## Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

## Delineamentos ótimos para experimentos multi-ambientais de melhoramento genético de plantas

## **Denize Palmito dos Santos**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências. Área de concentração: Estatística e Experimentação Agronômica

Piracicaba 2023 Denize Palmito dos Santos Licenciada em Matemática

# Delineamentos ótimos para experimentos multi-ambientais de melhoramento genético de plantas

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora: Profa. Dra. **RENATA ALCARDDE SERMARINI** 

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências. Área de concentração: Estatística e Experimentação Agronômica

Piracicaba 2023

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Santos, Denize Palmito dos

Delineamentos ótimos para experimentos multi-ambientais de melhoramento genético de plantas / Denize Palmito dos Santos. – – versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. – – Piracicaba, 2023 . 74 p.

Tese (Doutorado) - – USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Análise conjunta 2. Delineamento parcialmente replicado 3. Delineamento *grid-plot* 4. Ganho genético 5. Qualidade de seleção 6. Matriz de relacionamento . I. Título.

## DEDICATÓRIA

À minha família.

#### **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus e a todos que me deram suporte e apoio para que eu conseguisse tornar esse sonho possível, em especial minha mãe, Maria Ednalva Palmito dos Santos, meu irmão Denisar Palmito dos Santos, meu noivo Julio Cezar Souza Vasconcelos, meu amigo Lucas Castro e amigos que fiz ao longo desse caminho.

Agradeço também à minha orientadora, a professora Dra. Renata Alcarde Sermarini, pela imensa ajuda, motivação e entusiasmo durante o meu doutorado, e à equipe do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP.

Meu trabalho foi apoiado financeiramente pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## SUMÁRIO

Re	sumo				6
Ab	stract	t			8
1	Intro	dução			9
	Refe	rências			11
2	Delir	neament	tos ótimos	s em experimentos de melhoramento de plantas: um estudo de simulação	
	com	parando	delineam	entos <i>grid-plot</i> e <i>p</i> -rep	13
	Resu	imo .			13
	2.1	Introdu	ução		13
	2.2	Metod	ologia		15
		2.2.1	Delineam	nentos gerados	15
		2.2.2	Estudo d	le simulação e medidas de comparação	17
			2.2.2.1	Simulação dos dados	17
			2.2.2.2	Modelagem estatística e medidas de comparação dos delineamentos	18
	2.3	Result	ados e dis	cussão	18
		2.3.1	Layout d	os delineamentos	18
		2.3.2	Estudo d	le simulação $\ldots$ $\ldots$ $\ldots$ $\ldots$ $\ldots$	20
	2.4	Conclu	ısão		22
	Refe	rências			23
3	Delir	neament	tos ótimos	incluindo matriz de parentesco: um estudo de simulação em ensaios multi-	
	amb	ientais o	de melhora	amento genético de trigo	25
	Resu	imo .			25
	3.1	Introdu	ução		26
	3.2	Metod	ologia		28
		3.2.1	Matriz d	e relacionamento	28
		3.2.2	Delinear	nentos gerados	29
		3.2.3	Estudo d	le simulação e medidas das comparações	31
			3.2.3.1	Simulação dos dados	31
			3.2.3.2	Modelagem estatística e medidas de comparação dos delineamentos	32
			3.2.3.3	Estimação dos parâmetros de variância usando o asreml-R	32
	3.3	Result	ados e dis	cussão	34
	3.4	Conclu	ısão		52
	Refe	rências			53
4	Cons	sideraçõ	es finais .		57
Ap	êndic	es			59

#### RESUMO

#### Delineamentos ótimos para experimentos multi-ambientais de melhoramento genético de plantas

Os programas de melhoramento genético de plantas têm como objetivo selecionar diferentes linhagens com características desejáveis. Ensaios multi-ambientais podem ser utilizados nesses estudos, pois permitem avaliar a adequação de diferentes linhagens em diversas condições ambientais. Dessa forma, métodos estatísticos apropriados são fundamentais para a tomada de decisões com relação à seleção de linhagens sob teste (test lines). Os delineamentos ótimos são amplamente considerados em estudos dessa natureza, pois permitem selecionar delineamentos fundamentados em condições não usuais, como por exemplo, dados desbalanceados e a não repetição de tratamentos. Além disso, é possível obter delineamentos do tipo parcialmente replicados (p-rep). Diversos estudos mostram que esses delineamentos são mais eficientes do que delineamentos grid-plot. Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o ganho genético e a qualidade da seleção do material genético, por meio de estudos de simulação, para comparar delineamentos grid-plot e p-rep espacialmente otimizados em ensaios multi-ambientais. Considerando algumas medidas para as comparações dos delineamentos, sendo elas: o Ganho Genético Relativo Percebido - RRGG (Relative Realized Genetic Gain), a precisão genética, e a probabilidade de seleção. Os delineamentos considerados neste estudo são para uma área experimental de 24 linhas por 10 colunas e 180 test lines, em três locais, sendo cada um dividido em dois blocos, compostos por 12 colunas cada, assumindo-se o critério A de otimização. Para o delineamento p-rep otimizado variou-se as p% porcentagens de linhagens repetidas em 11%, 22% e 33% e diferentes número de variedades padrões-checks (0, 5, 10, 15, 20), que são variedades já consolidadas. Além disso, também foram considerados diferentes valores para os parâmetros associados às variâncias genéticas e residuais dentro de cada local, e valores distintos para a correlação genética entre as mesmas linhagens aplicadas em diferentes locais, caracterizando diferentes cenários. Modelos lineares mistos incorporando a variação espacial nos erros de parcelas, foram utilizados para gerar os delineamentos, simular e analisar os dados. As análises foram conduzidas de forma conjunta e individual com relação aos locais. No Capítulo 2, investigou-se com relação aos efeitos de test lines, se fixos ou aleatórios, no modelo para a obtenção do delineamento. Os resultados indicaram que não foram identificadas diferenças entre as medidas de comparação ao considerar efeitos de test lines fixos ou aleatórios no modelo do delineamento. No entanto, houve uma distribuição mais uniforme das test lines repetidas e/ou dos tratamentos na área experimental ao assumir efeitos fixos para as test lines. Estendendo o estudo, o Capítulo 3 teve como objetivo comparar delineamentos gerados considerando a suposição de dependência ou independência entre os efeitos de linhagens, verificando o ganho genético e a qualidade de seleção do material genético. A matriz de parentesco neste capítulo é proveniente de um programa simulado de melhoramento genético de trigo e as linhagens consideradas foram referentes a fase do teste preliminar de rendimento (Preliminary Yield Trial - PYT). Além disso, considerou-se também outros valores para as variâncias genéticas e residual dentro dos locais, esses valores foram assumidos de tal modo a garantir que as razões entre essas duas variâncias fossem as mesmas em todos os locais. Modelos lineares mistos incorporando a variação espacial nos erros de parcelas com matriz de parentesco foram utilizados para realizar as análises. Os resultados indicaram que quando considerou-se valores mais altos para os parâmetros de variâncias genéticas e residual por local, foi possível notar uma melhor aleatorização das variedades em teste na área experimental e melhores resultados para as medidas utilizadas. Em ambos os capítulos, observou-se que os delineamentos p-rep especialmente otimizados apresentaram superioridade em relação ao grid-plot, e entre as diferentes caracterizações para os delineamentos p-rep, os que não apresentaram a presença de variedade padrão, bem como, o p-rep com p = 22% das linhagens duplicadas e menor quantidade de diferentes variedades padrões apresentaram os melhores resultados sendo estes recomendados para realizar estudos dessa natureza. De modo geral, os resultados apresentados indicaram que, a razão entre a variância genética e residual e a correlação entre as mesmas linhagens em locais diferentes sobre a qualidade da seleção; quanto maiores forem esses valores, melhores serão os resultados.

**Palavras-chave:** Análise conjunta, Delineamento parcialmente replicado, Delineamento *grid-plot*, Ganho genético, Matriz de relacionamento, Qualidade de seleção.

#### ABSTRACT

#### Optimal designs for multi-environmental plant breeding experiments

Plant genetic improvement programs aim to select different lineages with desirable characteristics. Multi-environment tests can be used in these studies, as they allow evaluating the suitability of different strains in different environmental conditions. Thus, appropriate statistical methods are fundamental for making decisions regarding the selection of lines under test (test lines). Optimal designs are widely considered in studies of this nature, as they allow selecting designs based on unusual conditions, such as unbalanced data and non-repetition of treatments. Furthermore, it is possible to obtain partially replicated designs (p-rep). Several studies show that these designs are more efficient than grid-plot designs. Thus, the present work aims to evaluate the genetic gain and the quality of genetic material selection, through simulation studies, to compare spatially optimized grid-plot and *p*-rep designs in multi-environmental. Considering some measures for the design comparisons, namely: the Perceived Relative Genetic Gain-RRGG (Relative Realized Genetic Gain), the genetic accuracy, and the selection probability. The designs considered in this study are for an experimental area of 24 lines by 10 columns and 180 test lines, two blocks and three locations, assuming the A optimization criterion. For the optimized p-rep design, the p% percentages of repeated lines were varied by 11%, 22% and 33% and different number of standard-checks varieties (0, 5, 10, 15, 20), which are already consolidated varieties. In addition, different values were also considered for the parameters associated with genetic and residual variances within each location, and different values for the genetic correlation between the same strains applied in different locations, characterizing different scenarios. Mixed linear models incorporating spatial variation in plot errors were used to generate the designs, simulate and analyze the data. The analyzes were conducted jointly and individually with respect to the locations. In Chapter 2, we investigated the effects of test lines, whether fixed or random, on the model to obtain the design. The results indicated that no differences were identified between the comparison measures when considering fixed or random effects of test lines in the design model. However, there was a more uniform distribution of repeated test lines and/or treatments in the experimental area when assuming random effects for the test lines. Extending the study, Chapter 3 aimed to compare the designs generated considering the assumption of dependence or independence between the effects of lineages, verifying the genetic gain and the quality of selection of the genetic material. The parentage matrix in this chapter comes from a simulated wheat genetic improvement program and the lines considered were related to the preliminary yield test phase (Preliminary Yield Trial -PYT). In addition, other values were also considered for the genetic and residual variances within the locations, these values were assumed in such a way as to guarantee that the ratios between these two variances were the same in all locations. Mixed linear models incorporating spatial variation in plot errors with parentage matrix was used to perform the analyses. The results indicated that when higher values were considered for the parameters of genetic and residual variances per location, it was possible to notice a better randomization of the test varieties in the experimental area and better results for the measures used. In both chapters, it was observed that the specially optimized p-rep designs showed superiority in relation to the grid-plot, and among the different characterizations for the *p*-rep designs, those that did not present the presence of a standard variety, as well as the *p*-rep with p = 22% of the duplicated lines and a smaller amount of different standard varieties showed the best results, which are recommended for studies of this nature. In general, the results presented indicated that the ratio between the genetic and residual variance and the correlation between the same strains in different locations on the quality of selection; the higher these values are, the better the results.

**Keywords:** Joint analysis, Partially replicated design, Grid-plot design; Genetic gain, relationship matrix, Selection quality.

#### 1 INTRODUÇÃO

Os programas de melhoramento genético de plantas têm como objetivo selecionar características desejáveis que serão perpetuadas a uma espécie vegetal, obtendo assim, variedades superiores. Essas apresentam um bom desempenho, melhorando fatores relacionados ao aumento da produtividade, resistência às pragas e doenças, resistência às condições adversas do clima e do solo, melhores arquiteturas das plantas, dentre outros. No entanto, a expressão observável dessas novas linhagens ou genótipos, ou seja, os fenótipos, são influenciados por diversos fatores, entre eles destaca-se o ambiente em que essas novas variedades estão sendo cultivadas (Amabile et al., 2018). Nessa perspectiva, os ensaios multi-ambientais são frequentemente utilizados em estudos dessa natureza, pois permitem avaliar diferentes linhagens em diversas condições ambientais.

Em muitos estudos de melhoramento de plantas, é violado um dos princípios básicos apresentados por Fisher et al. (1937), que é a repetição, o qual possibilita medir a variabilidade não controlada (Federer, 1956a). Dessa forma, nas fases iniciais do melhoramento, há uma escassez relacionada à disponibilidade de material genético, devido ao grande número de linhagens que precisam ser testadas após a hibridação. Essas limitações podem estar relacionadas aos recursos financeiros ou áreas experimentais disponíveis para realizar os testes. Um outro fator que também deve ser observado, além da heterogeneidade do ambiente, são os efeitos de interação entre variedades e o ambiente. Para contornar essas e outras dificuldades alguns delineamentos surgiram durante o século XX. Entre eles podem-se destacar os delineamentos aumentados.

Um delineamento aumentado consiste de duas classes de tratamentos, os comuns (ou *checks*), que correspondem às variedades padrões e as linhagens sob teste (*test lines*). Assim, um delineamento base é utilizado para os tratamentos comuns, podendo ser em blocos completos ou incompletos, delineamento em linhas e colunas, entre outros, e tal delineamento é aumentado com as *test lines* (Federer, 1961). Em outras palavras, seguindo o delineamento proposto, as *checks* são repetidas várias vezes, e as *test lines* são incluídas no experimento apenas uma vez. Entre os principais estudos que foram responsáveis pela introdução desse tipo de delineamento encontram-se Federer (1956a), Federer (1961), Searle et al. (1965), Federer et al. (1970), Federer e Raghavarao (1975), Lin e Poushinsky (1983) e Lin et al. (1983). Federer e Crossa (2012b) mencionam que os delineamentos aumentados são eficientes no controle da variabilidade e na avaliação dos efeitos das linhagens em teste de maneira prática e eficaz.

Um outro tipo de delineamento frequentemente utilizado são os delineamentos não replicados (Kempton, 1984) que foram posteriormente denominados por Cullis et al. (2006) de grid-plot. Assim como os delineamentos aumentados, o grid-plot também foi utilizado para controlar a variabilidade ambiental em ensaios de campo, pois as parcelas com variedades padrões são distribuídas entre parcelas com as test lines não repetidas, de modo que, o número de parcelas do experimento é mantido, e a homogeneidade é alcançada, subtraindo-se um "índice de fertilidade" com base nos rendimentos das variedades padrões.

Para Santos et al. (2002), os delineamentos aumentados alocam um número grande de parcelas para as *checks*, que geralmente, são variedades bem estabelecidas e que, normalmente, não são de interesse do pesquisador para a seleção. Cullis et al. (2006) propuseram substituir algumas parcelas ocupadas por variedades padrões por *test lines* em um *grid-plot*, eles designaram esse delineamento como parcialmente replicado (*p*-rep).

