0,28	0,98	A	A	B	MA	0,43	0,41	0,03	0,88
Nova Veneza	0,91	0,92	-	-	MA	MA	-	-	0,61	0,65	-0,36	-0,37
Pelotas	0,96	0,98	0,91	0,94	MA	MA	MA	MA	0,80	0,88	0,62	0,71
Rio Grande	0,97	0,98	0,53	0,93	MA	MA	M	MA	0,84	0,90	0,11	0,67
São Gabriel	0,97	0,98	0,81	0,99	MA	MA	A	MA	0,83	0,90	0,39	0,98
Santa Vitória do Palmar	0,97	0,99	0,96	0,97	MA	MA	MA	MA	0,86	0,97	0,81	0,86
Tapes	0,96	0,96	0,69	0,93	MA	MA	M	MA	0,82	0,81	0,24	0,70
Uruguiana	0,91	0,91	0,89	0,99	MA	MA	A	MA	0,63	0,61	0,55	0,97
Santa Rosa do Sul	0,90	0,93	0,79	0,99	MA	MA	A	MA	0,59	0,67	0,36	0,98
Safrá 2017.18												
Alegrete	0,97	0,98	-	0,96	MA	MA	-	MA	0,83	0,88	-0,28	0,79
Cachoeira do Sul	0,99	0,99	-	-	MA	MA	-	-	0,93	0,95	-0,45	-0,11
Itaqui	0,91	0,95	0,75	0,90	MA	MA	A	MA	0,62	0,77	0,30	0,59
Nova Veneza	0,89	0,98	0,50	0,90	A	MA	B	MA	0,56	0,91	0,10	0,60
Pelotas	0,99	0,99	0,74	0,92	MA	MA	A	MA	0,96	0,99	0,29	0,64
Rio Grande	0,97	0,99	0,90	0,54	MA	MA	MA	M	0,85	0,93	0,60	0,12
São Gabriel	0,84	0,84	-	0,84	A	A	-	A	0,44	0,12	-0,37	0,45
Santa Vitória do Palmar	0,98	0,99	0,98	-	MA	MA	MA	-	0,88	0,93	0,90	-0,50
Tapes	0,97	0,99	0,99	0,92	MA	MA	MA	MA	0,86	0,96	0,93	0,64
Uruguiana	0,85	0,72	0,69	0,80	A	A	M	A	0,46	0,27	0,23	0,38
Dom Pedrito	0,95	0,97	0,96	0,99	MA	MA	MA	MA	0,77	0,83	0,79	0,92
Santo Antônio da Patrulha	0,99	0,99	0,93	0,99	MA	MA	MA	MA	0,95	0,96	0,67	0,96
Santa Maria	0,93	0,94	0,94	0,56	MA	MA	MA	M	0,70	0,73	0,72	0,13

<sup>(1)</sup> Limites propostos por RESENDE e DUARTE (2007).



Para avaliação da interação GA, foram utilizados os dados reais não transformados, tendo em vista que dos 24 ambientes, somente cinco não atenderam o pressuposto de homogeneidade de variâncias residuais, em que foi verificada a existência de variabilidade na parcela nestes ambientes, optando-se assim em manter os mesmos na análise conjunta, a fim de verificar o comportamento dos genótipos nos ambientes (Tabela 7).

Verificou-se a significância de efeitos de interação GA em ambas as safras em estudo (safras 2016/17 e 2017/18), indicando respostas diferenciadas entre os genótipos e entre os ambientes. O efeito de genótipos (QMg) na safra 2017/18 foi expressivo em relação aos demais efeitos mostrando, possivelmente, a maior variabilidade existente entre os genótipos na safra em questão (Tabela 7). As estimativas dos CV para as safras 2016/17 e 2017/18 foram 7,67 e 16,72%, respectivamente. A produtividade média de grãos de arroz na safra 2017/18 foi de 11.652 kg.ha<sup>-1</sup>, sendo 3,89% superior a safra 2016/17 em estudo, correspondendo a aproximadamente 3.000 kg.ha<sup>-1</sup> de grãos a mais que a média produzida nos estados do RS e SC na respectiva safra (aproximadamente 7.850 kg.ha<sup>-1</sup>), segundo CONAB, (2018).

Tabela 7. Resumo das análises de variância conjunta, por safra, dos 11 ambientes na safra 2016/17 e 13 ambientes na safra 2017/18, quanto ao caráter produtividade de grãos de arroz (kg.ha<sup>-1</sup>).

Fontes de Variação	Safra 2016/17		Safra 2017/18	
	GL	QM	GL	QM
Blocos/Ambientes	22	1613289	26	4505875
Genótipos	8	22693633*	8	126452335*
Ambientes	10	27488786*	12	53654815,7*
GA	63	2820860*	39	10763759,0*
Erro	136	738820	80	3858217,2
Total	296	-	350	-
Média		11.198		11.652
CV%		7,67		16,72

\* Significativo a 0,05 de probabilidade pelo teste F.

Em termos de produtividade média, os híbridos comerciais (HC) obtiveram médias absolutas superiores aos demais nas duas safras na maioria dos ambientes (Tabela 8 e 9). A produtividade elevada nos híbridos de arroz frente às cultivares convencionais, deve-se ao fato de possuírem sistema radicular vigoroso, maior capacidade de perfilhamento, panículas maiores, maior número de espiguetas com grãos mais pesados, maior transporte e translocação de nutrientes e menor intensidade respiratória, aumentando assim a eficiência no uso da energia (NEVES et al., 1997).

Tabela 8. Médias de produtividade de grãos de genótipos de arroz (kg ha<sup>-1</sup>) cultivado em 11 ambientes, na safra de 2016/17.

Genótipos	Ambientes <sup>(1)</sup>																			Média			
	AT	CS		IQ		NV		PL		RG		SG		SR		SVP		TA	UR				
Irga 424 RI	12153	aA	11809	aA	11034	bB	10711	bB	10945	aB	12134	aA	12660	aA	9338	aB	12814	aA	10445	bB	12478	aA	11502
Guri Inta CL	10407	bA	11206	aA	9903	bA	10341	bA	8373	bB	11331	bA	10043	bA	8026	bB	8968	cB	10916	bA	10846	bA	10033
Inov CL	11819	aA	11419	aA	11662	aA	12126	aA	10369	aA	12776	aA	10605	bA	8147	bB	11256	bA	12892	aA	11490	bA	11324
Titan CL	9717	bB	12457	aA	13094	aA	11902	aA	12315	aA	13488	aA	11592	bA	9191	aB	13300	aA	13526	aA	13714	aA	12208
Lexus CL	11493	aA	12679	aA	12328	aA	12099	aA	10686	aB	12831	aA	10645	bB	9405	aB	12087	bA	12327	aA	11259	bB	11622
HE 1	11752	aA	11662	aA	11463	aA	9976	bB	8794	bB	11308	bA	11191	bA	7029	bC	9768	cB	12015	aA	11204	bA	10560
HE 2	11998	aA	11845	aA	9681	bB	9750	bB	8898	bC	10436	bB	10685	bB	7119	bC	8445	cC	10251	bA	9858	bA	9906
HE 3	12009	aA	11753	aA	10397	bB	11957	aA	12006	aA	11522	bA	13141	aA	8983	aB	13481	aA	12263	aA	12319	aA	11803
HE 4	11124	aB	12048	aA	12512	aA	11959	aA	10731	aB	12659	aA	10554	bB	9355	aB	13318	aA	12290	aA	13518	aA	11824
Média	11386		11875		11342		11202		10346		12054		11235		8510		11493		11881		11854		11198

<sup>(1)</sup>AT: Alegrete, CS: Cachoeira do Sul, IQ: Itaquí, NV: Nova Veneza, PL: Pelotas, RG: Rio Grande, SG: São Gabriel, SR: Santa Rosa do Sul, SVP: Santa Vitória do Palmar, TA: Tapes, UR: Uruguaiana. <sup>(2)</sup> Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de *Scott-Knott* a 0,05 de probabilidade de erro.

Tabela 9. Médias de produtividade de grãos de genótipos de arroz (kg ha<sup>-1</sup>) cultivado em 13 ambientes, na safra de 2017/18.