O delineamento *p*-rep surgiu como uma alternativa ao delineamento *grid-plot*. Nesse tipo de delineamento p% é a porcentagem de *test lines* repetidas no experimento. Por meio de estudo de simulação, Cullis et al. (2006) mostraram que para um tamanho de ensaio fixo, os delineamentos *p*-rep resultaram em ganhos genéticos maiores do que os delineamentos de *grid-plot*. Stefanova et al. (2009), Moehring et al. (2014), Santos (2017) e Goes (2020) também mostraram a superioridade do delineamento *p*-rep em comparação ao delineamento *grid-plot* em ensaios individuais, esses autores consideraram diferentes

modelos lineares mistos, diferentes cultivares, diferentes critérios de otimização e outros parâmetros de variâncias que não foram considerados por Cullis et al. (2006). Em contrapartida, outros estudos, também, apresentaram vantagens do delineamento p-rep em ensaios multi-ambientais (Beeck et al., 2010; Moehring et al., 2014). Sermarini et al. (2020) avaliaram diferentes tamanhos para os delineamentos p-rep, nas condições consideradas pelos autores, os delineamentos foram assumidos como ensaios grandes quando compostos por 400 test lines em 480 parcelas e em experimentos pequenos quando são avaliadas 100 test lines em 120 parcelas. Em ambos os casos foi assumido que p = 20% de test lines repetidas, em diferentes condições experimentais, e concluíram que em experimentos grandes o ganho genético não é impactado ao considerar diferentes cenários, mas, em experimentos pequenos o RGG (realized genetic gain) é afetado.

Os delineamentos utilizados nesses estudos podem ser classificados em duas categorias. Na primeira categoria, destacam-se os delineamentos clássicos sendo eles: os delineamentos em blocos completos ou incompletos, delineamentos de linhas e colunas e os  $\alpha$ -designs (Cullis et al., 2020). Na segunda categoria, destacam-se os delineamentos ótimos que são uma classe de delineamentos experimentais, que são ótimos no que diz respeito ao critério de busca e o modelo utilizado para o delineamento adotado (Shah e Sinha, 2012; Cullis et al., 2020). Um critério de otimização é geralmente definido como uma função da matriz de informações de Fisher, que está relacionada com o modelo do delineamento. Desta forma, no contexto de modelos lineares, maximizar a informação de Fisher corresponde a minimizar a variância de um estimador (Dawid e Sebastiani, 1999).

Existem vários critérios de otimização, e a escolha por um deles dependerá do interesse do pesquisador. Para exemplificar, o critério A, minimiza a soma das variâncias das estimativas dos tratamentos. O critério C, por sua vez, minimiza a variância de um melhor estimador linear não tendencioso de uma combinação linear predeterminada dos parâmetros do modelo. O critério D, maximiza o determinante da matriz de informação *Fisher*. As medidas utilizadas por um critério ótimo para busca do delineamento podem ser consideradas para compará-los, com a utilização do critério A, por exemplo, o delineamento selecionado apresenta uma variância mínima de erro de predição dos efeitos das *test lines*. Desta forma, o ganho genético esperado é maximizado quando a média das variâncias do erro de previsão (*average variance of pairwise differences* - AVPD) de todos os contrastes elementares entre as *test lines* é minimizada.

Por meio dos delineamentos ótimos ou quase ótimos é possível obter um delineamento *p*-rep, visto que estes não são balanceados e é necessário considerar valores para os parâmetros de interesse. A obtenção dos delineamentos ótimos depende do critério de busca e de um modelo pré-especificado (Shah e Sinha, 2012). Os modelos lineares mistos são preferíveis na busca desses delineamentos pois são flexíveis e permitem a incorporação de termos em sua estrutura, como por exemplo, a inclusão da matriz de parentesco que possibilita uma aproximação mais realista frequentemente encontrada nos experimentos de campo (Cullis et al., 2020). Esses modelos, também, são preferíveis para a análise dos dados. Van der Werf e De Boer (1990) mencionam que a inclusão da matriz de parentesco na seleção de linhagens pode diminuir o viés evitando estimativas tendenciosas. Piepho et al. (2008) mostraram que os BLUPs (*Best Linear Unbiased Predictions*) obtidos ao incluir matriz de parentesco, melhorando a eficiência na seleção do material genético. Dessa forma, considera-se importante incluir essa informação tanto no modelo para obtenção dos delineamentos quanto na análise de seus dados.

Com o propósito de usar os conceitos mencionados anteriormente, o objetivo desta tese é avaliar delineamentos ótimos por meio de estudo de simulação para ensaios multi-ambientais de melhoramento genético de plantas. Neste estudo, são gerados delineamentos do tipo grid-plot e p-rep otimizados, em que ambos apresentam uma área experimental composta de 24 linhas por 10 colunas, 180 test lines e dois blocos avaliados em três ambientes (locais). No Capítulo 2, os delineamentos p-rep e os delineamentos grid-plot são comparados considerando o ganho e a qualidade da seleção do material genético. Esses

delineamentos são gerados considerando efeitos de tratamentos fixos ou aleatórios, diferentes valores de parâmetros associados às variâncias genéticas e residuais dentro de cada ambiente, diferentes valores para a correlação genética para os efeitos das mesmas *test lines* em locais distintos e porcentagens diferentes (p%) de *test lines* repetidas e números de *checks*. As análises conjuntas e individuais são conduzidas usando modelos lineares mistos que incorporam a variação espacial nos erros de parcela. No Capítulo 3, os delineamentos são gerados considerando duas suposições para os tratamentos, isto é, considerando a relação de dependência ou independência dos tratamentos e dois cenários para as variâncias genética e residual. Assim como no Capítulo 2, também, são considerados diferentes valores para a correlação genética para os efeitos das mesmas *test lines* em locais distintos e porcentagens diferentes (p%) de *test lines* repetidas e números de *checks*. Modelos lineares mistos com e sem matriz de parentesco são utilizados para gerar os delineamentos. As análises conjuntas e individuais são conduzidas usando modelos lineares mistos, assumindo-se o relacionamento entre as *test lines*, ou seja, a matriz de parentesco, e variação espacial nos erros de parcelas. A conclusão é apresentada no Capítulo 4.

#### Referências

- Amabile, R., VILELA, M., e Peixoto, J. (2018). Melhoramento de plantas: variabilidade genética, ferramentas e mercado. *Embrapa Cerrados-Livro técnico (INFOTECA-E)*.
- Beeck, C., Cowling, W., Smith, A., e Cullis, B. R. (2010). Analysis of yield and oil from a series of canola breeding trials. part i. fitting factor analytic mixed models with pedigree information. *Genome*, 53(11):992–1001.
- Cullis, B. R., Smith, A. B., Cocks, N. A., e Butler, D. G. (2020). The design of early-stage plant breeding trials using genetic relatedness. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*, 25(4):553–578.
- Cullis, B. R., Smith, A. B., e Coombes, N. E. (2006). On the design of early generation variety trials with correlated data. *Journal of agricultural, biological, and environmental statistics*, 11(4):381.
- Dawid, A. P. e Sebastiani, P. (1999). Coherent dispersion criteria for optimal experimental design. *Annals of Statistics*, pages 65–81.
- Federer, W. (1956a). Augmented designs, "hawain planters". Record, 55:191-208.
- Federer, W. T. (1961). Augmented designs with one-way elimination of heterogeneity. *Biometrics*, 17(3):447–473.
- Federer, W. T. e Crossa, J. (2012b). I. 4 screening experimental designs for quantitative trait loci, association mapping, genotype-by environment interaction, and other investigations. *Frontiers in Physiology*, 3.
- Federer, W. T. et al. (1970). Construction of classes of experimental designs using transversals in latin squares and hedayat's sum composition method.
- Federer, W. T. e Raghavarao, D. (1975). On augmented designs. Biometrics, pages 29–35.
- Fisher, R. A. et al. (1937). The design of experiments. The design of experiments., (2nd Ed).
- Goes, A. d. L. (2020). Delineamentos ótimos para experimentos com cana-de-açúcar. PhD thesis, Universidade de São Paulo.

- Kempton, R. (1984). The design and analysis of unreplicated field trials. *Vortraege fuer Pflanzenzuechtung* (*Germany*).
- Lin, C., Poushinsky, G., e Jui, P. (1983). Simulation study of three adjustment methods for the modified augmented design and comparison with the balanced lattice square design. *The Journal of Agricultural Science*, 100(3):527–534.
- Lin, C.-S. e Poushinsky, G. (1983). A modified augmented design for an early stage of plant selection involving a large number of test lines without replication. *Biometrics*, pages 553–561.
- Moehring, J., Williams, E. R., e Piepho, H.-P. (2014). Efficiency of augmented p-rep designs in multienvironmental trials. *Theoretical and applied genetics*, 127(5):1049–1060.
- Piepho, H., Möhring, J., Melchinger, A., e Büchse, A. (2008). Blup for phenotypic selection in plant breeding and variety testing. *Euphytica*, 161(1-2):209–228.
- Santos, A. d. (2017). Design and analysis of sugarcane breeding experiments: a case study. PhD thesis, Universidade de São Paulo.
- Santos, A. H., Bearzoti, E., Ferreira, D. F., e Silva Filho, J. L. d. (2002). Simulation of mixed models in augmented block design. *Scientia Agricola*, 59(3):483–489.
- Searle, S. et al. (1965). Computing formulae for analyzing augmented randomized complete block designs.
- Sermarini, R. A., Brien, C., Demétrio, C. G. B., e dos Santos, A. (2020). Impact on genetic gain from using misspecified statistical models in generating p-rep designs for early generation plant-breeding experiments. *Crop Science*, 60(6):3083–3095.
- Shah, K. R. e Sinha, B. (2012). *Theory of optimal designs*, volume 54. Springer Science & Business Media.
- Stefanova, K. T., Smith, A. B., e Cullis, B. R. (2009). Enhanced diagnostics for the spatial analysis of field trials. *Journal of agricultural, biological, and environmental statistics*, 14(4):392.
- Van der Werf, J. e De Boer, I. (1990). Estimation of additive genetic variance when base populations are selected. *Journal of Animal Science*, 68(10):3124–3132.

### 2 DELINEAMENTOS ÓTIMOS EM EXPERIMENTOS DE MELHORAMENTO DE PLANTAS: UM ESTUDO DE SIMULAÇÃO COMPARANDO DELINEAMENTOS *GRID-PLOT* E *P*-REP

#### Resumo

No estudo do melhoramento genético de plantas, é comum a utilização de ensaios multiambientais que visam avaliar e selecionar diferentes linhagens em diferentes condições ambientais. Outro objetivo é medir as principais características quantitativas/qualitativas, como rendimento de grãos, para selecionar as melhores linhagens sob teste (test lines) ou a arquitetura das plantas. Para atingir esses e outros objetivos, um bom delineamento experimental e uma boa análise estatística são essenciais. Nesta perspectiva, o presente trabalho usa dados simulados de melhoramento genético de cana-de-açúcar para comparar delineamentos especialmente otimizados do tipo p-rep e grid-plot em ensaios multi-ambientais considerando o ganho genético e a qualidade da seleção do material. Para o p-rep, variaram-se as porcentagens de repetições das test lines e o número de variedades padrões (checks). As análises conjuntas e individuais foram conduzidas usando modelos lineares mistos que incorporam a variação espacial nos erros de parcela. Os resultados indicaram que os delineamentos p-rep apresentaram superioridade em relação ao delineamento grid-plot nas medidas de Ganho Genético Relativo Percebido (RRGG), precisão genética e probabilidade de seleção. Ao comparar os diferentes delineamentos p-rep, observou-se que aqueles sem a presença de checks apresentaram os melhores resultados em relação ao ganho genético. Além disso, observa-se que para cada conjunto de parâmetros, em que se variou apenas os valores relacionados a correlação genética, que mede a correlação entre as mesmas test lines aplicadas em diferentes locais quanto maior a correlação genética, melhor o ganho e a qualidade da seleção. Em todos os locais considerados, observou-se maior precisão nas estimativas dos componentes de variância quando obtidos por meio de análise conjunta, conforme esperado.

Palavras-chave: Análise individual e conjunta; Diferentes porcentagens de *test lines*; Ganho genético; Qualidade da seleção; Quantidades diferentes de *checks*.

#### 2.1 Introdução

Nos programas de melhoramento de plantas, em específico o melhoramento de cana-de-açúcar, um dos objetivos é selecionar novas linhagens que apresentem desempenho superior às já conhecidas e, em muitos casos, possam ser utilizadas como futuros pais nos cruzamentos ou lançadas comercialmente. O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, seguido por Índia, China, Tailândia, Paquistão e México (Cursi et al., 2022). Responsável por mais de 70% do total de açúcar produzido no mundo, também é utilizada como cultura energética, na alimentação animal, na produção de bioetanol, bebidas e outros. Dessa forma, variedades melhoradas de cana-de-açúcar têm desempenhado um papel fundamental no desenvolvimento das indústrias açucareiras em todo o mundo (Yadav et al., 2020).

Durante as fases de um programa de melhoramento de cana-de-açúcar é possível selecionar as principais características qualitativas/quantitativas, como: maior resistência às pragas e doenças, maior tolerância ao estresse hídrico, melhor adaptação à colheita mecanizada, desenvolver variedades mais produtivas e, então, estimar o potencial genético durante as etapas do processo (Cullis et al., 2006). Um aspecto muito importante destes estudos é a avaliação da interação linhagem-ambiente por meio de ensaios multi-ambientes que permitem identificar aqueles com adaptações estáveis ou específicas (Jarquin et al., 2020), tendo em conta a variação edafoclimática. Para obter uma boa qualidade e precisão na seleção das linhagens a serem testadas, um planejamento experimental adequado e uma análise estatística

correta são essenciais.

Modelos lineares mistos têm sido utilizados para a obtenção de delineamentos ótimos que são amplamente usados em ensaios de campos (Gilmour et al., 1997; Oakey et al., 2006, 2007; Moehring et al., 2014; Hunt et al., 2020; Cullis et al., 2020; Sermarini et al., 2020), uma vez que incorporam efeitos fixos e aleatórios, permitindo modelar a dependência espacial, a inclusão da matriz de parentesco e outros efeitos de controle local. Os modelos lineares mistos são flexíveis e, frequentemente, usados para a análise de dados de experimentos de melhoramento de plantas (Cullis et al., 2020; Sermarini et al., 2020; Piepho et al., 2020).

Uma vez que os experimentos em fase inicial dos programas de melhoramento de plantas apresentam, em geral, limitações como grande número de linhagens sob teste (*test lines*), restrições relacionadas ao material genético disponível e à área experimental, nem todas as *test lines* podem ser repetidas em um experimento, afetando as estimativas dos parâmetros e suas precisões. Para tentar atenuar este tipo de problemas, foram propostos os delineamentos *grid-plot* e aumentados (Federer, 1956b; Kempton, 1984; Federer e Crossa, 2012a; Moehring et al., 2014). Os delineamentos aumentados são um tipo de delineamento experimental formado a partir de duas classes de tratamentos, os comuns, que são as variedades padrões ou *checks* e as novas linhagens que serão testadas, que são as *test lines*. Desta forma, um delineamento base é utilizado para acomodar as *checks* e esse delineamento é então aumentado com parcelas contendo *test lines*.

Os grid-plot são delineamentos em linha-coluna nos quais as test lines não são repetidas, isto é, as test lines aparecem apenas uma vez em cada experimento, e as variedades conhecidas (checks) são repetidas, permitindo a estimativa da variabilidade ambiental ou não genética. As variedades conhecidas podem ocupar as unidades experimentais de acordo com uma alocação sistemática ou aleatória. Uma alternativa ao delineamento grid-plot é o delineamento parcialmente replicado (p-rep), também, em linhacoluna, proposto por Cullis et al. (2006), em que p% das test lines são repetidas substituindo parte ou todas as parcelas com as checks no experimento, resultando em um delineamento desbalanceado. Os delineamentos p-rep foram, inicialmente, propostos como delineamentos resolvíveis e espacialmente otimizados.