Genótipos	Ambientes <sup>(1)</sup>														Média												
	AT	CS	DM	IQ	NV	PL	RG	SG	SM	SAP	SVP	TA	UR														
Irga 424 RI	13398	aA	9894	aB	11385	bB	10658	aB	11510	aB	10478	bB	12753	aA	12684	aA	10010	aB	12952	aA	13547	aA	12695	bA	11890	bA	11835
Guri Inta CL	10863	bA	10457	aA	10587	bA	7140	bC	7091	cC	8609	cB	11710	aA	6662	bC	9314	bB	10765	bA	13614	aA	11540	bA	10812	bA	9936
Inov CL	15040	aA	12181	aB	12465	bB	11393	aB	10544	aC	12600	aB	12540	aB	13126	aB	7450	bD	12089	aB	15262	aA	14018	aA	12983	aB	12438
Titan CL	15150	aA	12309	aB	14307	aA	12387	aB	12070	aB	13080	aB	13887	aA	14141	aA	9714	aC	13355	aA	15910	aA	15032	aA	14561	aA	13531
Lexus CL	14588	aA	12299	aA	10979	bB	9539	aB	9225	bB	11561	bB	12739	aA	13282	aA	10199	aB	13168	aA	14249	aA	13757	aA	12669	aA	12173
HE 5	13267	aA	11561	aA	11815	bA	10493	aB	10115	bB	10930	bB	11718	bA	12277	aA	8871	bB	11262	bA	13196	aA	12962	bA	11690	bA	11550
HE 6	10170	bA	4828	bD	7068	cC	5905	bC	6828	cC	3613	dD	8300	bB	8495	bB	7862	bB	7785	cB	8452	bB	10896	bA	9872	bA	7698
HE 7	14023	aA	12170	aB	13393	aA	11611	aB	11009	aB	13594	aA	13561	aA	8607	bC	11518	aB	14459	aA	14581	aA	14906	aA	12140	bB	12736
HE 8	15575	aA	11907	aC	12385	bC	11504	aC	12798	aB	13270	aB	14717	aA	7519	bD	11235	aC	14114	aB	15094	aA	15353	aA	13127	aB	12969
Média	13564		10845		11598		10070		10132		10859		12436		10755		9575		12217		13767		13462		12194		11652

<sup>(1)</sup> AT: Alegrete, CS: Cachoeira do Sul, DM: Dom Pedrito, IQ: Itaqui, NV: Nova Veneza, PL: Pelotas, RG: Rio Grande, SG: São Gabriel, SM: Santa Maria, SAP: Santo Antônio da Patrulha, SVP: Santa Vitória do Palmar, TA: Tapes, UR: Uruguaiana. <sup>(2)</sup> Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de *Scott-Knott* a 0,05 de probabilidade de erro.

A maior produtividade geral na safra 2017/18 pode ter ocorrido devido às condições climáticas terem favorecido o desenvolvimento dos genótipos em alguns ambientes, elevando as médias em seis ambientes, dos dez ambientes que foram conduzidos os experimentos nas duas safras (Tabelas 8 e 9). A influência do ambiente pode ser observada uma vez que a produtividade na safra 2016/17 variou de 8.510 a 12.054 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 8) e na safra 2017/18 variou de 9.575 a 13.767 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 9). Também se observa que os ambientes Rio Grande, Santa Vitória do Palmar e Tapes apresentaram médias elevadas nas duas safras de cultivo, mostrando que estes ambientes possuem condições favoráveis para o desenvolvimento da cultura do arroz irrigado, com condições das cultivares expressarem seu potencial produtivo.

A superioridade produtiva dos híbridos é observada ao comparar as médias dos genótipos no mesmo ambiente. Na maioria das situações (95,83%), o genótipo híbrido Titan CL apresenta maior produtividade, chegando a produzir 15.910 kg ha<sup>-1</sup>, produtividade está 2,6 vezes superior à média nacional (Tabela 9). As diferenças estatísticas entre os genótipos não foram observadas no ambiente de Cachoeira do Sul na safra 2016/17, o que já era esperado por não haver efeito significativo de genótipo na análise individual.

A existência da interação GA traz implicações aos programas de melhoramento, considerando sua influência na avaliação de genótipos superiores (PEREIRA et al., 2010; RIBEIRO e ALMEIDA, 2011). Selecionar genótipos cujo a adaptação a vários ambientes e altas produtividades estejam presentes consiste em um dos objetivos básicos do melhoramento, entretanto, com a presença da interação GA a seleção pode ser prejudicada, tendo em vista que o comportamento dos genótipos podem ser variáveis frente as diferentes variações ambientais (CARGNIN et al., 2008). Uma forma de aferir se as informações oriundas dos distintos locais de avaliação são complementares é por meio da estratificação de ambientes.

Para a estratificação de ambientes, na análise conjunta, foi considerado a relação 7:1, desconsiderando os ambientes que não apresentaram variâncias residuais homogêneas, sendo estes: Santa Rosa do Sul, na safra 2016/17 e Nova Veneza, Dom Pedrito, Santa Vitória do Palmar e Itaqui, na safra 2017/18. Também foram descartados os ambientes que apresentaram maiores variâncias residual, sendo estes: Itaqui na safra 2016/17 e São Gabriel na safra 2017/18. Com isso, para a safra 2016/17, foi considerado na análise conjunta, os nove genótipos em nove ambientes. Na safra 2017/18, foi considerado na análise conjunta, os nove genótipos em oito ambientes (Tabela 10). A relação da maior variância residual pela menor, foi de: 4,79 na safra 2016/17 e 6,65 na safra 2017/18.

Tabela 10. Resumo das análises de variância conjunta, por safra, dos 9 ambientes na safra 2016/17 e 8 ambientes na safra 2017/18, quanto ao caráter produtividade de grãos de arroz ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

Fontes de Variação	Safra 2016/17		Safra 2017/18	
	GL	QM	GL	QM
Blocos/Ambientes	18	1533124	16	989992
Genótipos	8	18455203*	8	77894477*
Ambientes	8	7483692*	7	51240453*
GA	64	2428691*	56	3112689*
Erro	144	495662	128	623659
Total	242	-	215	-
Média		11.480		11.893
CV%		6,13		6,63

\* Significativo a 0,05 de probabilidade pelo teste F.

A estratificação ambiental pelo método de LIN (1982) resultou na formação de um único grupo na safra 2016/17 e dois grupos na safra 2017/18, sem interação GA significativa (Tabela 11). O grupo I na safra 2016/17 é composto por: Nova Veneza, Rio Grande, Tapes. Na safra 2017/18, o grupo I é composto por: Rio Grande, Santo Antônio da Patrulha, Tapes e o grupo II por: Alegrete, Uruguaiana e Tapes.

Tabela 11. Agrupamento dos ambientes de avaliação de genótipos de arroz, com base na interação GA não significativa, conforme LIN (1982) em 11 e 13 ambientes, para as safras 2016/17 e 2017/18, respectivamente.

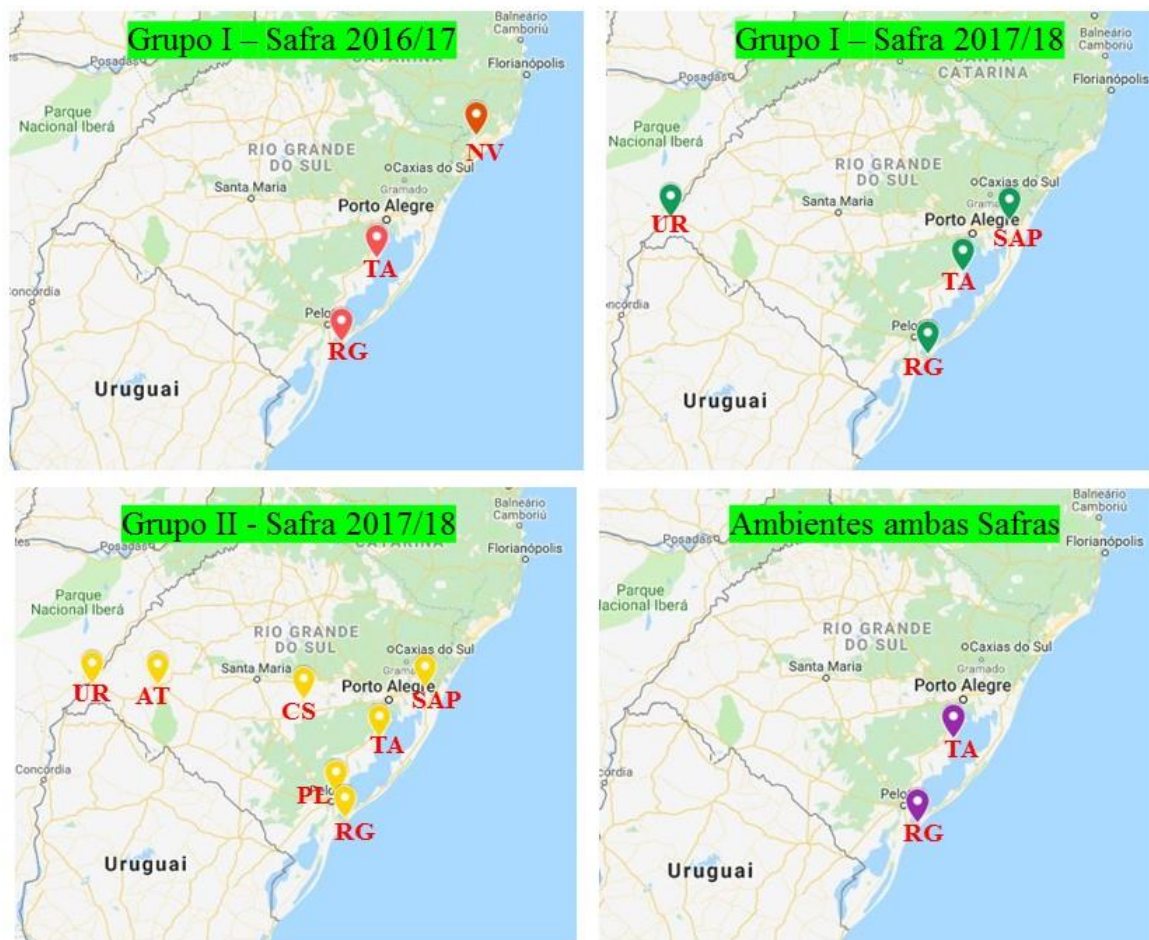
Grupo	Ambientes	QMI/e	Fc	Ft (0,05)
	Safra 2016/17			
I	Nova Veneza, Rio Grande e Tapes	234693	1,42	1,71
	Safra 2017/18			
I	Rio Grande, Santo Antônio da Patrulha e Tapes	339532	1,63	1,72
II	Alegrete, Uruguaiana e Tapes	297093	1,42	1,72