Delineamentos que apresentam melhores resultados em termos de ganho genético podem ser obtidos usando a teoria de delineamento ótimo, que requer um modelo apropriado para a sua obtenção. Segundo Butler e Cullis (2019) o modelo do delineamento deve ser o mais próximo possível do utilizado para realizar a análise, o que justifica a preferência pelo uso de modelos lineares mistos. Além disso, para encontrar um delineamento ótimo é necessário um critério de busca (Shah e Sinha, 2012; Stefanova et al., 2009; Cullis et al., 2020), que pode ser relacionado à matriz de informações do modelo. Por exemplo, o critério de otimização A, seleciona um delineamento com variância mínima de erro de predição dos efeitos das *test lines*. Desta forma, o ganho genético esperado é maximizado quando a média das variâncias do erro de previsão (*average variance of pairwise differences* - AVPD) de todos os contrastes elementares entre as *test lines* é minimizada.

Para ensaios simulados para um único local, diferentes modelos lineares mistos, critérios de busca e tamanho experimental, foi demonstrado que os delineamentos *p*-rep são superiores ao *grid-plot* em termos de ganho genético (Cullis et al., 2006; Santos, 2017; Goes, 2020; Sermarini et al., 2020). Considerando ensaios de uniformidade, Clarke e Stefanova (2011), também, concluíram pela superioridade dos delineamentos *p*-rep, quando comparados aos *grid-plot*, usando como medida de comparação o *SE ratio*, que corresponde à razão entre o erro-padrão da comparação entre *test lines* e *checks*, calculada a partir do referido delineamento e também a partir de um delineamento inteiramente casualizado.

No caso de ensaios multi-ambientais, os delineamentos p-rep aumentados foram propostos por Williams et al. (2011), como uma extensão de Cullis et al. (2006). Os autores adaptaram o  $\alpha$ -design e produziram delineamentos p-rep eficientes, para os quais as test lines que são repetidas em um ambiente não são repetidas em outro. Para comparar delineamentos p-rep aumentados, delineamentos blocos aumentados, grid-plot e delineamentos totalmente replicados, Moehring et al. (2014) realizaram estudos de simulação considerando a fase inicial de programas de melhoramento para triticale e milho. Os autores mostraram que os delineamentos grid-plot apresentaram maior eficiência ao avaliar ensaios multiambientais. No entanto, se a repetição for necessária, os delineamentos p-rep aumentados superam os delineamentos aumentados e o p-rep, e podem apresentar mais vantagens, se houver interesse na análise de dados individuais (*single- site*) ou uma análise por etapa considerando os ambientes de forma individual. Ao comparar delineamentos totalmente replicados e delineamentos p-rep aumentados, Paget et al. (2017) concluíram com base em testes empíricos e simulações, que delineamentos p-rep aumentam a taxa de ganho genético para produção de tubérculos em um programa de melhoramento de batata. Eles destacaram as maiores vantagens de usar ensaios multi-ambientais.

Embora existam alguns trabalhos comparando análises individuais com análises conjuntas para ensaios multi-ambientais (Santos, 2017; Tanaka, 2020), as vantagens de lidar com essas análises de dados de delineamentos espacialmente otimizados em ensaios multi-ambientais ainda precisam ser investigadas. Com essa perspectiva, usando um estudo de simulação, o objetivo deste trabalho é comparar delineamentos espacialmente otimizados utilizando o critério A com relação aos (i) efeitos de *test lines*, sejam eles fixos ou aleatórios, (ii) diferentes valores de parâmetros associados às variâncias genética e residual dentro de cada ambiente, (iii) valores diferentes para a correlação genética para os efeitos das mesmas *test lines* em locais diferentes e (iv) porcentagens diferentes (p%) de *test lines* repetidas e números de *checks*. Os dados foram analisados considerando as análises individuais e conjuntas. A Seção 2.2 apresenta as especificações do modelo para obtenção dos delineamentos, para a simulação e análise dos dados e as medidas utilizadas para comparar os delineamentos. Os principais resultados são apresentados na Seção 2.3, enquanto as conclusões estão na Seção 2.4.

#### 2.2 Metodologia

#### 2.2.1 Delineamentos gerados

Os delineamentos grid-plot e p-rep foram gerados considerando três locais  $(n_s)$ , com uma área experimental de 24 linhas  $(n_r)$  por 10 colunas por local  $(n_c)$ , sendo a área dividida em dois blocos (cada bloco tem 5 colunas) e 180 test lines (m). Os delineamentos ótimos foram gerados assumindo quatro valores para p% (0%, 11%, 22% e 33%) das test lines a serem repetidas em cada local e diferentes números de checks (0, 1, 2, 4), conforme apresentado na Tabela 2.1. Assim como assumido por Williams et al. (2011), as test lines que foram repetidas em um local não foram repetidas em outro. Além disso, cada bloco recebeu apenas uma repetição das test lines repetidas, conforme considerado por Cullis et al. (2006) e Sermarini et al. (2020), o que caracteriza um delineamento resolvível. Dessa forma, o número máximo de observações para cada test line foi quatro, considerando os três locais. Os tratamentos foram compostos pelas test lines, rotuladas de 1 a 180, e as checks, rotuladas de A a D, que foram distribuídas em quantidades iguais (quando possível) dentro de cada bloco.

Tabel	la 2.1.	Caracterização	dos d	elineamentos d	le acorc	lo com o ni	ímero d	le <i>test</i> i	<i>lines</i> repe	etidas e	e <i>checi</i>	ks
-------	---------	----------------	-------	----------------	----------	-------------	---------	------------------	-------------------	----------	----------------	----

		Número de	test lines	Nún	nero de <i>checks</i>
	p%	Não repetidas	Repetidas	Quantidade	Número de repetição
Delineamento 1	0	180	0	4	15
Delineamento $2$	11	160	20	4	10
Delineamento 3	22	140	40	4	5
Delineamento 4	22	140	40	2	10
Delineamento 5	22	140	40	1	20
Delineamento 6	33	120	60	0	0

O modelo do delineamento considerou conjuntamente os experimentos nos três locais, assumindo os efeitos de *test lines* aleatórios e incorporando termos para avaliar variações locais, globais e externas (Gilmour et al., 1997), é definido por:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}_{\mathbf{o}}\mathbf{u}_{\mathbf{o}} + \mathbf{Z}_{\mathbf{g}}\mathbf{u}_{\mathbf{g}} + \boldsymbol{\epsilon}$$
(2.1)

em que  $\mathbf{y}_{(n\times1)}$  é o vetor de observações,  $n = n_s \times n_r \times n_c$ ;  $\boldsymbol{\beta}_{(q\times1)}$  é o vetor de q efeitos fixos, incluindo efeitos de ambiente (local), efeitos de blocos e *checks* com matriz de delineamento  $\mathbf{X}_{(n\times q)}$ ;  $\mathbf{u}_{\mathbf{0}(b\times1)}$  é o vetor de b efeitos aleatórios não genéticos (linhas e colunas dentro de cada local) com matriz de delineamento  $\mathbf{Z}_{\mathbf{0}(n\times b)}, b = n_s \times (n_r + n_c); \mathbf{u}_{\mathbf{g}(mn_s \times 1)}$  é o vetor de efeitos genéticos aleatórios dentro de cada local com matriz de delineamento  $\mathbf{Z}_{\mathbf{g}(n\times mn_s)}; \boldsymbol{\epsilon}_{(n\times1)}$  é o vetor de erros aleatórios. Neste estudo, considerou-se que o vetor dos efeitos genéticos  $\mathbf{u}_{\mathbf{g}}$  é composto apenas pelos efeitos genéticos aditivos, isto é, não se considerou os efeitos de dominância e os residuais não aditivos. Assumiu-se uma distribuição Gaussiana multivariada para ( $\mathbf{u}_0, \mathbf{u}_{\mathbf{g}}, \boldsymbol{\epsilon}$ ) com vetor de média zero e matriz de variâncias-covariâncias

$\mathbf{G}_{\mathbf{o}}(\boldsymbol{\sigma}_{o})$	0	0 ]
0	$\mathbf{G_g}(oldsymbol{\sigma}_{gs})$	0
0	0	$\mathbf{R}(\boldsymbol{\phi})$

sendo  $\mathbf{G}_{\mathbf{o}}(\boldsymbol{\sigma}_{o}) = \mathbf{I}_{n_{s}} \otimes (\sigma_{r}^{2} \mathbf{I}_{n_{r}} \bigoplus \sigma_{c}^{2} \mathbf{I}_{n_{c}})$  em que  $\boldsymbol{\sigma}_{o} = (\sigma_{r}^{2}, \sigma_{c}^{2})'$  e  $\sigma_{r}^{2}$  e  $\sigma_{c}^{2}$  são as variâncias dos efeitos de linhas e colunas, consideradas iguais em todos os ambientes; assim, assumiu-se que  $\sigma_{r}^{2} = 0, 1, \sigma_{c}^{2} = 0, 3, \mathbf{I}_{n_{s}}, \mathbf{I}_{n_{r}}$  e  $\mathbf{I}_{n_{c}}$  são matrizes identidades de ordens  $n_{s}, n_{r}$  e  $n_{c}$ , respectivamente. Além disso, assumiu-se que que

$$\mathbf{G_g}(\boldsymbol{\sigma}_{g_s}) = \begin{bmatrix} \sigma_{g_{s_1}}^2 & \phi_g \sigma_{g_{s_1}} \sigma_{g_{s_2}} & \phi_g \sigma_{g_{s_1}} \sigma_{g_{s_3}} \\ \phi_g \sigma_{g_{s_1}} \sigma_{g_{s_2}} & \sigma_{g_{s_2}}^2 & \phi_g \sigma_{g_{s_2}} \sigma_{g_{s_3}} \\ \phi_g \sigma_{g_{s_1}} \sigma_{g_{s_3}} & \phi_g \sigma_{g_{s_2}} \sigma_{g_{s_3}} & \sigma_{g_{s_3}}^2 \end{bmatrix} \otimes \mathbf{I_m},$$

em que  $\sigma_{g_s} = (\sigma_{g_{s_1}}^2, \sigma_{g_{s_2}}^2, \sigma_{g_{s_3}}^2, \phi_g)', \sigma_{g_{s_1}}$  corresponde à variância genética dentro de cada ambiente e  $\phi_g$ é a correlação genética entre as mesmas linhagens aplicadas em diferentes locais. No modelo para gerar os delineamentos assumiu-se:  $\sigma_{g_{s_1}}^2 = 0, 8, \sigma_{g_{s_2}}^2 = 1, \sigma_{g_{s_3}}^2 = 2$ . Três valores diferentes, sendo:  $\phi_g = 0, 7, \phi_g = 0, 8$  e  $\phi_g = 0, 9,$  caracterizando a independência entre as linhagens aplicadas no mesmo local, porém com dependência entre os efeitos das mesmas *test lines* aplicadas em diferentes locais. Além disso, os diferentes valores de  $\phi_g$  representam três conjunto de parâmetros (cenários) avaliados de acordo com a influência da correlação genética.  $\mathbf{I}_m$  é uma matriz identidade de ordem m. Por fim,  $\mathbf{R}(\phi) = \bigoplus_{i=1}^{3} \sigma_{s_i}^2$  $\mathrm{AR1}(\phi_r) \otimes \mathrm{AR1}(\phi_c)$ , ou seja, uma soma direta das variâncias residuais dentro de cada local  $(\sigma_{s_i}^2)$  e dos processos separáveis autorregressivos de primeira ordem, como sugerido por Gilmour et al. (1997). Neste caso,  $\phi = (\phi_r, \phi_c)'$ , sendo,  $\phi_r = \phi_c = 0, 5$  são os parâmetros de correlações residuais entre linhas e entre colunas dentro de cada local. As variâncias residuais dentro de cada local são  $\sigma_{s_1}^2 = 1, 0$  e  $\sigma_{s_2}^2 = \sigma_{s_3}^2 = 1, 25$ . Assim,  $\sigma_{g_{s_1}}^2/\sigma_{s_1}^2$  é 0,8,  $\sigma_{g_{s_2}}^2/\sigma_{s_2}^2$  é 0,8 e  $\sigma_{g_{s_3}}^2/\sigma_{s_3}^2$  é 1,6. Com exceção da correlação genética, todos os valores considerados para os parâmetros de variâncias foram considerados iguais em todos os cenários. Esses valores foram definidos com base no trabalho de Santos (2017); Goes (2020) e Sermarini et al. (2020) que abordaram estudos de simulação com dados de cana-de-açúcar.

Alternativamente, considerou-se *test lines* de efeitos fixos no modelo para gerar o delineamento, para verificar se há mudança nos resultados quando este efeito é inserido de forma fixa no modelo do delineamento. Desta forma, o modelo é definido como:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{X}_{\mathbf{g}}\boldsymbol{\beta}_{\mathbf{g}} + \mathbf{Z}_{\mathbf{o}}\mathbf{u}_{\mathbf{o}} + \boldsymbol{\epsilon}$$
(2.2)

sendo  $\mathbf{y}, \mathbf{X}, \boldsymbol{\beta}, \mathbf{Z}_{\mathbf{o}}, \mathbf{u}_{\mathbf{o}} \in \boldsymbol{\epsilon}$  são definidos como na Equação (2.1),  $\boldsymbol{\beta}_{\mathbf{g}_{(mn_s \times 1)}}$  é o vetor de efeitos genéticos fixos dentro do local com matriz de delineamento  $\mathbf{X}_{\mathbf{g}_{(n \times mn_s)}}$ . Assumiu-se uma distribuição Gaussiana multivariada para  $(\mathbf{u}_{\mathbf{o}}, \boldsymbol{\epsilon})$  com média zero e matriz de variâncias-covariâncias

$$\begin{bmatrix} \mathbf{G}_{\mathbf{o}}(\boldsymbol{\sigma}_{o}) & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{R}(\boldsymbol{\phi}) \end{bmatrix};$$

sendo que  $\mathbf{G}_{\mathbf{o}}(\boldsymbol{\sigma}_{\mathbf{o}})$  e  $\mathbf{R}(\boldsymbol{\phi})$  são conforme definido anteriormente.

Os delineamentos gerados corresponderam a uma combinação de (i) seis caracterizações de delineamento (Tabela 2.1) (ii) suposições sobre os efeitos das *test lines* (aleatórios ou fixos) e (iii) três valores para  $\phi_g$  quando os efeitos das *test lines* foram considerados aleatórios, resultando em um total de 24 delineamentos.

O critério de otimização adotado foi o A, que minimiza a média das variâncias das diferenças pareadas (AVPD) dos efeitos das *test lines*, dado por,

$$\text{AVPD} = \frac{2}{m-1} \left( \text{tr}(\mathbf{C}^{-1}) - \frac{1}{m} \mathbf{1}' \mathbf{C}^{-1} \mathbf{1} \right),$$

em que m é o número de test lines, tr() é o traço da matriz, **C** é a matriz de informação das test lines e **1** é um vetor de uns. De acordo com Hooks et al. (2009), ao considerar os efeitos aleatórios das test lines, a matriz **C** é definida da seguinte forma:

$$\mathbf{C} = \mathbf{Z}'_{g} (\mathbf{Z}_{o} \mathbf{G}_{o} (\boldsymbol{\sigma}_{o}) \mathbf{Z}'_{o} + \mathbf{R}(\boldsymbol{\phi}))^{-1} \mathbf{Z}_{g} + \mathbf{G}_{g}^{-1} (\boldsymbol{\sigma}_{gs}) - \mathbf{Z}'_{g} (\mathbf{Z}_{o} \mathbf{G}_{o} (\boldsymbol{\sigma}_{o}) \mathbf{Z}'_{o} + \mathbf{R}(\boldsymbol{\phi}))^{-1} \mathbf{X} (\mathbf{X}' (\mathbf{Z}_{o} \mathbf{G}_{o} (\boldsymbol{\sigma}_{o}) \mathbf{Z}'_{o} + \mathbf{R}(\boldsymbol{\phi}))^{-1} \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}' (\mathbf{Z}_{o} \mathbf{G}_{o} (\boldsymbol{\sigma}_{o}) \mathbf{Z}'_{o} + \mathbf{R}(\boldsymbol{\phi}))^{-1} \mathbf{Z}_{g}.$$

$$(2.3)$$

Ao considerar os efeitos fixos das *test lines*, a matriz **C** é semelhante à Equação 2.3, porém  $\mathbf{G}'_{\mathbf{g}}(\sigma_{\mathbf{g}_s}) = 0$ . Foram considerados 20.000 movimentos para a busca do delineamento. Mais detalhes podem ser obtidos consultando Hooks et al. (2009), Atkinson e Donev (1992) e Cullis et al. (2006). Ao considerar quatro variações para a porcentagem p% de *test lines* repetidas, três valores para os parâmetros de correlação genética entre as mesmas linhagens aplicadas em diferentes locais e duas suposições para os efeitos de *test lines* (fixos/aleatórios), foram obtidas 24 caracterizações para os delineamentos. Os delineamentos foram gerados usando o pacote **owd** (Butler e Cullis, 2019) para o *software* estatístico R.

#### 2.2.2 Estudo de simulação e medidas de comparação

#### 2.2.2.1 Simulação dos dados

Após a obtenção dos delineamentos espacialmente otimizados, conforme apresentado na seção 2.2.1, realizou-se um estudo de simulação para obter o conjunto dos dados que foram utilizados para avaliar a robustez dos delineamentos gerados. Os dados simulados seguiram o modelo linear misto apresentado na Equação 2.1, considerando efeitos fixos para as *checks*, os blocos e os ambientes. No estudo de simulação e posteriormente na análise dos dados os efeitos das *test lines* foram sempre aleatórios. Os mesmos conjuntos de parâmetros usados para gerar os delineamentos foram atribuídos no modelo de simulação de dados. Considerando a distribuição normal padrão, simularam-se (i) 1.000 vetores de tamanho 540 ( $180 \times 3$ ) para os efeitos de linhas e colunas (não genéticos) ( $\mathbf{u}_o$ ) e (iii) 1.000 vetores de tamanho 720 ( $24 \times 10 \times 3$ ) para os efeitos residuais. Para obter os dados simulados para cada cenário de dados, cada um dos 1.000 vetores foram, então, combinados para cada um dos 24 caracterizações de delineamentos do tipo *grid-plot* e *p*-rep usando suas matrizes de delineamento.

#### 2.2.2.2 Modelagem estatística e medidas de comparação dos delineamentos

Realizaram-se as análises individuais e conjuntas para os três locais seguindo o modelo utilizado para gerar os dados com o método de estimação da máxima verossimilhança restrita. Para cada modelo ajustado registraram-se as estimativas dos componentes de variância e seus respectivos erros padrão, e os *Empirical Best Linear Unbiased Predictions* (EBLUPs), a fim de calcular o Ganho Genético Relativo Percebido (*Realized Relative Genetic Gain* - RRGG) que é obtido a partir do *realized genetic gain* (RGG), como a razão entre a média dos maiores s% EBLUPs e a média dos maiores s% verdadeiros efeitos genéticos, em que s% é a porcentagem de seleção, aqui assumido 10%, um valor comumente adotado pelos programas brasileiros de melhoramento de plantas (Sermarini et al., 2020; Goes, 2020).

Seguindo Sermarini et al. (2020), também foram calculadas medidas secundárias (i) precisão genética que é a correlação entre os verdadeiros efeitos genéticos e seus EBLUPs, (ii) a probabilidade de seleção, em termos das verdadeiramente s% superiores *test lines*, referido como um sucesso de seleção, (iii) AVPD, calculado a partir das estimativas dos componentes de variância, que permite a comparação entre *test lines* repetidas, entre as não repetidas e entre as repetidas e não repetidas e (iv) número de graus residuais (nedf).

Estudos de simulação e análises de dados foram realizados no software R (R Core Team, 2020) utilizando os pacotes asreml-R (Butler, 2021), para ajustar os modelos; e dae (Brien, 2021b) para calcular o AVPD.

#### 2.3 Resultados e discussão

#### 2.3.1 Layout dos delineamentos

Na Figura 2.1, os layouts para o Delineamento 4 (Tabela 2.1), que são delineamentos *p*-rep otimizados com  $\phi_g = 0.9$ , são apresentados como exemplo, na qual, (a) os efeitos das *test lines* são assumidos aleatórios enquanto em (b) são efeitos fixos. Isso mostra que as *test lines* e as *checks* são, em geral, distribuídas aleatoriamente ao longo da área experimental e não foi observado nenhum arranjo sistemático das *checks*. Embora tenham sido adotados delineamentos resolvíveis, há ocorrências de repetições da mesma *test lines* ocupando parcelas vizinhas (para o limite definido pelos blocos), ocorrendo para não mais do que 3% das *test lines* repetidas por local.

No geral, todos os delineamentos tiveram um comportamento semelhante ao Delineamento 4. No entanto, destacou-se: (i) ao assumir os efeitos fixos das *test lines*, elas apresentaram maior incidência de *test lines* repetidas próximas às bordas da área experimental; (ii) os maiores percentuais de *checks* ocupando parcelas vizinhas foram observados para os Delineamentos 1 e 5, com 8,89% e 6,66%, respectivamente. (iii) quanto maior o valor de p% maior é o número de *test lines* repetidas nas parcelas da borda da área experimental, (iv) ao assumir efeitos fixos de *test lines*, a quantidade de *test lines* repetidas em parcelas vizinhas tende a aumentar conforme  $\phi_q$  aumenta.