A decomposição da interação GA, em parte simples e complexa permite verificar se a resposta diferencial dos genótipos frente aos ambientes, onde que, se de ordem simples, não ocorre alterações na classificação dos genótipos com as variações dos ambientes. Na interação de ordem complexa, as alterações na classificação dos genótipos frente as variações dos ambientes, é detectada (CRUZ e REGAZZI, 2012).

De acordo com o método de CRUZ e CASTOLDI (1991) e critério utilizado por MENDONÇA et al. (2007), onde considerou que pares de ambientes cujo a interação GA com predominância de parte simples e correlação acima de 0,50 podem ser agrupados. Seguindo este critério, na safra 2016/17, não é possível a inclusão de nenhum ambiente no grupo formado

(Tabela 12 e Figura 2). Na safra 2017/18, o ambiente Uruguiana pode ser incluído no grupo I, pois apresentou estimativas percentuais com todos os ambientes de partes simples e correlações acima de 0,50 (Tabela 13 e Figura 2). No grupo II é possível a inclusão dos ambientes Cachoeira do Sul, Pelotas, Rio Grande, Santo Antônio da Patrulha.

Nos grupos formados nas safras (2016/17 e 2017/18), foi possível observar ambientes que estão nos mesmos grupos, em ambas as safras, tendo no grupo I os ambientes Rio Grande, Tapes. Uma possível explicação para tal formação, pode ser: ambos ambientes nas duas safras, foram os que apresentaram maiores médias absolutas (tabela 8 e 9); e também é possível a reação com a ocorrência de temperatura do ar baixa ( $<15^{\circ}\text{C}$ ) em períodos críticos para a cultura, sendo no estágio de estabelecimento, reprodutivo e maturação como pode ser observado no Anexos A e B. A ocorrência de temperatura do ar baixa nestes estádios é relatada por SOSBAI (2016) nas regiões Litoral-Sul e Campanha.



**Figura 2.** Grupos de ambientes formados nas safras 2016/17 e 2017/18, e ambientes recorrentes em ambas as safras.

Tabela 12. Estimativas de correlação entre ambientes (acima da diagonal) e estimativas percentuais das partes complexas (abaixo da diagonal), resultantes da decomposição da interação entre genótipos e pares de ambientes pelo critério de CRUZ e CASTOLDI (1991), Safra 2016/17.

Ambientes	AT	CS	NV	PL	RG	SG	SVP	TA	UR
AT		-0,23	-0,19	-0,15	-0,46	0,34	-0,10	-0,44	-0,41
CS	97,18*		0,45	0,56	0,55	0,11	0,51	0,40	0,39
NV	107,76*	48,1		0,78	0,81	0,15	0,79	0,77	0,63
PL	95,48*	26,25	37,02		0,68	0,64	0,93	0,59	0,79
RG	119,95*	41,35	43,1	46,32		0,01	0,72	0,76	0,74
SG	78,21*	68,49*	92,06*	53,74*	99,29*		0,58	0,01	0,40
SVP	76,72*	19,74	20,3	13,96	27,11	42,87		0,55	0,88
TA	116,39*	46,66	46,44	59,83*	46,74	99,09*	48,23		0,58
UR	111,83*	41,49	56,55*	44,97	45,6	75,22*	18,33	63,54*	

\*Identifica os pares de ambientes cujas interações com os genótipos são predominantemente complexas.

Tabela 13. Estimativas de correlação entre ambientes (acima da diagonal) e estimativas percentuais das partes complexas (abaixo da diagonal), resultantes da decomposição da interação entre genótipos e pares de ambientes pelo critério de CRUZ e CASTOLDI (1991), Safra 2017/18.

Ambientes	AT	CS	PL	RG	TA	UR	SM	SAP
AT		0,81	0,91	0,86	0,93	0,92	0,41	0,85
CS	37,26		0,95	0,87	0,79	0,78	0,46	0,85
PL	12,26	13,86		0,94	0,92	0,84	0,55	0,94
RG	37,11	27,34	6,56		0,89	0,83	0,70	0,96
TA	20,04	31,43	6,77	29,64		0,88	0,58	0,89
UR	17,48	26,97	11,82	33,29	32,25		0,33	0,76
SM	70,4*	56,84*	36,94	48,45	63,17*	81,92*		0,77
SAP	38,37	36,37	10,35	16,95	25,39	35,66	35,16	

\*Identifica os pares de ambientes cujas interações com os genótipos são predominantemente complexas.

Portanto, nestes grupos formados, a interação é de predominância simples, ou seja, a presença desta não gera grandes inconvenientes na identificação dos genótipos nos ambientes considerados. Segundo CARGNIN et al. (2008) este tipo de interação é a que menos impacta na seleção, considerando que esta é ocasionada pela diferença de variabilidade entre os genótipos nos ambientes em estudo.

Na cultura do arroz, dificilmente um determinado genótipo será o melhor em todas as condições de cultivo (CARGNIN et al., 2008). Para tanto, a identificação de genótipos mais estáveis, adaptados e produtivos frente as variações ambientais, torna-se, uma alternativa para minimizar os efeitos da interação GA (BORÉM e NAKANO, 2015).

As estimativas preditas pelo método de EBERHART e RUSSEL (1966) dos valores do parâmetro de adaptabilidade em função dos valores dos coeficientes de regressão linear para os genótipos avaliados, variaram de 0,75 para Irga 424 RI a 1,37 para HE 1 (Tabela 14). A estimativa do coeficiente de regressão do genótipo HE 2 e HE 4 não diferiu da unidade ( $\beta_{li=1}$ ) pelo teste t, conferindo a este, ampla adaptabilidade aos ambientes em estudo na safra 2016/17. Para os demais genótipos, em ambas as safras as estimativas dos coeficientes de regressão diferiram da unidade ( $\beta_{li=1}$ ) pelo teste t.

Os genótipos híbridos Inov CL, Titan CL e HE1 na safra 2016/17, e genótipos Guri Inta CL, Inov CL, Titan CL, Lexus CL e HE8 na safra 2017/18 demonstraram adaptabilidade a ambientes favoráveis ( $\beta_{li}>1$ ). No entanto, os genótipos Irga 424 RI, Guri Inta CL, Lexus CL, HE3 na safra 2016/17, e genótipos Irga 424 RI, HE5, HE6 e HE7 demonstraram adaptabilidade a ambientes desfavoráveis ( $\beta_{li}<1$ ).

Dentre as cultivares convencionais, o genótipo Irga 424 RI foi o que apresentou médias de produtividade superior à média geral, em ambas as safras com adaptabilidade a ambientes desfavoráveis, e, na safra 2016/17, apresentou estabilidade produtiva ( $R^2= 66,45\%$ ). Entre os híbridos comerciais, o genótipo Titan CL obteve as maiores médias dentre todos os genótipos testados em ambas as safras, sendo que, na safra 2017/18, apresentou adaptado a ambientes favoráveis porém com coeficiente de regressão bem próximo a 1 ( $\beta_{li} = 1,02$ ), que o classificaria como genótipo de ampla adaptabilidade, e ainda foi um genótipo estável ( $R^2= 76,37\%$ ) nesta safra.