				Loc	al 1										Loc	al 2										Loc	al 3						
В	48	82	109	В	31	А	66	111	В	1 1	71	93	65	В	57	66	112	В	115	А	1	В	38	40	107	44	А	71	84	50	В		
26	10	16	114	136	84	175	161	49	В		A	141	12	124	92	101	171	167	80	71		135	94	26	8	15	53	122	85	78	141		
15	24	153	41	31	52	83	86	126	16		89	136	30	155	9	154	128	78	24	117		A	47	143 P	137	51	92	94	68	60	107		
4	90	68	78	54	123	159	20	35	38		49	94	52	41	96	48	11	47	169	A		110	132	114	162	B	6	113	69	1	82		
20	85	96	112	89	141	118	133	87	7		A	97	35	77	175	178	51	108	49	72		58	A	48	99	133	81	123	131	76	97		
10	7 5 34	17	67 61	6 168	55 169	179 60	149 6	25 58	B 21		5 36	72 63	78 168	82 123	179	21 180	38 144	116 40	157 173	81 A		B 108	161 36	81 9	11 97	35 121	108	89 13	180 A	116 144	147 18		
B	139	30	11	127	42	178	138	A	107		В	131	165	176	13	41	148	46	34	162		A	74	7	5	93	145	159	150	В	39		
A	152	70	39	130	142	11	15	137	30		73	90	48	45	64	163	79	33	138	83 P		57	75	157	119	178	103	134	93	130	91		
3	5	35	80	15	147	172	63	40	34		A	113	2	76	8	111	65	54	62	145		87	160	152	115	31	119	55	129	153	A		
A	40	74	38	3	8	108	71	37	39		120	46	99	39	44	76	153	64	50	A		109	117	12	125	A	140	158	101	136	115		
2	75	43	8	117 162	132 129	10 57	103 26	44 64	A 102		B 61	174 142	70 26	140 74	68 119	139 87	61 68	22 95	88 70	74 84		163	82 A	84 149	14 73	124 54	65 28	34 79	20 24	117 139	33 98		
A	174	72	101	157	1	62	27	12	22		80	10	109	129	43	158	130	132	149	В		85	4	43	29	98	148	В	126	96	62		
22	148	124	180	13	81	125	69	46	9		23	59	172	50	14	57	16	152	69 72	43 50		100	17	90 67	96	154	63	165	45 P	27	B		
B	79	160	156	33	167	99 77	5	88	35 A		B	126	79	91	118	7	56	146	3	55		106	166	116	66	В	30	83	169	105	167		
B	170	73	91	65	151	36	100	165	29		66	69	100	25	54	105	143	125	31	67		101	46	156	83	151	104	142	109	120	111		
29	155 ) 146	93 177	105	36 12	158 14	56 97	166 104	119	B 18		58 A	161 110	67 18	104 62	134 42	114 147	63 164	170 60	133 137	53 B		111	21 70	168 120	72 23	59 88	102 32	112 86	175 41	52 10	88 100		
3	143	53	50	25	23	144	4	110	28		15	121	60	135	20	58	166	42	122	29		105	170	113	102	95	177	25	118	49	22		
A	95	27	9	23	В	113	19	47	A	ļļ	В	37	53	A	17	106	45	85	В	A		104	37	118	2	86	179	155	95	173	A		
						140		100	, iiiic			COR	, ,,,		,	, .	estin	mes	repe	liuu			ma	• _				nuo	rope	Juan	S		
				Loc	al 1								, , , ,		) (t Loc	>) al 2	estin	ines	repe					• [		Loc	al 3				S		
				Loc	al 1								-		(t Loc	) al 2	estin	ines	repe					· _		Loc	al 3				s		
A	20	62	<u>11</u> 110	<b>Loc</b> 38 173	al 1 A 147	90 86	B 150	180	A		A 114	36	B 172	A 44	(t Loc	al 2 38 110	90 53	147 77	116 142	A 4		A 124	15	A 127	81	Loc B 119	al 3	70 48	104 54	112	S B 84		
9 8	20 175 36	62 85 98	11 110 163	<b>Loc</b> 38 173 123	A 147 97	90 86 4	B 150 48	180 5 11	A 6 17		A 114 119	36 72 63	B 172 148	A 44 85	(k Loc 126	al 2 38 110 55	90 53 178	147 77 156	116 142 86	A 4 25	]   	A 124 97	15 118 167	A 127 10	81 159 110	B 119 149	al 3 119 171 26	70 48 111	104 54 21	112 140 155	В 84 А		
А 9 <sup>-</sup> В 14	20 175 36 4 101 121	62 85 98 94	11 110 163 71 118	38 173 123 31 9	A 147 97 63 81	90 86 4 38	B 150 48 65 2	180 5 11 169 50	A 6 17 75 78		A 114 119 A	36 72 63 157 91	B 172 148 173 42	A 44 85 163	(k Loc 126 123 171	al 2           38           110           55           80           165	90 53 178 115 75	147 77 156 101	116 142 86 162 83	A 4 25 B 32		A 124 97 53 42	15 118 167 76 99	A 127 10 126	81 159 110 178 31	B 119 149 143	al 3 119 171 26 71 9	70 48 111 27 66	104 54 21 51	112 140 155 59 62	B 84 47 25		
A 9 <sup>.</sup> 14 8	20 175 36 4 101 121 117	62 85 98 94 161 72	11 110 163 71 118 177	38 173 123 31 9 15	A 147 97 63 81 127	90 86 4 38 143 26	B 150 48 65 2 140	180 5 111 169 50 152	A 6 17 75 78 37		A 114 119 A 5 107	36 72 63 157 91 71	B 172 148 173 42 125	A 44 85 163 54 81	60 126 123 171 105 62	38 110 55 80 165 51	90 53 178 115 75 66	147 77 156 101 62 175	1116 142 86 162 83 87	A 4 25 8 32 58		A 124 97 53 42 14	15 118 167 76 99 18	A 127 10 126 106 135	81 159 110 178 31 160	B 119 143 169 6	al 3 119 171 26 71 9 180	70 48 111 27 66 150	104 54 21 51 162 17	112 140 155 59 62 144	B 84 A 47 25 A		
A 4 9'9' E 144 E 8 2'4 7'5'	20 175 36 4 101 121 117 37 4 100	62 85 98 94 161 72 47	11 110 163 71 118 177 116	38 173 123 31 9 15 13	A 147 97 63 81 127 82	90 86 4 38 143 26 15	B 150 48 65 2 140 148	180 5 111 169 50 152 154	A 6 17 75 78 37 A		A 114 119 A 5 107 55	36 72 63 157 91 71 66	B 172 148 173 42 125 73	A 44 85 163 54 81 76	(k Loc 126 123 171 105 62 135	<ul> <li>al 2</li> <li>38</li> <li>110</li> <li>55</li> <li>80</li> <li>165</li> <li>51</li> <li>108</li> <li>140</li> </ul>	90 53 178 115 75 66 179	147 77 156 101 62 175 98	116 142 86 162 83 87 67	A 4 25 8 32 58 29		A 124 97 53 42 14 1	15 118 167 76 99 18 35	A 127 10 126 106 135 84	81 159 110 178 31 160 111	B 119 143 169 6 16	al 3 119 171 26 71 9 180 50	70 48 111 27 66 150 58 75	104 54 21 55 162 17 157	112 140 155 59 62 144 67	B 84 47 25 A 101		
A 9' E 144 E 22 7' 55 55 7'	20 175 36 4 101 121 117 37 37 100 146	62 85 98 94 161 72 47 142 A	11 110 163 71 118 177 116 113 77	38 173 123 31 9 15 13 19 6	A 147 97 63 81 127 82 160 159	90 86 4 38 143 26 15 84 31	B 150 48 65 2 140 148 A 149	180 5 111 169 50 152 154 102 25	A 6 17 75 78 37 A 68 67		A 1114 119 A 55 107 55 27 40	36 72 63 157 91 71 66 80 61	B 172 148 173 42 125 73 79 166	A 44 85 163 54 81 76 65 124	(h Locc 126 123 171 105 62 135 96 46	al 2           38           110           55           80           165           51           108           1112           74	90 53 178 115 75 66 179 20 63	147 77 156 101 62 175 98 121 154	116 142 86 162 83 87 67 152 60	A 4 25 8 32 58 29 A 50		A 124 97 53 42 14 1 107 3	15 118 167 76 99 18 35 158 112	A 1227 100 1226 1035 844 1455 105	81 159 110 178 31 160 1111 96 98	B 119 149 143 169 6 16 100 92	al 3 119 171 26 71 9 180 50 168 8	70 48 111 27 66 150 58 75 117	104 54 21 51 162 17 157 95 86	112 140 155 59 62 144 67 175 82	B 84 A 47 25 A 101 B 85		
A 9 14 14 24 7,7 5 5 5 5 5	20 175 36 4 101 121 117 37 100 146 157	62 85 98 94 161 72 47 142 A 33	11 110 163 71 118 177 116 113 77 43	38 173 123 31 9 15 13 19 6 156	A 147 97 63 81 127 82 160 159 45	90 86 4 143 26 15 84 31 119	B 150 48 65 2 140 148 A 149 46	180 5 11 169 50 152 154 102 25 3	A 6 17 75 78 37 A 68 67 32		A 114 119 A 55 107 55 27 40 34	36 72 63 157 91 71 66 80 61 52	B 172 148 173 42 125 73 79 166 118	A 44 85 163 54 81 76 65 124 A	(h Loc 126 123 171 105 62 135 96 46 167	38 110 55 80 165 51 108 112 74 117	90 53 178 115 75 66 179 20 63 56	147 77 156 101 62 175 98 121 154 48	116 142 86 162 83 87 67 152 60 169	A 4 25 8 32 58 29 A 50 8		A 124 97 53 42 14 1 107 3 B	15 118 167 76 99 18 35 158 112 46	A 127 10 126 106 135 84 145 105 13	81 159 110 178 31 160 111 96 98 113	B 119 149 143 169 6 16 100 92 120	al 3 119 171 26 71 9 180 50 168 8 92	70 48 1111 27 66 1150 58 75 1117 19	104 54 21 162 17 157 95 86 106	112 140 155 59 62 144 67 175 82 64	B 84 47 25 A 101 B 85 A		
A 99 144 8 29 70 55 55 30 30 44	20 175 36 4 101 121 117 100 146 157 8 153	62 85 98 94 161 72 47 142 A 33 151 41	11           110           163           71           118           177           116           113           77           43           17           25	38 173 123 31 9 15 13 19 6 156 156 145 57	A 147 97 63 81 127 82 160 159 45 18 12	90 86 4 38 143 26 15 84 31 119 128 158	B 150 48 65 2 140 148 A 149 46 103 105	180 5 11 169 50 152 154 102 25 3 13 28	A 6 17 75 78 37 A 68 67 32 108 109		A 1114 119 A 5 5 5 5 5 5 2 7 40 34 4 5 8 8	36 72 63 157 91 71 66 80 61 52 3 26	B 172 148 173 42 125 73 79 166 118 149 102	A 44 85 163 54 81 76 65 124 A 168 104	(h Locc 126 123 171 105 62 135 96 46 167 150 146	38 110 55 80 165 51 108 112 74 117 46 49	90 53 178 115 75 66 179 20 63 56 170 94	147 77 156 101 62 175 98 121 154 48 72 45	1116 142 86 162 83 87 67 152 60 169 14 177	A 4 255 B 322 588 29 A 50 B 655 47		A 124 97 53 42 14 1 107 3 B 103 93	15 118 167 76 99 18 35 158 112 46 131 77	A 127 10 126 106 135 84 145 105 13 39 22	81 1159 1110 178 31 160 1111 96 98 1113 94 87	B 119 149 143 169 6 16 100 92 120 36 114	al 3 119 171 26 71 9 180 50 168 8 92 172 90	70 48 111 27 66 150 58 75 117 19 107 148	104 54 21 51 162 17 157 95 86 106 115 41	112 140 155 59 62 144 67 175 82 64 83 89	B 84 A 47 25 A 101 B 85 A 108 96		
A 99 14 14 29 29 77 55 55 74 55 33 34 44 11	20 175 36 4 101 121 117 37 5 100 146 157 8 8 153 3 42	62 85 98 161 72 47 142 <b>A</b> 33 151 41 24	11           110           163           71           118           177           116           113           77           43           17           25           93	38 173 123 31 9 15 13 19 6 156 156 156 145 57 115	A 147 97 63 81 127 82 160 159 45 18 12 29	90 86 4 143 26 15 84 31 119 128 158 B	B 150 48 65 2 140 148 A 149 46 103 105 141	180 5 111 169 50 152 154 102 25 3 13 28 64	A 6 17 75 78 37 A 68 67 32 108 109 1		A 114 119 A 55 107 55 27 40 34 45 B 15	36 72 63 157 91 71 66 80 61 52 3 26 47	B 172 148 173 42 125 73 79 166 118 149 102 8	A 44 85 163 54 81 76 65 124 A 168 104 23	(h Loc 126 123 171 105 62 135 96 46 167 150 146 136	38           110           55           80           165           51           108           112           74           117           46           49           30	90 53 178 115 75 66 179 20 63 56 170 94 11	147           77           156           101           62           175           98           121           154           48           72           45           79	116 142 86 162 83 87 67 152 60 169 14 177 159	A 4 25 8 32 58 29 A 50 8 65 47 8		A 124 97 53 42 14 1 107 3 B 103 93 156	15 118 167 76 99 18 35 158 112 46 131 77 8	A 1277 100 1266 1006 1355 844 1455 105 133 399 222 1655	81 159 110 178 31 160 111 96 98 1113 94 87 90	B 119 149 143 169 6 16 100 92 120 36 114 101	al 3 119 171 26 71 9 180 50 168 8 92 172 90 153	70 48 1111 27 66 150 58 75 117 19 107 148 120	104           54           21           51           162           177           95           86           106           115           41           176	112 140 155 59 62 144 67 175 82 64 83 89 <b>A</b>	B 84 A 47 25 A 101 B 85 A 108 96 138		
A 9999 88 144 88 29 29 55 54 54 55 33 34 44 10 99	20 175 36 4 101 121 117 37 100 146 157 8 153 153 42 42 1	62 85 98 94 161 72 47 142 A 33 151 41 24 10	11           110           163           71           118           177           116           113           77           43           17           25           93           122	38 173 123 31 9 15 13 19 6 156 145 57 115 54 7	A 147 97 63 81 127 82 160 159 45 18 12 29 70	90 86 4 38 143 26 15 84 31 119 128 158 8 8 131	B 150 48 65 2 140 148 A 149 46 103 105 141 95 76	180 5 11 169 50 152 154 102 25 3 13 28 64 130	A 6 17 75 78 37 A 68 67 32 108 109 1 B		A 114 119 A 5 107 55 27 40 34 45 B 15 17 7	36 72 63 157 91 71 66 80 61 52 3 26 47 174	B 172 148 173 42 125 73 79 166 118 149 102 8 129	A 44 85 163 54 81 76 65 124 A 168 104 23 97	(E Loc 126 123 171 105 62 135 96 46 167 150 146 136 95 95	al 2           38           110           55           80           165           51           108           112           74           117           46           49           30           6           99	90 53 178 115 75 66 179 20 63 56 170 94 111 10	147           77           156           101           62           175           98           121           154           48           72           45           79           B           1202	1116 142 86 162 83 87 67 152 60 169 14 177 159 19	A 4 255 8 32 58 29 A 50 8 65 47 8 127 29		A 124 97 53 42 14 1 107 3 B 103 93 156 142	15 118 167 76 99 18 35 158 112 46 131 77 8 57 8	A 127 10 126 106 135 84 145 105 13 39 22 165 123	81 159 110 178 31 160 111 96 98 113 94 87 90 80 172	B 119 149 143 169 6 16 16 16 100 92 120 36 114 101 147 01	al 3 119 171 26 71 9 180 50 168 8 92 172 90 153 32 92	70 48 1111 27 66 150 58 75 117 19 107 148 120 29	104 54 21 51 162 17 157 95 86 106 115 41 176 121	112 140 155 59 62 144 67 175 82 64 83 89 A 132	B 84 A 47 25 A 101 B 85 A 108 96 138 B 20		
A 99 8 144 8 24 77 5 54 74 5 33 4 4 4 99 91 12 16	20 175 36 4 101 121 117 117 117 117 117 117 117 117 11	62 85 98 94 161 72 47 142 A 33 151 41 24 10 170 B	11           110           163           71           118           177           116           113           77           43           17           25           93           122           4           55	38 173 123 31 9 15 13 19 6 156 145 57 115 54 7 126	A 147 97 63 81 127 82 160 159 45 18 12 29 70 134 125	90 86 4 143 26 15 84 31 119 128 158 8 131 61 136	B           150           48           65           2           140           148           A           149           46           103           105           141           95           76           59	180           5           11           169           50           152           154           102           25           3           13           28           64           130           107           129	A 6 17 75 78 37 A 68 67 32 108 109 1 B 106 B		A 114 119 A 5 107 55 27 40 34 45 8 15 17 8 15 17 8 2	36 72 63 157 91 71 66 80 61 52 3 26 47 174 113 164	B 172 148 173 42 125 73 79 166 118 149 102 8 129 89 106	A 44 85 163 54 81 76 65 124 A 168 104 23 97 58 59	(h Locc 126 123 171 105 62 135 96 46 167 150 146 136 95 82 74	38           110           55           80           165           51           108           112           74           117           46           49           30           6           88           145	90 53 178 115 75 66 179 20 63 56 170 94 11 10 42 130	147           77           156           101           62           175           98           121           154           48           72           45           79           B           133           120	116 142 86 162 83 87 67 152 60 169 14 177 159 19 33 109	A 4 25 8 32 58 29 A 50 8 65 47 8 127 28 7		A 124 97 53 42 14 1 107 3 B 103 93 156 142 37 89	15 118 167 76 99 18 35 158 112 46 131 77 8 57 82 174	A 127 10 126 135 84 145 13 39 22 165 123 8 154	81 159 110 178 31 160 111 98 113 98 113 94 87 90 80 173 68	B 119 149 143 169 6 16 100 92 120 36 114 101 147 91 38	al 3 119 171 26 71 9 180 50 168 8 92 172 90 153 32 93 97	70 48 111 27 66 150 58 75 117 19 107 148 120 29 152 30	104           54           21           51           162           177           157           95           86           106           115           41           176           121	112 140 155 59 62 144 67 175 82 64 83 89 A 132 129 103	B 84 A 47 25 A 101 B 85 A 108 96 138 B 23 55		
A 99 E 144 E 22 7% 55 53 33 44 44 99 91 12 166 33	20 175 36 4 101 121 117 37 100 146 157 18 153 42 1 51 4 155 51 4 155	62 85 98 94 161 72 47 142 47 142 47 142 47 142 41 24 10 170 8 178	11           110           163           71           118           177           116           113           77           43           17           25           93           122           4           55           114	38 173 123 31 9 15 13 19 6 156 145 57 115 54 7 126 83	A 147 97 63 81 127 82 160 159 45 18 12 29 70 134 125 96	90 86 4 38 143 26 15 84 31 119 128 158 8 131 61 136 16	B 150 48 65 2 140 148 A 149 46 103 105 141 95 76 59 49	180           5           11           169           50           152           154           102           25           3           13           28           64           130           107           129           120	A 6 17 75 78 37 A 68 67 32 108 109 1 B 106 B 8 8		A 114 119 A 5 107 55 27 40 34 45 8 15 17 8 15 17 8 2 2 4	36 72 63 157 91 71 66 80 61 52 3 26 47 174 113 164 84	B 172 148 173 42 125 73 79 166 118 149 102 8 129 89 106 155	A 44 85 163 54 81 76 65 124 A 168 104 23 97 58 59 158	(h Locc 126 123 171 105 62 135 96 46 167 150 146 136 95 82 74 39	38 110 55 80 165 51 108 112 74 117 46 49 30 6 88 145 1	90 53 178 115 75 66 179 20 63 56 170 94 11 10 42 130 59	147           77           156           101           62           175           98           121           154           48           72           45           79           B           133           120           31	1116 142 86 162 83 87 67 152 60 169 14 177 159 19 33 109 52	A 4 25 8 32 58 29 A 50 8 65 47 8 127 28 7 A		A 124 97 53 42 14 1 107 3 B 103 93 156 142 37 89 95	15 118 167 76 99 18 35 158 112 46 131 77 8 57 82 174 102	A 127 10 126 135 84 145 105 13 39 22 165 123 8 154 5	81 159 110 178 31 160 111 96 98 1113 94 87 90 80 173 68 4 4	B 119 149 143 169 6 16 100 92 120 36 114 101 147 91 38 125	al 3 119 171 26 71 9 180 50 168 8 92 172 90 153 32 93 97 91	70 48 111 27 66 150 58 75 117 19 107 148 120 29 152 30 128	104           54           21           51           162           17           95           86           106           115           41           176           121           179           12           49	112 140 155 59 62 144 67 175 82 64 83 89 A 132 129 103 110	B           84           A           47           25           A           101           B           85           A           108           96           138           B           23           55           105		
A 99 8 144 8 8 22 5 5 5 5 5 3 3 4 4 9 11 11 16 3 3 9 2 2 2 2 2 2 2 2 2 5 5 5 5 3 3 3 3 4 4 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3	20 175 36 4 101 121 177 37 100 146 157 8 153 153 153 42 153 51 42 155 174 4 155 51 4 155 174 4	62 85 98 94 161 72 47 142 47 142 47 142 47 142 41 24 10 170 8 178 162 60	11           110           163           71           118           177           116           113           77           43           17           25           93           122           4           55           114           32           139	Loc 38 173 123 31 9 15 13 19 6 145 57 115 54 7 126 83 56 79	A 147 97 63 81 127 82 160 159 45 18 12 29 70 134 125 96 35 19	90 86 4 38 143 26 15 84 31 119 128 158 8 131 61 136 16 135 133	B 150 48 65 2 140 148 A 149 46 103 105 141 95 76 59 49 21 89	180           5           11           169           50           152           154           102           25           3           13           28           64           130           107           129           120           52           138	A 6 17 75 78 37 A 68 67 32 108 109 1 8 106 8 8 30 66		A 114 119 A 5 107 55 27 40 34 45 8 15 17 8 8 15 17 8 2 2 4 8 8 41	36 72 63 157 91 71 66 80 61 52 3 26 47 174 113 164 84 138 49	B 172 148 173 42 125 73 79 166 118 149 102 8 129 89 106 155 12 12	A 44 85 163 54 81 76 65 124 A 168 104 23 97 58 59 158 141 132	() LOC 126 123 171 105 62 135 96 46 167 150 146 136 95 82 74 39 35 153	38           110           55           80           165           51           108           112           74           117           46           49           30           6           88           145           1           100           1111	90 53 178 115 75 66 179 20 63 56 170 94 11 10 42 130 59 9 9 93	147           77           156           101           62           175           98           121           154           48           72           45           79           B           133           120           31           122           76	1116 142 86 162 83 87 67 152 60 169 14 177 159 19 33 109 52 137 <b>A</b>	A 4 25 8 32 58 29 A 50 8 65 47 8 127 28 7 28 7 4 13 139		A 124 97 53 42 14 1 107 3 B 103 93 156 142 37 89 95 117 88	15 118 167 76 99 18 35 158 112 46 131 77 8 57 82 174 102 133 40	A 127 10 126 106 135 84 145 105 13 39 22 165 123 8 154 5 163 86	81 159 110 178 31 160 111 96 98 113 94 87 90 80 173 68 4 116 65	B 119 149 143 169 6 16 100 92 120 36 114 101 147 91 38 125 69 166	al 3 119 171 26 71 9 180 50 168 8 92 172 90 153 32 93 97 91 134 56	70 48 1111 27 66 150 58 75 117 19 107 148 120 29 152 30 128 24 74	104           54           21           51           162           177           1557           86           106           115           41           176           121           179           12           49           73           2	112 140 155 59 62 144 67 175 82 64 83 89 <b>A</b> 132 129 103 110 141 113	B 84 A 47 25 A 101 B 85 A 108 96 138 B 23 55 105 94 20		
A 99 8 144 8 22 77 75 5 5 5 5 33 77 75 5 5 33 4 4 4 10 10 99 11 11 16 6 33 39 2 34 2 8 2 2 2 5 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	20 175 36 4 101 121 117 37 100 146 157 5 157 5 42 155 51 4 155 51 4 155 51 4 155 7 4 27 7 7 27 7 27 7 20 7 27 51 175 51 51 51 51 51 51 51 51 51 51 51 51 51	62           85           98           94           161           72           47           142           A           33           151           41           24           10           170           B           162           60           111	11           110           163           71           118           177           116           113           77           43           17           25           93           122           4           55           114           32           139           53	Loc 38 173 123 31 9 15 13 19 6 155 155 155 57 115 54 7 126 83 56 79 18	A 147 97 63 81 127 82 160 159 45 18 12 29 70 134 125 96 35 19 80	90 86 4 38 143 26 15 84 31 119 128 158 8 131 128 158 131 61 136 135 133 168	B 150 48 65 2 140 148 48 40 149 46 103 105 141 95 76 59 49 21 89 179	180           5           11           169           50           152           154           102           25           3           13           28           64           130           107           129           120           52           138           132	A 6 17 75 78 37 A 68 67 32 108 109 1 B 106 B 8 30 66 33		A 114 119 A 5 107 55 27 40 34 45 8 15 17 8 15 17 8 2 2 4 1 5 22 4 8 8 2 2 4 1 7 7 7 7 7 7 7 7 8 9 7 7 8 9 7 7 7 7 7 7	36 72 63 157 91 71 66 80 61 52 3 26 47 174 113 164 84 1138 49 57	B 172 148 173 42 125 73 79 166 118 149 102 8 129 89 106 155 12 144 53	A 44 85 163 54 81 76 65 124 A 168 104 23 97 58 59 158 141 132 176	() 60 126 123 171 105 62 135 96 46 167 150 146 136 95 82 74 39 35 153 151	38           110           55           80           165           51           108           112           74           117           46           49           30           6           88           145           1           100           1111           43	90 53 178 115 75 66 179 20 63 56 179 20 63 56 170 94 111 10 42 130 59 9 9 9 3 44	147           77           156           101           62           175           98           121           154           48           72           45           79           B           133           120           31           122           76           22	1116 142 86 162 83 87 67 152 60 169 14 177 159 19 33 109 52 137 A 143	A 4 255 8 322 58 29 A 50 8 65 47 8 127 28 7 A 13 139 21		A 124 97 53 42 14 1 107 3 B 103 93 156 142 37 89 95 117 88 33	15 118 167 76 99 18 35 158 112 46 131 77 8 57 82 174 102 133 40 146	A 1277 100 1266 1355 844 1455 133 399 222 1655 1233 89 154 55 1633 866 79	81 159 110 178 31 160 111 96 98 113 94 87 90 80 173 68 4 116 65 4 111	B 119 149 143 169 6 16 100 92 120 36 114 101 147 91 38 125 69 166 130	al 3 119 171 26 71 9 180 50 168 8 92 172 90 153 32 93 97 91 134 56 98	70 48 111 27 66 150 58 75 117 19 107 148 120 29 152 30 128 24 74 100	104           54           21           55           162           17           157           95           86           106           115           41           176           121           179           12           49           73           2           63	112           140           155           59           62           144           67           175           82           64           83           89           A           132           129           103           110           141           113           88	B           84           A           47           25           A           101           B           85           A           108           96           138           B           23           55           105           94           20           A		
A 99 8 144 8 22 5 5 5 5 5 5 33 4 4 4 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	20 175 36 4 101 121 117 117 100 146 155 153 4 155 51 4 155 51 4 155 174 172 172 104 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9	62 85 98 94 161 72 47 142 47 142 4 33 151 41 24 10 170 8 178 162 60 111 176	11           110           163           71           118           177           116           113           77           43           17           25           93           122           4           55           114           32           139           53           34	Locc 38 173 123 31 9 15 13 19 6 155 13 19 6 155 155 57 115 54 77 126 83 56 79 18 3 3	A 147 97 63 81 127 82 160 159 45 18 12 29 70 134 125 96 35 19 80 40 20	90 86 4 38 143 26 15 84 31 119 128 158 8 131 61 135 133 168 133 168 167 24	B           150           48           65           2           140           148           46           103           105           141           95           76           59           49           21           89           179           124	180 5 11 169 50 152 154 102 25 3 13 28 64 130 107 129 120 52 138 132 10 23	A 6 17 75 78 37 A 68 67 32 108 109 1 8 106 8 8 30 66 33 36 6 6		A 114 119 A 5 107 55 27 40 34 45 8 15 17 8 8 15 17 8 2 2 4 8 8 2 2 4 1 70 78 8 5 5	36 72 63 157 91 71 66 80 61 52 3 3 26 61 52 3 26 47 174 113 164 84 138 84 9 57 48	B 172 148 173 42 125 73 79 166 118 149 102 8 129 89 106 155 12 144 53 64	A 44 85 163 54 81 76 65 124 A 168 104 23 97 58 59 158 59 158 141 132 176 67 90	60 126 123 171 105 62 135 96 46 167 150 146 136 95 82 74 39 35 153 151 177 77	38           310           55           80           165           51           108           112           74           117           46           49           30           6           88           145           1           100           1111           43           41           84	90 53 178 115 75 66 179 20 63 56 179 20 63 56 170 94 11 10 42 130 59 9 9 93 44 71 70	147           77           156           101           62           175           98           121           154           48           72           45           79           B           133           120           31           122           76           22           103	116 142 86 162 83 87 67 152 60 169 14 177 159 19 33 109 52 137 A 143 160 60 52	A 4 25 8 32 58 29 A 50 8 65 47 8 127 28 7 7 A 13 139 21 1 2		A 124 97 53 42 14 1 107 3 8 93 156 142 37 89 95 117 88 33 52 2	15 118 167 76 99 18 35 158 112 46 131 77 8 8 112 46 131 77 8 8 57 82 174 102 133 40 146 83	A 127 10 126 135 84 145 133 9 22 165 123 8 154 5 163 86 79 43	81 159 110 178 31 160 111 96 98 113 94 87 90 80 173 68 4 116 65 151 7 7	B 119 149 143 169 6 16 100 92 120 36 114 101 147 91 38 125 69 166 130 85	al 3 119 171 26 71 9 180 50 168 8 92 172 90 153 32 93 97 91 134 56 98 102 97	70 48 111 27 66 150 58 75 117 19 107 148 120 29 152 30 128 24 74 100 164	104 54 21 51 162 17 157 95 86 106 115 41 176 121 179 12 49 73 2 63 114	112 140 155 59 62 144 67 175 82 64 83 89 A 132 129 103 110 141 113 88 78 78	B           84           A           47           25           A           101           B           85           A           108           96           138           B           23           55           105           94           20           A           81           61		
A 99 8 144 7 7 7 5 5 5 5 5 5 5 5 3 3 3 4 4 11 12 16 6 3 9 2 2 2 2 8 8 8 8	20 175 36 4 101 121 117 37 100 146 157 153 42 11 51 4 155 174 155 174 4 155 174 4 155 174 4 27 7 172 104 88 8 88 8 88 8 28 2	62           85           98           94           161           72           47           142           A           33           151           41           24           10           170           B           162           60           111           176           22           171	11           110           163           71           118           177           116           137           43           17           25           93           122           4           55           114           32           139           53           34           8           21	38           173           123           31           9           15           13           19           6           156           57           115           54           7           126           83           56           79           18           3           14           40	A 147 97 63 81 127 82 160 159 45 18 12 29 70 134 125 96 35 19 80 40 20 165	90 86 4 38 143 26 15 84 31 119 128 158 8 131 61 136 136 135 133 168 167 34 14	B           150           48           65           2           140           148           46           103           105           141           95           76           59           49           21           89           179           124           23	180           5           11           169           50           152           154           102           25           3           13           28           64           130           107           129           120           52           138           132           10           27           166	A 6 17 75 78 37 A 68 67 32 108 109 1 8 106 B 8 30 66 33 36 9 39		A 114 119 A 5 107 55 27 40 34 45 8 15 17 8 8 15 17 8 8 2 2 4 1 70 78 56 16	36 72 63 157 91 71 66 80 61 52 3 26 47 174 113 164 84 138 49 57 48 99 51	B 172 148 173 42 125 73 79 166 118 149 102 8 129 89 106 155 12 144 53 64 68 37	A 44 85 163 54 81 76 65 124 A 168 104 23 97 58 59 158 141 132 176 67 92 180	(h Loc 128 123 171 105 62 135 96 46 135 96 46 136 95 82 74 39 35 153 151 77 161 69	38           110           55           80           165           51           108           112           74           117           46           49           30           6           88           145           1           1000           1111           43           411           64           131	90 53 178 115 75 66 179 20 63 56 170 94 11 10 42 130 59 9 9 9 3 44 71 70 68	147           77           156           101           62           175           98           121           154           48           72           45           79           B           133           120           31           122           76           22           103           140           134	116 142 86 162 83 87 67 152 60 169 14 177 159 19 33 109 52 137 87 143 160 69 128	A 4 25 8 32 58 32 58 32 58 32 58 32 58 32 58 32 58 32 58 32 58 32 58 32 58 32 58 32 58 32 58 32 58 32 58 32 58 32 58 58 32 58 58 32 58 58 59 4 50 8 50 8 50 8 50 8 50 8 50 8 50 8 50		A 124 97 53 42 14 1 107 3 8 93 156 103 93 156 142 37 89 95 117 88 33 52 8 8 60	15 118 167 76 99 18 35 158 112 46 131 77 8 57 82 174 102 133 40 146 83 139 104	A 1277 10 1266 1355 84 1455 133 399 222 1655 1233 8 154 5 163 866 79 433 1155	81 159 110 178 31 160 111 96 98 113 94 87 90 80 113 94 87 90 80 173 68 4 116 65 151 7 7 122 136	B 119 149 143 169 6 16 100 92 120 36 114 101 147 91 38 125 69 166 130 85 109 A	al 3 119 171 26 71 9 180 50 168 8 92 172 90 153 32 93 97 91 134 56 98 102 87 109	70 48 111 27 66 150 58 75 117 19 107 148 120 29 152 30 128 24 74 100 164 170	104           54           21           51           162           17           157           95           86           106           115           41           176           121           179           12           49           73           2           63           114           118           99	112 140 155 59 62 144 67 175 82 64 83 89 A 132 129 103 110 141 113 88 78 45 137	B           84           A           47           25           A           101           B           85           A           108           96           138           B           23           555           105           94           20           A           81           61           34		
A 99 8 8 8 22 77 7 7 7 5 5 33 3 9 33 4 4 10 99 10 10 99 90 90 90 90 90 90 90 90 90 90 90 90	20           175           36           4           121           177           37           100           146           157           8           153           153           153           153           153           153           153           153           153           153           153           153           153           153           153           153           153           153           153           154           155           172           172           172           172           172           172           172           172           172           172           172           172           172           172           174           188           28           2           26 <td>62           85           98           94           161           72           47           142           A           33           151           41           24           10           170           B           162           60           111           176           22           171           A</td> <td>11           110           163           71           118           177           116           113           77           43           177           43           172           93           122           4           55           114           32           139           53           34           8           21           112</td> <td>Loc 38 173 123 31 9 15 13 19 6 155 145 57 115 54 7 126 83 56 79 128 83 56 79 18 3 14 40 30 19 15 13 19 15 13 123 19 19 15 13 19 15 13 19 15 13 19 15 13 19 15 13 19 15 13 19 15 13 19 15 13 19 15 13 19 15 13 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15</td> <td>A 147 97 63 81 127 82 160 159 45 18 12 29 70 134 125 96 35 19 80 40 20 165 A</td> <td>90 86 4 143 26 15 84 31 119 128 158 8 8 131 136 61 135 133 168 167 135 133 168 167 34 14 22</td> <td>B           150           48           65           2           140           143           46           103           105           141           95           76           59           49           21           89           179           124           23</td> <td>180           5           11           169           50           152           154           102           25           3           13           28           64           130           107           129           120           52           138           132           10           27           166           7</td> <td>A 6 17 75 78 37 A 68 67 32 108 109 1 8 106 8 106 8 30 66 33 36 9 39 8 8</td> <td></td> <td>A 114 119 A 5 107 55 27 40 34 45 8 107 34 45 8 15 17 8 22 24 8 15 17 8 2 2 4 0 34 45 8 15 17 7 7 8 107 7 7 8 107 7 7 7 107 10</td> <td>36 72 63 157 91 71 66 80 61 52 3 26 47 174 113 164 41 138 49 57 48 99 51 75</td> <td>B           172           148           173           42           125           73           79           166           118           149           102           8           129           89           1066           155           12           144           53           64           68           37           50</td> <td>A 44 85 163 54 81 76 65 124 A 168 104 23 97 58 59 158 104 23 97 58 59 158 141 132 176 67 92 180 43</td> <td>(h Locc 126 123 171 105 62 135 96 46 167 150 146 187 150 146 187 150 146 135 95 82 74 39 35 153 151 157 161 89 8 8</td> <td>38           110           55           80           165           51           108           112           74           117           46           49           30           6           88           145           100           1111           43           41           64           131           73</td> <td>90 53 178 115 75 66 179 20 63 56 170 94 11 10 42 130 59 9 9 33 44 71 70 68 61</td> <td>147           77           156           101           62           175           98           121           154           48           72           45           79           B           133           120           31           122           76           22           103           140           134           57</td> <td>1116 142 86 162 83 87 67 152 60 169 14 177 159 19 33 109 52 137 A 143 160 69 128 78</td> <td>A 4 25 8 32 58 29 A 50 8 65 47 8 65 47 8 127 28 7 A 13 139 21 4 8 8 8 8</td> <td></td> <td>A 124 97 53 42 14 1 107 3 8 93 156 142 37 89 95 117 88 33 52 B 60 A</td> <td>15 118 167 76 99 18 35 158 112 46 131 77 8 2 40 133 40 146 83 139 104 11</td> <td>A 127 10 126 135 84 145 105 13 39 22 13 39 22 123 8 6 154 5 163 86 79 43 115 161 A</td> <td>81 159 110 178 31 160 111 96 98 113 94 87 90 88 113 94 87 90 88 4 116 65 151 7 7 122 136 28</td> <td>B 119 149 143 169 6 16 100 92 120 36 114 101 147 91 38 125 69 166 130 85 109 85 109 A 108</td> <td>al 3 119 171 26 71 9 180 50 168 8 92 172 90 153 32 93 97 91 134 56 8 102 87 109 72</td> <td>70 48 111 27 66 150 58 75 117 19 107 148 120 29 152 29 152 29 152 29 152 29 152 29 152 30 128 24 170 128 24 170 128 24 170 128 24 170 128 129 129 150 150 150 107 148 110 19 107 148 110 19 107 148 110 19 107 148 107 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 110 177 148 120 129 148 110 177 148 120 129 148 110 177 148 120 177 148 120 177 148 120 129 117 148 120 117 148 120 117 148 120 117 148 120 117 148 1107 117 148 120 117 117 148 120 117 148 120 117 148 120 117 148 120 117 148 120 117 148 117 117 148 117 117 148 120 117 148 117 148 120 117 148 128 128 128 128 128 148 148 148 148 148 148 148 148 148 14</td> <td>104           54           21           55           162           177           155           86           106           115           41           176           121           179           12           49           73           2           63           114           118           99           116</td> <td>112           140           155           59           62           144           67           175           82           64           83           89           A           132           129           103           110           141           113           88           78           45           137           B</td> <td>B           84           A           47           25           A           101           B           85           A           101           B           85           A           101           B           85           A           108           96           138           B           23           55           105           94           20           A           81           61           34           B</td>	62           85           98           94           161           72           47           142           A           33           151           41           24           10           170           B           162           60           111           176           22           171           A	11           110           163           71           118           177           116           113           77           43           177           43           172           93           122           4           55           114           32           139           53           34           8           21           112	Loc 38 173 123 31 9 15 13 19 6 155 145 57 115 54 7 126 83 56 79 128 83 56 79 18 3 14 40 30 19 15 13 19 15 13 123 19 19 15 13 19 15 13 19 15 13 19 15 13 19 15 13 19 15 13 19 15 13 19 15 13 19 15 13 19 15 13 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15	A 147 97 63 81 127 82 160 159 45 18 12 29 70 134 125 96 35 19 80 40 20 165 A	90 86 4 143 26 15 84 31 119 128 158 8 8 131 136 61 135 133 168 167 135 133 168 167 34 14 22	B           150           48           65           2           140           143           46           103           105           141           95           76           59           49           21           89           179           124           23	180           5           11           169           50           152           154           102           25           3           13           28           64           130           107           129           120           52           138           132           10           27           166           7	A 6 17 75 78 37 A 68 67 32 108 109 1 8 106 8 106 8 30 66 33 36 9 39 8 8		A 114 119 A 5 107 55 27 40 34 45 8 107 34 45 8 15 17 8 22 24 8 15 17 8 2 2 4 0 34 45 8 15 17 7 7 8 107 7 7 8 107 7 7 7 107 10	36 72 63 157 91 71 66 80 61 52 3 26 47 174 113 164 41 138 49 57 48 99 51 75	B           172           148           173           42           125           73           79           166           118           149           102           8           129           89           1066           155           12           144           53           64           68           37           50	A 44 85 163 54 81 76 65 124 A 168 104 23 97 58 59 158 104 23 97 58 59 158 141 132 176 67 92 180 43	(h Locc 126 123 171 105 62 135 96 46 167 150 146 187 150 146 187 150 146 135 95 82 74 39 35 153 151 157 161 89 8 8	38           110           55           80           165           51           108           112           74           117           46           49           30           6           88           145           100           1111           43           41           64           131           73	90 53 178 115 75 66 179 20 63 56 170 94 11 10 42 130 59 9 9 33 44 71 70 68 61	147           77           156           101           62           175           98           121           154           48           72           45           79           B           133           120           31           122           76           22           103           140           134           57	1116 142 86 162 83 87 67 152 60 169 14 177 159 19 33 109 52 137 A 143 160 69 128 78	A 4 25 8 32 58 29 A 50 8 65 47 8 65 47 8 127 28 7 A 13 139 21 4 8 8 8 8		A 124 97 53 42 14 1 107 3 8 93 156 142 37 89 95 117 88 33 52 B 60 A	15 118 167 76 99 18 35 158 112 46 131 77 8 2 40 133 40 146 83 139 104 11	A 127 10 126 135 84 145 105 13 39 22 13 39 22 123 8 6 154 5 163 86 79 43 115 161 A	81 159 110 178 31 160 111 96 98 113 94 87 90 88 113 94 87 90 88 4 116 65 151 7 7 122 136 28	B 119 149 143 169 6 16 100 92 120 36 114 101 147 91 38 125 69 166 130 85 109 85 109 A 108	al 3 119 171 26 71 9 180 50 168 8 92 172 90 153 32 93 97 91 134 56 8 102 87 109 72	70 48 111 27 66 150 58 75 117 19 107 148 120 29 152 29 152 29 152 29 152 29 152 29 152 30 128 24 170 128 24 170 128 24 170 128 24 170 128 129 129 150 150 150 107 148 110 19 107 148 110 19 107 148 110 19 107 148 107 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 107 148 110 177 148 120 129 148 110 177 148 120 129 148 110 177 148 120 177 148 120 177 148 120 129 117 148 120 117 148 120 117 148 120 117 148 120 117 148 1107 117 148 120 117 117 148 120 117 148 120 117 148 120 117 148 120 117 148 120 117 148 117 117 148 117 117 148 120 117 148 117 148 120 117 148 128 128 128 128 128 148 148 148 148 148 148 148 148 148 14	104           54           21           55           162           177           155           86           106           115           41           176           121           179           12           49           73           2           63           114           118           99           116	112           140           155           59           62           144           67           175           82           64           83           89           A           132           129           103           110           141           113           88           78           45           137           B	B           84           A           47           25           A           101           B           85           A           101           B           85           A           101           B           85           A           108           96           138           B           23           55           105           94           20           A           81           61           34           B		