Tabela 14. Parâmetros de adaptabilidade ( $\beta_{li}$ ), estabilidade ( $\sigma^2_{di}$ ) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para produtividade de grãos de arroz ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), obtidos através do método de EBERHART e RUSSEL (1966) e LIN e BINNS (1988), nas safras 2016/17 e 2017/18, para 9 genótipos e 24 ambientes.

Genótipos	Média ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	EBERHART e RUSSEL (1966)			LIN e BINNS (1988)		
		$\beta_{li}$	$\sigma^2_{di}$	$R^2(\%)$	Pi	Pif	Pid
Safrá 2016/17							
Irga 424 RI	11502	0,75 <sup>”</sup>	526383 <sup>*</sup>	45,73	1018819 <sup>(5)</sup>	1140707 <sup>(5)</sup>	470325 <sup>(4)</sup>
Guri INTA CL	10033	0,94 <sup>”</sup>	214245 <sup>*</sup>	71,27	3894766 <sup>(8)</sup>	3791325 <sup>(9)</sup>	4360251 <sup>(8)</sup>
Inov CL	11324	1,17 <sup>”</sup>	158360 <sup>ns</sup>	81,68	1198041 <sup>(6)</sup>	1165943 <sup>(8)</sup>	1342485 <sup>(1)</sup>
Titan CL	12208	1,09 <sup>”</sup>	1066845 <sup>*</sup>	51,80	386820 <sup>(1)</sup>	470243 <sup>(5)</sup>	11413 <sup>(9)</sup>
Lexus CL	11623	0,88 <sup>”</sup>	152023 <sup>ns</sup>	71,77	897561 <sup>(4)</sup>	949594 <sup>(1)</sup>	663410 <sup>(5)</sup>
HE 1	10560	1,37 <sup>”</sup>	300128 <sup>*</sup>	82,21	2610964 <sup>(7)</sup>	2189018 <sup>(3)</sup>	4509721 <sup>(3)</sup>
HE 2	9906	1,00 <sup>ns</sup>	894289 <sup>*</sup>	51,52	4600708 <sup>(9)</sup>	4684317 <sup>(6)</sup>	4224471 <sup>(7)</sup>
HE 3	11803	0,80 <sup>”</sup>	771047 <sup>*</sup>	43,08	721091 <sup>(3)</sup>	866151 <sup>(2)</sup>	68320 <sup>(2)</sup>
HE 4	11824	1,00 <sup>ns</sup>	441190 <sup>*</sup>	64,36	604876 <sup>(2)</sup>	599707 <sup>(7)</sup>	628136 <sup>(6)</sup>
Safrá 2017/18							
Irga 424 RI	11835	0,74 <sup>”</sup>	596544 <sup>*</sup>	66,45	2452779 <sup>(4)</sup>	2554184 <sup>(4)</sup>	2365861 <sup>(4)</sup>
Guri INTA CL	9940	1,19 <sup>”</sup>	1552745 <sup>*</sup>	66,278	9265098 <sup>(3)</sup>	6563733 <sup>(9)</sup>	11644401 <sup>(3)</sup>
Inov CL	12438	1,19 <sup>”</sup>	1280825 <sup>*</sup>	70,52	1668212 <sup>(8)</sup>	1277880 <sup>(8)</sup>	2002783 <sup>(1)</sup>
Titan CL	13531	1,02 <sup>”</sup>	696576 <sup>*</sup>	76,37	240055 <sup>(9)</sup>	182784 <sup>(3)</sup>	289144 <sup>(6)</sup>
Lexus CL	12173	1,06 <sup>”</sup>	891244 <sup>*</sup>	73,34	2076893 <sup>(5)</sup>	1286363 <sup>(5)</sup>	2754489 <sup>(8)</sup>
HE 5	11550	0,78 <sup>”</sup>	417927 <sup>*</sup>	75,96	3115579 <sup>(1)</sup>	3822184 <sup>(1)</sup>	2509918 <sup>(5)</sup>
HE 6	7698	0,94 <sup>”</sup>	2791924 <sup>*</sup>	40,90	20896729 <sup>(6)</sup>	17701217 <sup>(6)</sup>	23635739 <sup>(9)</sup>
HE 7	12736	0,92 <sup>”</sup>	1622310 <sup>*</sup>	53,10	1801995 <sup>(2)</sup>	964302 <sup>(2)</sup>	2520019 <sup>(2)</sup>
HE 8	12969	1,16 <sup>”</sup>	2356070 <sup>*</sup>	55,18	1980900 <sup>(7)</sup>	236728 <sup>(7)</sup>	3475904 <sup>(7)</sup>
Média geral	11198 <sup>(1)</sup>						
	11652 <sup>(2)</sup>						

“Significativo em 0,05 de probabilidade, pelo teste t ( $\beta_{li}=1$ ). <sup>ns</sup> Não significativo. \* Significativo a 0,05 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Pi = índice Pi; Pif = adaptação a ambientes favoráveis; Pid = adaptação a ambientes desfavoráveis. (\*) Valores entre parênteses, representam a ordem de classificação, variando de 1 a 9.

Os genótipos híbridos Inov CL, Titan CL e HE1 na safra 2016/17, e genótipos Guri Inta CL, Inov CL, Titan CL, Lexus CL e HE8 na safra 2017/18 demonstraram adaptabilidade a ambientes favoráveis ( $\beta_{li} > 1$ ). No entanto, os genótipos Irga 424 RI, Guri Inta CL, Lexus CL, HE3 na safra 2016/17, e genótipos Irga 424 RI, HE5, HE6 e HE7 demonstraram adaptabilidade a ambientes desfavoráveis ( $\beta_{li} < 1$ ).

Avaliando o desempenho dos híbridos experimentais na safra 2016/17, o genótipo HE1 apresentou média produtiva abaixo da média geral da safra. Porém, mostrou-se adaptado a ambientes favoráveis ( $\beta_{li} > 1$ ), com estabilidade produtiva e seu  $R^2$  é o maior dentre os genótipos estudados ( $R^2 = 82,21\%$ ), podendo este ser considerado em genótipo promissor. Já o genótipo HE2 apresenta a menor média da safra ( $9.906 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e de baixa previsibilidade, porém, é um genótipo de ampla adaptabilidade. Na safra 2017/18, o genótipo HE5 apresentou média de

produtividade próxima a média geral da safra, mostra-se adaptado a ambientes desfavoráveis e com estabilidade produtiva. O genótipo HE8 foi o mais produtivo nesta safra (12.969 kg ha<sup>-1</sup>), adaptado aos ambientes favoráveis, porém com baixa adaptabilidade e com R<sup>2</sup> baixo (55,18%).

Pela metodologia de LIN e BINNS (1988), na safra 2016/17, os genótipos híbridos comerciais apresentaram os melhores comportamentos, sendo: Titan CL adaptado de forma geral, Lexus CL adaptado a ambientes favoráveis e Inov CL, adaptado a ambientes desfavoráveis. Na safra 2017/18, o genótipo híbrido experimental HE 5 demonstrou adaptabilidade de forma geral, para ambientes favoráveis. Para CARGNELUTTI FILHO et al. (2007) esta metodologia recomenda genótipos com alta produtividade e associadas a alta instabilidade e adaptadas a ambientes favoráveis. Isso corrobora com os resultados apresentados no presente trabalho em que os genótipos recomendados em ambas as safras foram os mais produtivos.

Ao analisar as cultivares recomendadas pelas metodologias de EBERHART e RUSSEL (1966) e de LIN e BINNS (1988) verifica-se que as metodologias apresentam certa concordância. CARGNELUTTI FILHO et al. (2009) verificaram que, para a cultura do milho, essas metodologias são concordantes na recomendação dos genótipos. Contudo, o método preferido deve ser o de EBERHART e RUSSEL (1966), pois considera simultaneamente a produtividade, a estabilidade e a adaptabilidade a ambientes gerais, favoráveis e desfavoráveis (CARGNELUTTI FILHO et al., 2007).

## 5 CONCLUSÃO

A qualidade das inferências levando em consideração as respostas obtidas pela acurácia seletiva muito alta ( $>0,90$ ) a alta ( $>0,70$ ), coeficiente de variação geral, de médio ( $\leq 10,86\%$ ) a baixo ( $\leq 1,62\%$ ) e diferença mínima significativa geral, de média ( $\leq 31,53\%$ ) a baixa ( $\leq 4,70\%$ ) para estes ensaios são de boa precisão para a variável produtividade.

O ambiente influencia no desempenho de genótipos para o caráter produtividade. Os genótipos híbridos são superiores aos cultivares convencionais, para o caráter produtividade de grãos.

## 6 REFERÊNCIAS

ACEVEDO, M. A.; CASTRILLO, W. A.; BELMONTE, U. C. Origen, evolución y diversidad del arroz. **Agronomic Tropical**, vol. 56, nº 2, p. 151-160, 2006.

ALUKO, G. et al. QTL mapping of grain quality traits from the interspecific cross *Oryza sativa* x *O. glaberrima*. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 109, p. 630-639, 2004.

ALVAREZ, R.M. et al. Evaluación comparativa de híbridos y variedades de arroz en los llanos centrocentrales de Venezuela. **Agronomia Tropical**, vol. 58, nº2, p. 101-110, 2008.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2009. 529 p.

BORÉM, A.; NAKANO, P. H. **Arroz: do plantio a colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015, 242 p.

CARGNELUTTI FILHO, A.; PERECIN, D.; MALHEIROS, E. B.; GUADAGNIN, J. P. Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de milho. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 571-578, 2007.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 17-24, 2007b.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Medidas do grau de precisão experimental em ensaios de competição de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1111-1117, 2009.

CARGNELUTTI FILHO, A.; MARCHESAN, E.; SILA, L. S.; TOEBE, M. Medidas de precisão experimental e número de repetições em ensaios de genótipos de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 336-343, 2012.

CARGNIN, A.; SOUZA, M. A.; PIMENTEL, A. J. B.; FOGAÇA, C. M. Interação genótipos e ambientes e implicações na adaptabilidade e estabilidade de arroz sequeiro. **Revista Brasileira de Agrociência**. Pelotas, v. 14, n. 3-4, p. 49-57, jul-set, 2008.

COSTA, N. H. A. D.; SERAPHIN, J. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 243-249, 2002.

CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. Decomposição da interação genótipo x ambiente em partes simples e completa. **Revista Ceres**. Viçosa, v. 38, p. 422-430, 1991.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: Biometria**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006, 382 p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v.2, 2 ed. rev. Viçosa: Editora UFV, 2006. 585 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4 ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2012, 514 p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2017/18. **Boletim técnico**. v. 5, n 11. Brasília, DF: CONAB, 2018, 148 p.

DIAS NETO, J. J. **Mapeamento genético de QTLs de resistência ao agente causal da brusone (*Magnaporthe oryzae*) e avaliação de multilinhas de resistentes ao patógeno**. 2013. 185 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) Universidade Federal de Brasília. Brasília, 2013.

EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Stanford, v.6, n.1, p.36- 40, 1966.

EMBRAPA. **O programa Embrapa-Cirad**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: < <http://www.cnpaf.embrapa.br/brscirad302/oprograma.html>> Acesso em 24 de set. 2018.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13 ed. Piracicaba, SP: Nobel, 1990. 468p.

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

GOULART, E. S. **Arranjos de semeadura e desempenho de híbridos de arroz**. 2012. 27 p. Dissertação (Ciência e Tecnologia de Sementes), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2012.

IRGA. Instituto Rio-Grandense do Arroz. **Boletim de resultados da lavoura de arroz safra 2017/18**. Disponível em < <http://irga-admin.rs.gov.br/upload/arquivos/201807/30100758-boletim-final-da-safra-201-18-final.pdf> > Acesso em: 28 de set. 2018.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Estações e Dados. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>> Acesso em: 2017 e 2018.

LIN, C.S.; BINNS, M.R. Superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.68, p.193-198, 1988.

LÚCIO, A. D.; STORCK, L.; BANZATTO, D. A. Classificação dos experimentos de competição de cultivares quanto a sua precisão. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.5, p.99-103, 1999.

LÚCIO, A. D.; STORCK, L. O manejo das culturas interfere no erro experimental. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**. v.5, p.311-316, 1999b.

LÚCIO, A. D.; BANZATTO, D. A.; STORCK, L. Interferência do manejo das culturas sobre o erro experimental. **Revista Científica**, São Paulo, v. 28, p. 33-43, 2000.

MARTIN, T. N.; STORCK, L. Análise das pressuposições do modelo matemático em experimentos agrícolas no delineamento blocos ao acaso. In: MARTIN, T. N. e ZIECH, M. F. (org). **Sistemas de Produção Agropecuária**. Curitiba, UTFPR, p. 177-196, 2008.

MENDONÇA, O.; CARPENTIERI-PIPOLO, V.; GARBUGLIO, D. D.; FONSECA JUNIOR, N. S. Análise de fatores e estratificação ambiental na avaliação da adaptabilidade e estabilidade em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília v. 42, p. 1567-1575, 2007.

- MORAIS JÚNIOR, O. P. et al. Variabilidade genética durante quatro ciclos de seleção recorrente em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 52, p. 1033-1041, 2017.
- NEVES, P. C. F.; RANGEL, P. H. N.; CUTRIM, V. A. Selección recurrente para la producción de arroz híbrido. **Selección Recurrente em arroz**. Colombia: Centro internacional de Agricultura Tropical, p. 229-237, 1997
- PEREIRA, H. S.; MELO, L. C.; FARIA, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; WENDLAND, A. Estratificação ambiental na avaliação de genótipos de feijoeiro-comum tipo carioca em Goiás e no Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 45, p. 554-562, 2010.
- PHILPOT, K. et al. Environmental factors that affect the ability of amylose to contribute to retrogradation in gels made from rice flour. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 5182-5190, 2006.
- POLIZEL, A. C. et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja no estado do Mato Grosso. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.29, n.4, p.910-920, 2013.
- PRESTES, D. N. **Qualidade industrial e propriedades do amido de grãos do colmo principal e os perfilhos de genótipos de arroz**. 2013. 88 p. Dissertação (Ciência de Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2013.
- RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 37, p.182-194, 2007.
- RIBEIRO, J. Z.; ALMEIDA, M. I. M. Estratificação ambiental pela análise da interação genótipo x ambiente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 46, p. 875-883, 2011.
- RICETEC. **Indicações de Manejo para o Cultivo de Sementes de Arroz RiceTec-Manual resumido para o Mercosul**. 2015. 17 p. Disponível em: <<http://ricetec-sa.com/upload/handbook/4973b51cf22242ac1eccd4d71c286922.pdf>> Acesso em: 24 de out. 2016.

SBCS. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. SBCS- Núcleo Regional Sul: RS e SC, 2016, 376 p.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality. **Bimetrika**, Oxford, Inglaterra, v. 52, n.3-4, p. 591-611, 1965.

SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz Irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Santa Maria, RS: SOSBAI, 2014, 192 p.

SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz Irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Pelotas, RS: SOSBAI, 2016, 200 p.

SPRENT, P.; SMEETON, N. C. **Applied nonparametric statistical methods**. Boca Raton: Chapman e Hall, 2007, 530 p.

STEIN, R. J. **Excesso de ferro em arroz (*Oryza sativa* L.): efeitos tóxicos e mecanismos de tolerância em distintos genótipos**. 2009. 197 p. Tese (Doutorado em Biologia Celular e Molecular), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. New York: McGraw-Hill, 1997, 666 p.

STORCK, L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; LÚCIO, A. D.; MISSIO, E. L.; RUBIN, S. A. L. Avaliação da precisão experimental em ensaios de competição de cultivares de soja. **Ciência Agrotecnologia**. v. 34, n. 3, p. 572-578, 2010.