**Figura 2.1.** Layouts para o Delineamento 4 (Tabela 2.1), assumindo p% como 22%, 140 test lines não repetidas, 40 test lines repetidas, duas checks repetidas 10 vezes e  $\phi_g$  como 0,9, ao assumir (a) efeitos aleatórios de test lines e (b) efeitos fixos de test lines no modelo para gerar o delineamento.

#### 2.3.2 Estudo de simulação

A Figura 2.2 resume as medidas de comparação para os delineamentos, que são: o RRGG, a precisão genética e o sucesso de seleção, considerando, test lines de efeitos aleatórios e fixos no modelo para o delineamento, para as análises individuais por local e a análise conjunta. Existem poucas diferenças entre os delineamentos, sendo as mais perceptíveis aquelas relacionadas à precisão e ao sucesso da seleção. Essas medidas de comparação não são afetadas pela suposição acerca dos efeitos de test lines serem considerados fixos ou aleatórios no modelo para o delineamento. No entanto, quanto maior a porcentagem de test lines repetidas, maiores são as medidas, como mostram os resultados para o Delineamento 6. Além disso, um número menor de checks diferentes tende a melhorar os resultados ao definir p% como 22% e assumir efeitos de test lines aleatórios nos modelos de delineamento, principalmente, para as análises conjuntas.

Adicionalmente, observa-se que quanto maior a razão entre variâncias genéticas e residuais em cada local, melhores são os resultados para as medidas de comparação, o que corrobora com Cullis et al. (2006), Santos (2017), Goes (2020) e Sermarini et al. (2020).

De maneira geral, as análises conjuntas apresentaram um melhor desempenho para as três medidas, em todos os cenários e locais, concordando com os resultados obtidos por Santos (2017) e Tanaka (2020). Observa-se, também, que à medida que aumenta a correlação genética,  $\phi_g$ , entre as mesmas linhagens em diferentes locais, ocorre um aumento nos valores obtidos para as medidas de comparação. A influência da razão entre as variâncias genéticas e residuais nas medidas de comparação diminui à medida que  $\phi_q$  tende a um.

O ganho genético pode ser afetado pelo número de graus de liberdade residuais (nedf) (Clarke e Stefanova, 2011). Neste estudo, os delineamentos com o mesmo número de checks e diferentes percentuais de test lines repetidas, Delineamentos 1 (grid-plot), 2 e 3 (p-rep), tiveram os menores valores para nedf, que são 234 para a análise individual e 702 para a análise conjunta. Apesar das diferenças nas suposições dos delineamentos, o ganho genético é ligeiramente afetado pela porcentagem de test lines repetidas. No entanto, o delineamento com test lines não repetidas, o Delineamento 1, apresentou os menores resultados em todos os cenários, locais e análises considerados. Os nedf para os Delineamentos 4, 5 e 6 (p-rep) foram 236, 237 e 238 (para cada análise individual) e 708, 711 e 716 (para análise conjunta), respectivamente. O Delineamento 6, com o maior número de nedf, apresentou maiores valores de RRGG em todos os cenários e locais, como também notado por Clarke e Stefanova (2011). Ao definir p% como 22%, Delineamentos 3, 4 e 5, um RRGG maior é resultado da suposição de um número menor de checks. Os resultados da comparação entre os Delineamentos 3 e 4 variaram conforme o local e o tipo de análise. Esses resultados são consistentes com Paget et al. (2017), Santos (2017) e Goes (2020). Os valores de sucesso de seleção (Figuras 2.2 (e) e (f)) aumentam à medida que  $\phi_q$  aumenta, com os melhores resultados para as análises conjuntas, em que o sucesso de seleção ficou acima de 59% em todos os cenários. Os menores resultados foram observados para o Delineamento 1 no local 1, sendo que o sucesso de seleção foi de 59%, 62% e 66%, respectivamente, para  $\phi_g = 0.7$ ,  $\phi_g = 0.8$  e  $\phi_g = 0.9$ , representando 10, 11 e 12 das 18 verdadeiramente melhores test lines selecionadas. Os maiores resultados foram observados para o Delineamento 6 no local 3, em que os sucessos de seleção foram 67%, 68% e 72%, para  $\phi_q = 0.7$ ,  $\phi_q = 0.8$  e  $\phi_q = 0.9$ , representando 12, 12 e 13 das 18 verdadeiramente melhores test lines selecionadas. Dessa forma, há um aumento de pelo menos uma test line superior selecionada ao comparar o Delineamento 6 com o Delineamento 1, o que é uma pequena melhoria, mas contribui para o processo de seleção genética.



**Figura 2.2.** Médias para o Ganho Genético Relativo Percebido ((a) e (b)), a precisão genética ((c) e (d)) e o sucesso da seleção ((e) e (f)), ao assumir ((a), (c) e (e)) efeitos aleatórios de *test lines* e ((b), (d) e (f)) efeitos fixos de *test lines* no modelo para gerar o delineamento, para as análises individuais e análises conjuntas dos três locais. As médias são representadas por pontos e as barras de erro representam a média  $\pm$  e o desvio padrão.

As test lines repetidas comparadas com as não repetidas tiveram os menores valores médios para AVPD (Tabelas A.1 e A.2, localizadas no apêndice) o que é esperado uma vez que o número de test lines no primeiro grupo é menor do que no segundo. Além disso, a variação de p% e a suposição dos efeitos de test lines, sejam eles fixos ou aleatórios, pouco afetam os valores dessa medida. No entanto, a correlação genética entre os mesmos genótipos em locais diferentes influencia o AVPD, quanto maior  $\phi_g$  menor foi o seu valor. Também, observou-se um aumento do ganho genético à medida que o AVPD diminui, conforme enfatizado por Cullis et al. (2006).

As suposições de efeitos de test lines no modelo de delineamento não afetaram as estimativas dos componentes de variância (Figuras A.6, A.7 e A.8), ainda que em todos os locais e cenários haja uma ligeira subestimação da componente de variância genética e da correlação genética entre as mesmas linhagens em locais diferentes, e uma tendência de subestimar a variância global da coluna e as correlações residuais para linhas e colunas. Quanto maior a razão entre as variâncias genéticas e residuais, maior é o erro padrão. No entanto, essa variabilidade diminui à medida que  $\phi_q$  aumenta. Conforme ressaltado, não há grandes diferenças entre os valores relacionados ao RRGG, a precisão genética, ao sucesso da seleção e às estimativas dos componentes de variância quando comparados os delineamentos espacialmente otimizados assumindo efeitos de test lines fixas ou aleatórias. Assim como em Sermarini et al. (2020), observou-se que as test lines repetidas têm mais aglomeração quando os delineamentos são gerados assumindo efeitos fixos de test lines. No entanto, notou-se uma frequência maior de test lines ocupando parcelas próximas à borda da área experimental ao gerar delineamentos p-rep assumindo efeitos aleatórios para as test lines, para dois tamanhos de área experimental diferentes e p% como 20%. O delineamento p-rep teve o melhor desempenho nas medidas de comparação, o que foi observado ao avaliar ensaios uni e multi-ambientais, corroborando com Cullis et al. (2006), Clarke e Stefanova (2011), Santos (2017) e Goes (2020). No entanto, se o objetivo é comparar test lines com checks, é recomendável usar um delineamento p-rep otimizado com repetição de algumas variedades de interesse, em vez do delineamento quid-plot. O delineamento que considera apenas uma check (Delineamento 5) apresentou os melhores resultados quando comparado a outros delineamentos p-rep que incluíram diferentes númetos de checks.

#### 2.4 Conclusão

Delineamentos grid-plot espacialmente otimizados e p-rep espacialmente otimizados foram avaliados para 180 test lines em uma área experimental de 24 linhas por 10 colunas e dois blocos para ensaios multi-ambientais, sob a hipótese de efeitos fixos e aleatórios para as test lines. Para as análises individuais e conjuntas, os delineamentos p-rep foram ligeiramente superiores aos delineamentos grid-plot na seleção do material genético para todos os cenários explorados. Destacou-se a influência da razão entre a variância genética e residual e a correlação entre os efeitos genéticos para as mesmas linhagens em locais diferentes sobre a qualidade da seleção; quanto maiores forem esses valores, melhores serão os resultados. Resultados semelhantes foram encontrados por Cullis et al. (2006), Santos (2017), Goes (2020) e Sermarini et al. (2020). Apesar das pequenas diferenças entre os delineamentos em cada cenário e local, o delineamento p-rep sem checks resultou no maior ganho genético, conforme apontado por Santos (2017) e Goes (2020). Assim, é possível concluir que o número de checks, bem como seu número de repetições, pode afetar o valor do ganho genético. Portanto, recomenda-se o uso de delineamentos parcialmente replicados sem checks para realizar estudos para programas de melhoramento genético de plantas em fases iniciais. Porém, caso seja necessário o uso de checks, recomenda-se o delineamento p-rep com pequeno número de repetições para as *checks*, ao invés dos delineamentos *qrid-plot*. Finalmente, não foram identificadas diferenças entre as medidas de comparação ao considerar efeitos fixos ou aleatórios no modelo de delineamento. No entanto, houve uma distribuição uniforme das test lines repetidas e/ou dos tratamentos na área experimental ao assumir efeitos fixos para as test lines. Aqui, foram consideradas

apenas simulações adotando conjuntos de parâmetros cujos valores foram estimados em estudos desenvolvidos por programas brasileiros de melhoramento de cana-de-açúcar. Além disso, uma forte suposição adotada é de independência entre as *test lines*. Os resultados podem diferir quando se consideram áreas experimentais de diferentes tamanhos, ensaios de uniformidade e/ou correlação entre as *test lines*.

#### Referências

Atkinson, A. C. e Donev, A. N. (1992). Optimum experimental designs.

- Brien, C. (2021b). dae: Functions useful in the design and anova of experiments. R package version 3.1-37.
- Butler, D. (2021). asreml: Fits the linear mixed model. R package version 4.1.0.149.
- Butler, D. e Cullis, B. (2019). od: Generate optimal experimental designs. r package version 2.0. 0.
- Clarke, G. P. Y. e Stefanova, K. T. (2011). Optimal design for early-generation plant-breeding trials with unreplicated or partially replicated test lines. Australian & New Zealand Journal of Statistics, 53(4):461–480.
- Cullis, B. R., Smith, A. B., Cocks, N. A., e Butler, D. G. (2020). The design of early-stage plant breeding trials using genetic relatedness. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*, 25(4):553–578.
- Cullis, B. R., Smith, A. B., e Coombes, N. E. (2006). On the design of early generation variety trials with correlated data. *Journal of agricultural, biological, and environmental statistics*, 11(4):381.
- Cursi, D. E., Hoffmann, H. P., Barbosa, G., Bressiani, J. A., Gazaffi, R., Chapola, R. G., Fernandes Junior, A., Balsalobre, T. W. A., Diniz, C. A., Santos, J. M., et al. (2022). History and current status of sugarcane breeding, germplasm development and molecular genetics in brazil. Sugar Tech, 24(1):112–133.
- Federer, W. (1956b). Augmented (or hoonuiaku) designs. biometrics unit. Technical report, Cornell Univ. Mimeo. BU-74-M, February.
- Federer, W. T. e Crossa, J. (2012a). I. 4 screening experimental designs for quantitative trait loci, association mapping, genotype-by environment interaction, and other investigations. *Frontiers in Physiology*, 3:156.
- Gilmour, A. R., Cullis, B. R., e Verbyla, A. P. (1997). Accounting for natural and extraneous variation in the analysis of field experiments. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, pages 269–293.
- Goes, A. d. L. (2020). Delineamentos ótimos para experimentos com cana-de-açúcar. PhD thesis, Universidade de São Paulo.
- Hooks, T., Marx, D., Kachman, S., e Pedersen, J. (2009). Optimality criteria for models with random effects. *Revista Colombiana de Estadística*, 32(1):17–31.
- Hunt, C. H., Hayes, B. J., Van Eeuwijk, F. A., Mace, E. S., e Jordan, D. R. (2020). Multi-environment analysis of sorghum breeding trials using additive and dominance genomic relationships. *Theoretical* and Applied Genetics, 133(3):1009–1018.