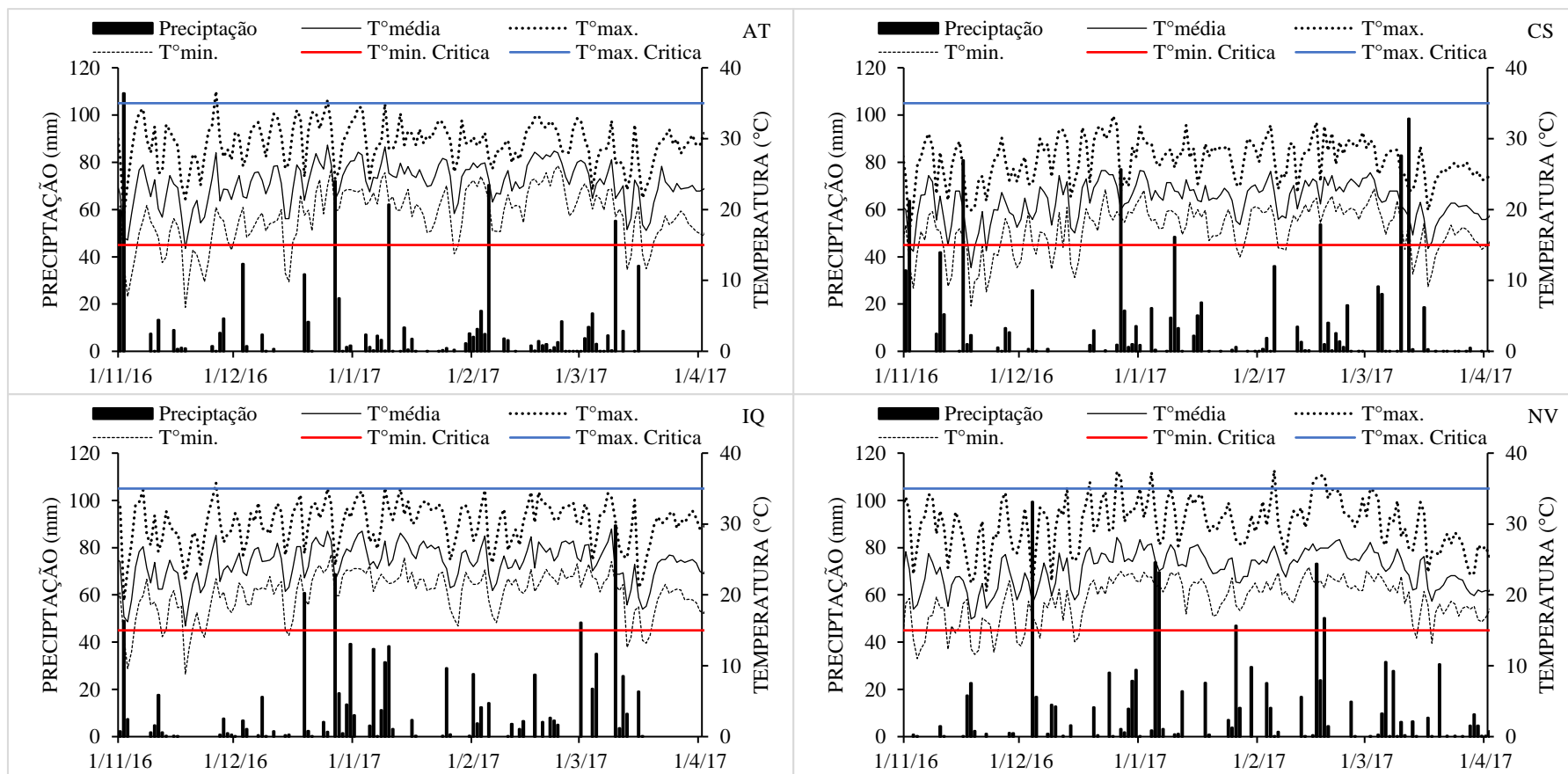
STORCK, L., GARCIA, D. C.; LOPES, S. J.; ESTEFANEL, V. **Experimentação vegetal**. 3 ed. Santa Maria, RS: Editora UFSM, 2011, 200 p.

USDA. **Grain: World Markets and Trade**. United States Department of Agriculture, 2018. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain.pdf>> Acesso em 13 set. 2018.

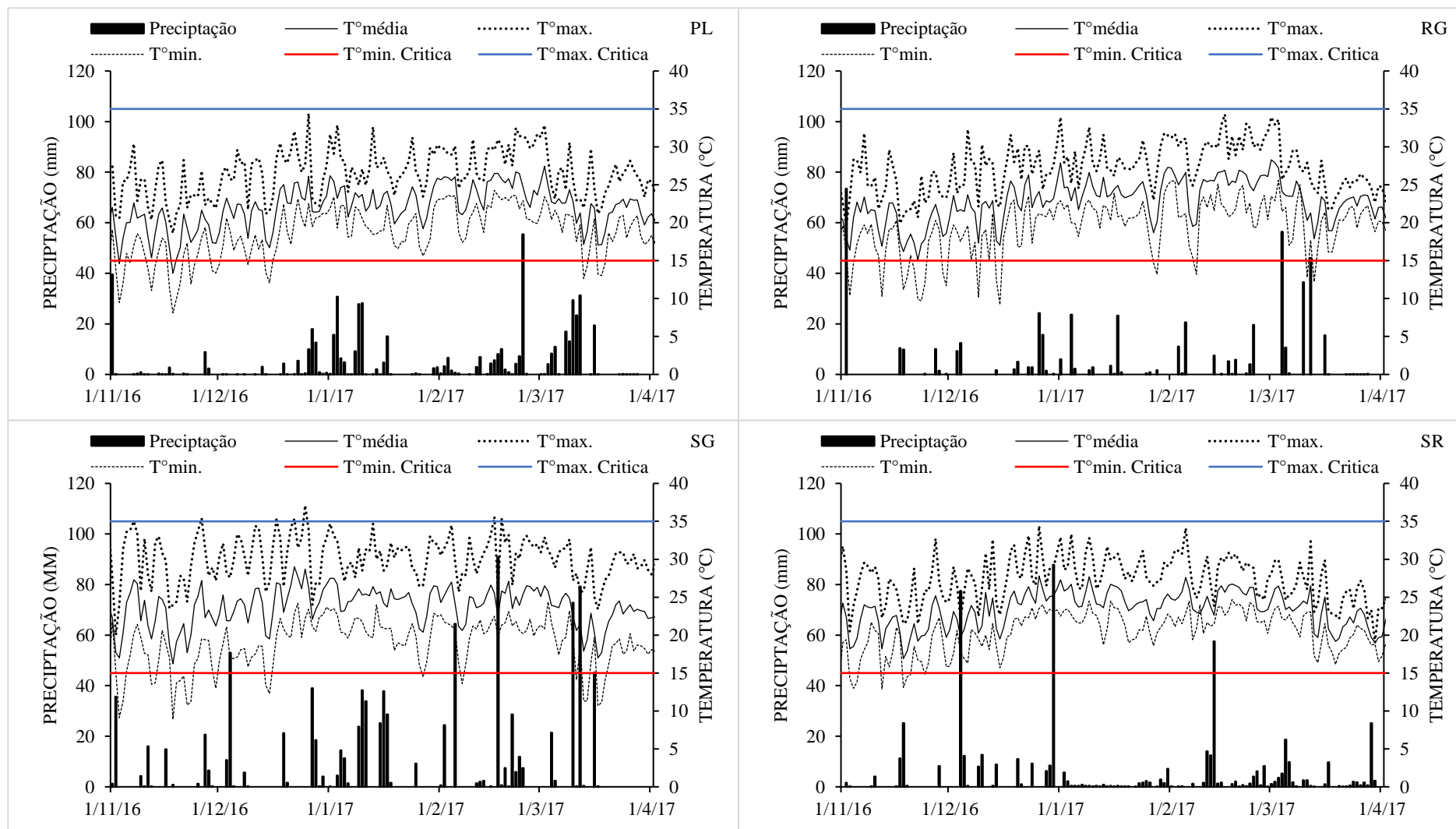
VAUGHAN, D. A.; MORISHIMA, H.; Diversity in the genus *Oryza*. **Current Opinion in Plant Biology**, v.6, p. 139-146, 2003.



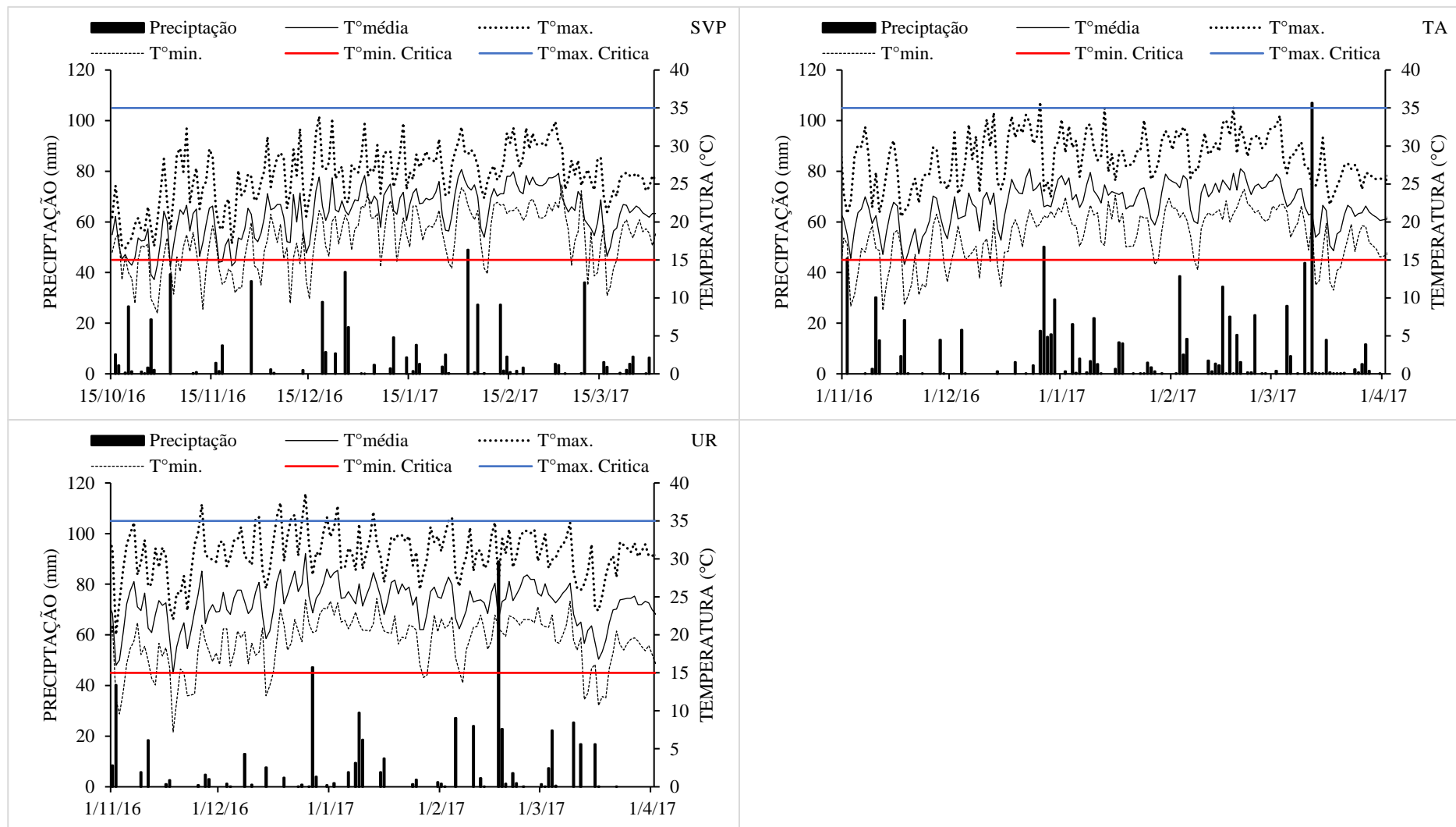
**7 ANEXO A – GRÁFICOS DE PRECIPITAÇÃO, TEMPERATURAS MÍNIMAS, MÉDIAS E MÁXIMA NA SAFRA 2016/17, PARA OS 11 AMBIENTES.**



AT: Alegrete, CS: Cachoeira do Sul, IQ: Itaqui, NV: Nova Veneza. Fonte: INMET.

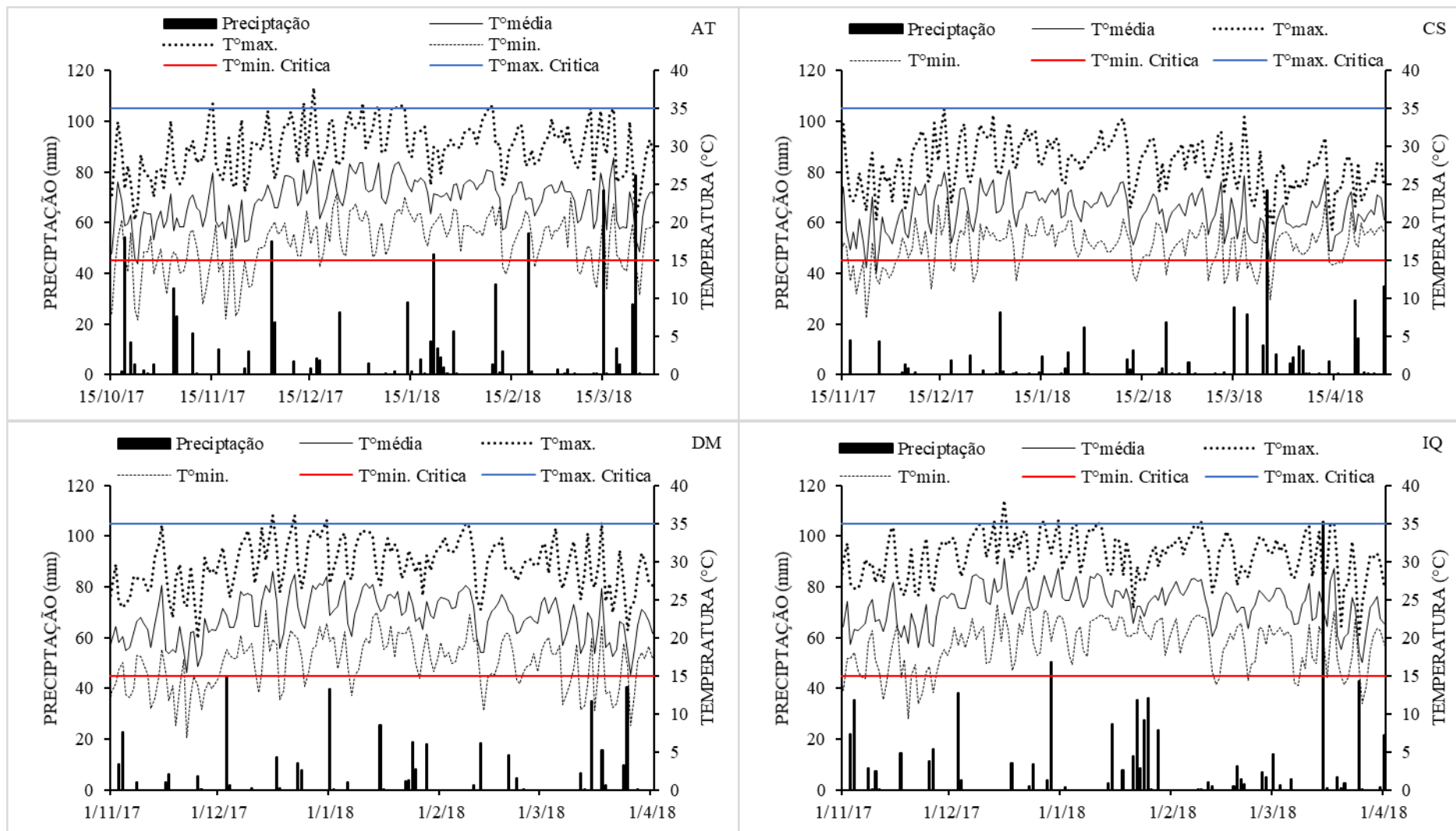


PL: Pelotas, RG: Rio Grande, SG: São Gabriel, SR: Santa Rosa do Sul. Fonte: INMET.

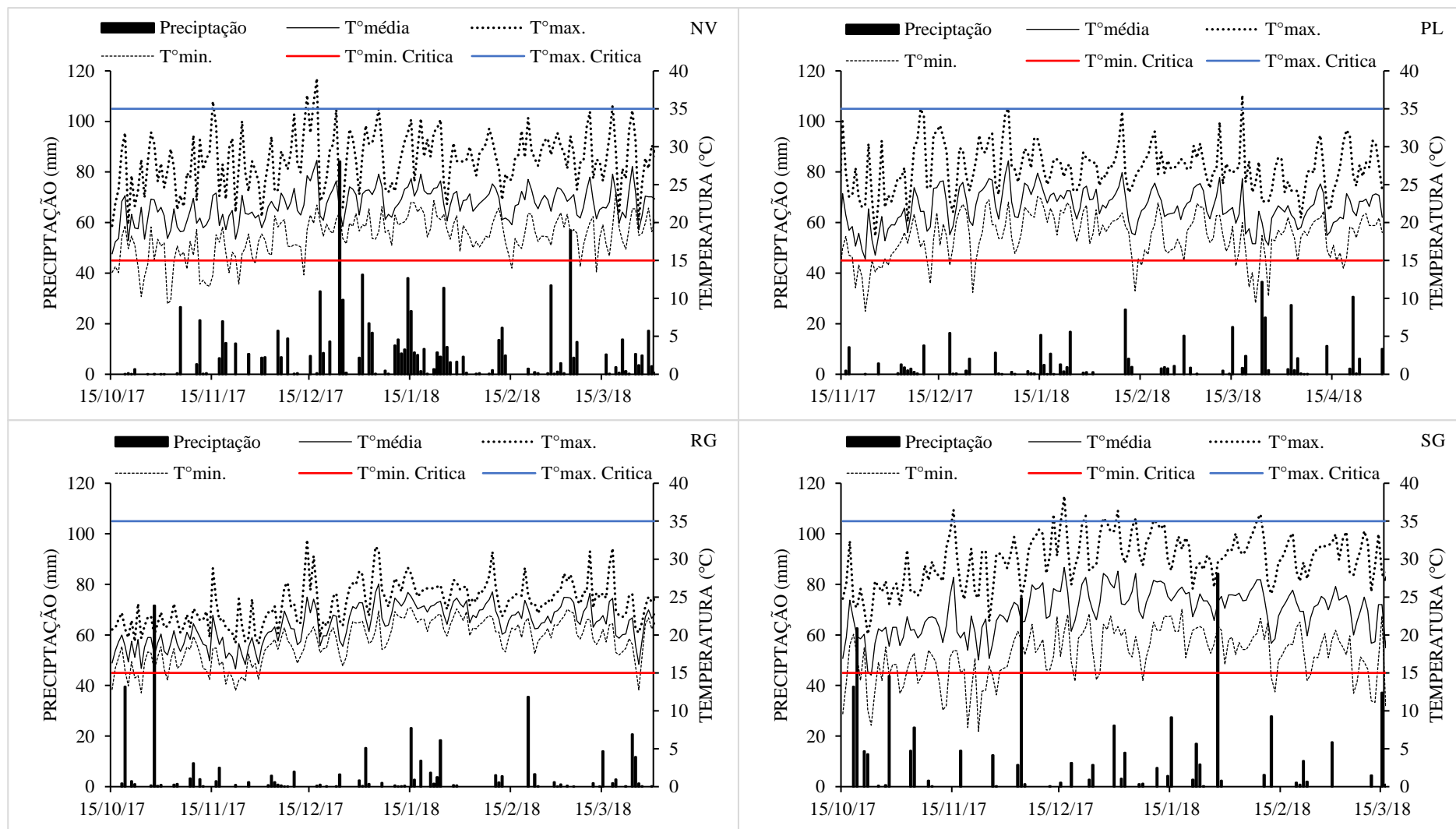


SVP: Santa Vitória do Palmar, TA: Tapes, UR: Uruguaiana. Fonte: INMET.

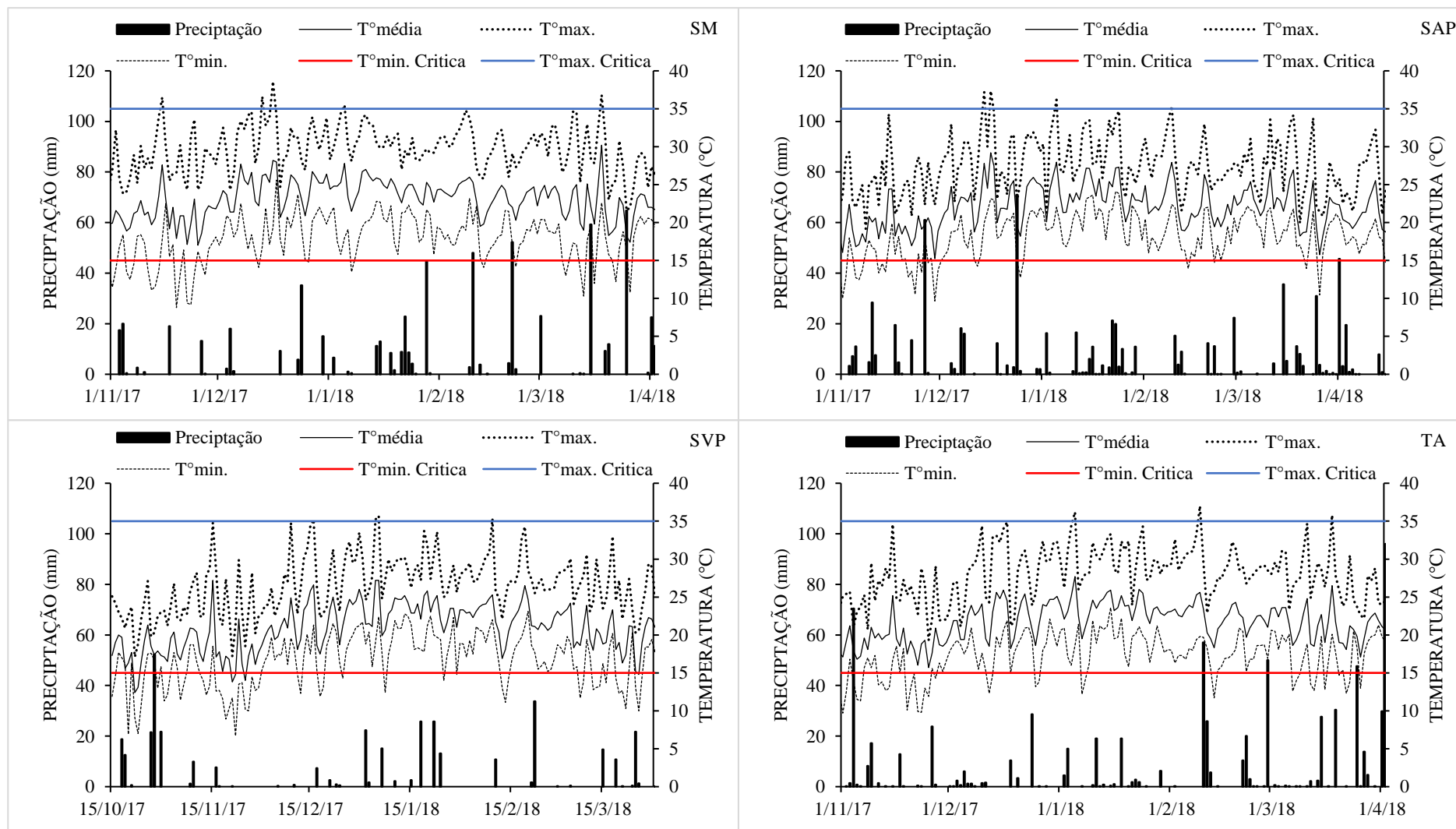
## 8 ANEXO B – GRÁFICOS DE PRECIPITAÇÃO, TEMPERATURAS MÍNIMAS, MÉDIAS E MÁXIMAS, NA SAFRA 2017/18 PARA 13 AMBIENTES,



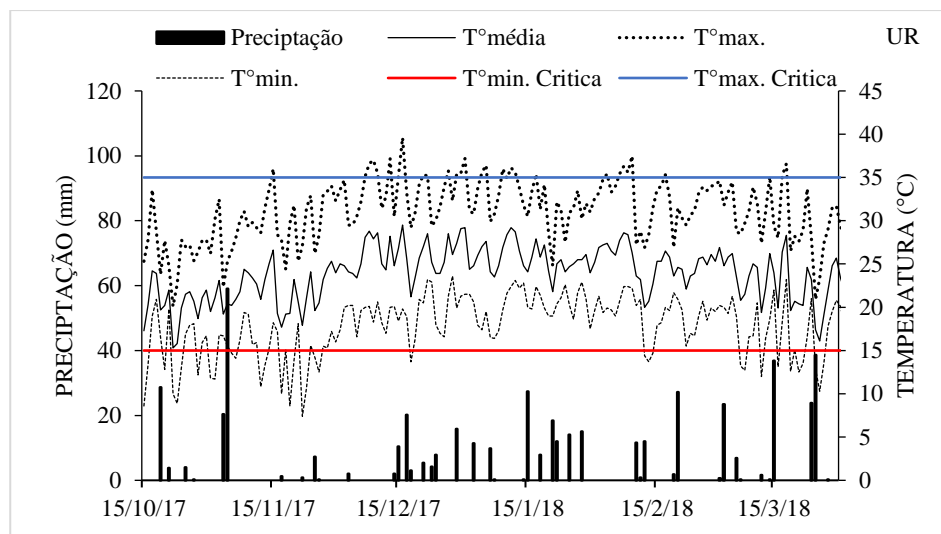
AT: Alegrete, CS: Cachoeira do Sul, DM: Dom Pedrito, IQ: Itaqui. Fonte: INMET.



NV: Nova Veneza, PL: Pelotas, RG: Rio Grande, SG: São Gabriel. Fonte: INMET.



SM: Santa Maria, SAP: Santo Antônio da Patrulha, SVP: Vitória do Palmar, TA: Tapes. Fonte: INMET.



UR: Uruguiana. Fonte: INMET.