- Jarquin, D., Howard, R., Crossa, J., Beyene, Y., Gowda, M., Martini, J. W., Pazaran, G. C., Burgueño, J., Pacheco, A., Grondona, M., et al. (2020). Genomic prediction enhanced sparse testing for multienvironment trials. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 10(8):2725–2739.
- Kempton, R. (1984). The design and analysis of unreplicated field trials. *Vortraege fuer Pflanzenzuechtung* (Germany).
- Moehring, J., Williams, E. R., e Piepho, H.-P. (2014). Efficiency of augmented p-rep designs in multienvironmental trials. *Theoretical and applied genetics*, 127(5):1049–1060.
- Oakey, H., Verbyla, A., Pitchford, W., Cullis, B., e Kuchel, H. (2006). Joint modeling of additive and non-additive genetic line effects in single field trials. *Theoretical and Applied Genetics*, 113(5):809–819.
- Oakey, H., Verbyla, A. P., Cullis, B. R., Wei, X., e Pitchford, W. S. (2007). Joint modeling of additive and non-additive (genetic line) effects in multi-environment trials. *Theoretical and Applied Genetics*, 114(8):1319–1332.
- Paget, M., Alspach, P., Anderson, J., Genet, R., Braam, W., e Apiolaza, L. (2017). Replicate allocation to improve selection efficiency in the early stages of a potato breeding scheme. *Euphytica*, 213(9):1–15.
- Piepho, H.-P., Vo-Thanh, N., e Tobias, R. (2020). Generating experimental designs for estimation of genetically related treatment effects using sas. Agronomy Journal, 112(5):3929–3940.
- Santos, A. d. (2017). Design and analysis of sugarcane breeding experiments: a case study. PhD thesis, Universidade de São Paulo.
- Sermarini, R. A., Brien, C., Demétrio, C. G. B., e dos Santos, A. (2020). Impact on genetic gain from using misspecified statistical models in generating p-rep designs for early generation plant-breeding experiments. *Crop Science*, 60(6):3083–3095.
- Shah, K. R. e Sinha, B. (2012). Theory of optimal designs, volume 54. Springer Science & Business Media.
- Stefanova, K. T., Smith, A. B., e Cullis, B. R. (2009). Enhanced diagnostics for the spatial analysis of field trials. *Journal of agricultural, biological, and environmental statistics*, 14(4):392.
- Tanaka, E. (2020). Simple outlier detection for a multi-environmental field trial. *Biometrics*, 76(4):1374–1382.
- Williams, E., Piepho, H.-P., e Whitaker, D. (2011). Augmented p-rep designs. *Biometrical Journal*, 53(1):19–27.
- Yadav, S., Jackson, P., Wei, X., Ross, E. M., Aitken, K., Deomano, E., Atkin, F., Hayes, B. J., e Voss-Fels, K. P. (2020). Accelerating genetic gain in sugarcane breeding using genomic selection. Agronomy, 10(4):585.

## 3 DELINEAMENTOS ÓTIMOS INCLUINDO MATRIZ DE PARENTESCO: UM ESTUDO DE SIMULAÇÃO EM ENSAIOS MULTI-AMBIENTAIS DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE TRIGO

#### Resumo

Um programa de melhoramento genético de plantas visa produzir novas cultivares com características de rendimento e qualidade superiores às variedades existentes, como por exemplo, aumento da produtividade, maior resistência às doenças ou variações edafoclimáticas. No melhoramento genético de trigo, por exemplo, a avaliação das novas linhagens pode ocorrer em poucos ambientes, sendo estas não replicadas no ambiente, nos estágios iniciais do ciclo de melhoramento e nos estágios avançados, as réplicas e ambientes tendem a aumentar. Diante disso, ensaios multi-ambientais são amplamente utilizados nesses programas para verificar, entre outros fatores, o efeito da interação entre o genótipo e o ambiente. Os delineamentos ótimos têm sido amplamente utilizados nos ensaios multi-ambientais e são gerados considerando um modelo estatístico e um critério de otimização e com base nessa abordagem é possível obter delineamentos alternativos, como por exemplo, os delineamentos grid-plot e p-rep otimizados, ambos os delineamentos são desbalanceados e em linhas e colunas, porém no grid-plot não há repetição das novas linhagens na área experimental, e no p-rep há uma porcentagem p% de novas linhagens que são duplicadas. Nessa perspectiva, o objetivo do trabalho é avaliar o uso de dados simulados provenientes de delineamentos espacialmente otimizados em ensaios multi-ambientais para comparar delineamentos gridplot e p-rep otimizados. Para o delineamento p-rep otimizado variou-se as porcentagens p% de linhagens duplicadas (11%, 22% e 33%) e diferentes número de variedades padrões, denominadas, checks (0, 5, 10, 10)15, 20), que são variedades consolidadas. Em ambos os delineamentos consideraram-se a suposição de dependência ou independência entre os efeitos de linhagens, verificando o ganho genético e a qualidade de seleção do material genético. Os dados e a matriz de relacionamento considerados neste estudo foram provenientes de um estudo de simulação. Foram ajustados modelos lineares mistos considerando-se as análises conjunta e individuais, que incorporam a variação espacial nos erros das parcelas e a informação de pedrigree. O ganho genético foi avaliado considerando as medidas de Relative Realized Genetic Gain (RRGG), da precisão genética e do sucesso de seleção. Os resultados indicaram que os delineamentos prep apresentaram superioridade em relação ao delineamento *grid-plot* em todos os cenários considerados. Os resultados relevantes indicaram que, nas duas situações consideradas na obtenção do delineamento, quanto maior a correlação entre os mesmos genótipos aplicados em diferentes locais, maior é o ganho genético e melhor é o sucesso de seleção. Além disso, quando são fixados valores iguais para os parâmetros de variâncias dos efeitos não genéticos de linhas e colunas e residuais dentro de cada local e varia-se apenas o parâmetro associado à variância genética, quanto maior é o valor deste parâmetro, melhores são os resultados apresentados. Curiosamente, observou-se que as suposições de dependência/independência para a relação entre as linhagens na obtenção do delineamento pouco afetam nos resultados obtidos. Por fim, notou-se que o delineamento p-rep sem a presença de variedade padrão, bem como, o p-rep com p = 22% das linhagens duplicadas e maior quantidade de diferentes variedades padrões apresentaram os melhores resultados sendo estes recomendados para realizar estudos dessa natureza.

Palavras-chave: Análise conjunta e individual; Diferentes valores para os parâmetros de variâncias; Estágio preliminar de rendimento; Ganho genético; Qualidade de seleção; Melhoramento Genético de Trigo.

#### 3.1 Introdução

O trigo é um dos cereais mais cultivados do mundo e se destaca pela sua relevância na economia global. Em um programa de melhoramento de grãos, em específico no de trigo, as linhagens são produzidas nas fases iniciais, quando os melhoristas cruzam diferentes variedades de trigo para criar uma população segregante. Essa população é então cultivada em campo e avaliada para identificar indivíduos que apresentam características desejáveis em termos de produtividade, qualidade, resistência a estresses abióticos e bióticos, entre outras aplicações agrícolas adaptadas a diferentes condições ambientais. Esses indivíduos selecionados são então cultivados para produzir linhagens puras, que são avaliadas em diferentes condições ambientais para identificar aquelas com características superiores.

Assim, ensaios multi-ambientais são amplamente utilizados em experimentos dessa natureza pois as sementes são replicadas em diferentes ambientes (combinação particular de local/ano) para avaliar o comportamento das linhagens experimentais frente às variações edafoclimáticas, por exemplo, no melhoramento de trigo as linhagens são plantadas em alguns ambientes e a seleção das melhores ocorre através de estágios dos testes avançados.

Um dos estágios intrínsecos no programa de melhoramento de trigo é o teste preliminar de rendimento (*Preliminary Yield Trial* - PYT). Esse estágio constitui o primeiro ano de teste de rendimento das linhagens e tem como função selecionar linhagens superiores, na ausência de marcadores moleculares, que serão avaliadas nos próximos anos e/ou nos próximos estágios, como por exemplo, no teste de rendimento avançado (*Advanced Yield Trial* - AYT) (Endelman et al., 2014; Verges e Van Sanford, 2020; Lara et al., 2022). Além disso, também podem ser possíveis candidatas utilizadas como pais em futuros cruzamentos.

Endelman et al. (2014) mencionam que a precisão genética é a correlação entre os verdadeiros efeitos genéticos e seus EBLUPs (*Empirical Best Linear Unbiased Predictors*) e sugerem que uma maior precisão genética é alcançada no estágio PYT quando as linhagens são testadas em vários locais e/ou várias repetições das linhagens dentro do local (Endelman et al., 2014; Verges e Van Sanford, 2020). As linhagens do estágio PYT têm uma quantidade limitada de sementes, assim elas são avaliadas em uma quantidade menor de locais do que no estágio AYT. Cullis et al. (2020) mencionam que a seleção das linhagens nos estágios preliminares e avançados ocorre de forma sequencial  $(S_1, S_2, S_3 \in S_4)$  em que a principal característica é o rendimento dos grãos.  $S_1 \in S_2$  são referidos como os ensaios em estágios iniciais em que os números de locais geralmente são menores do que quatro e não há repetição dentro de cada local. Além das novas linhagens também são consideradas parcelas contendo variedades de verificação, denominadas de variedades padrões (*checks*). Nas etapas  $S_3 \in S_4$ , que são os estágios mais avançados, as novas linhagens são avaliadas em até dez locais, com duas ou três repetições por local (Cullis et al., 2020).

Os delineamentos clássicos e os delineamentos baseados em modelos (delineamentos ótimos) são amplamente utilizados em ensaios multi-ambientais de melhoramento genético de plantas. Os delineamentos ótimos são uma classe de delineamentos experimentais que dependem de um modelo estatístico e de um critério de otimização. O modelo estatístico deve ser, quando possível, o mais próximo do modelo esperado para realizar a análise.

O critério estatístico pode estar relacionado à matriz de variâncias e covariâncias dos estimadores ou, analogamente, à matriz de informação (Shah e Sinha, 2012; Cullis et al., 2020). Os delineamentos ótimos possibilitam a obtenção de delineamentos alternativos que podem apresentar bons resultados para o ganho genético (Sermarini et al., 2020; Piepho et al., 2020; Paget et al., 2017; Santos, 2017). Existem vários critérios de otimização, que são utilizados a depender do interesse do pesquisador. O critério de otimização A, minimiza a soma das variâncias das estimativas dos tratamentos. com a utilização desse critério o delineamento selecionado apresenta uma variância mínima de erro de predição dos tratamentos. Desta forma, o ganho genético esperado é maximizado quando a média das variâncias do erro de previsão (*average variance of pairwise differences* - AVPD) de todos os contrastes elementares entre os tratamentos é minimizada.

Com base nessas abordagens, é possível obter os delineamentos parcialmente replicados (p-rep) otimizados, propostos por Cullis et al. (2006). Os delineamentos p-rep otimizados são delineamentos em linhas e colunas, desbalanceados, em que uma porcentagem p% de novas linhagens são repetidas no experimento. Essa porcentagem p% é definida de acordo com o material genético disponível e do interesse prático do pesquisador. Cullis et al. (2020) mencionam que o delineamento p-rep foi introduzido para solucionar os problemas inerentes nos estágios iniciais dos programas de melhoramento genético de plantas, por exemplo, a disponibilidade de material genético nos estágios iniciais é limitada. Cullis et al. (2006) mostraram que o delineamento p-rep melhora a precisão da seleção das linhagens quando comparado ao delineamento grid-plot (Kempton, 1984), que, também, é um delineamento de linhas e colunas, mas parcelas com *checks*, que são variedades de verificação, são distribuídas entre parcelas com as novas linhagens que não são replicadas. Os modelos lineares mistos são preferíveis para gerar delineamentos ótimos, pois são flexíveis e possibilitam variações nas estruturas das matrizes de variâncias e covariâncias (Piepho et al., 2020; Sermarini et al., 2020; Cullis et al., 2020).

Além disso, os modelos lineares mistos são amplamente utilizados nas análises de dados de melhoramento genético de plantas, pois é possível investigar, por exemplo, o efeito da interação entre variedades e o ambiente. Gilmour et al. (1997) utilizaram esses modelos e identificaram três componentes relacionados à variação espacial dos dados em experimentos de campo, que são: variação local, global e estranha. Considerando a abordagem espacial dada por Gilmour et al. (1997), Smith et al. (2001) analisaram dados de cevada e apresentaram o modelo misto de análise fatorial para ensaios multi-ambientais, permitindo incorporar a variância genética de cada ambiente separadamente. Uma outra característica dos modelos lineares mistos é a possibilidade de incluir a matriz de relacionamento, que explora a correlação genética entre linhagens relacionadas, melhorando as estimativas de efeitos genéticos e reduzindo o viés. Existe uma vasta literatura sobre a inclusão da matriz de relacionamento em modelos estatísticos (Oakey et al., 2006, 2007; Piepho et al., 2008; Cullis et al., 2020; Piepho et al., 2020). Piepho et al. (2008) mostraram que os BLUPs (Best Linear Unbiased Predictions) com informações de parentesco têm boa precisão preditiva quando comparado aos BLUPs sem informações de parentesco.

Oakey et al. (2006) analisaram dados de melhoramento genético de trigo em um único local modelando a variação ambiental frequentemente presente em ensaios de campo e adicionaram matriz de parentesco. O modelo proposto abordou a decomposição dos efeitos genéticos das linhagens em efeitos genéticos aditivos e não aditivos. Posteriormente, Oakey et al. (2007) estenderam a decomposição da variância genética para os casos de ensaios multi-ambientais, com base no modelo misto de análise fatorial apresentado por Smith et al. (2001), reforçando que o uso da matriz de relacionamento permite que estruturas populacionais mais gerais sejam consideradas. Os autores ainda consideraram que os efeitos não aditivos podem ser divididos em efeitos de dominância e epistasia. Piepho et al. (2020) apresentaram um tutorial demonstrando os procedimentos necessários para gerar delineamentos ótimos considerando a dependência entre os efeitos da linhagem com base no OPTEX do Sistema SAS. Cullis et al. (2020) propuseram o uso de modelos lineares mistos para gerar delineamentos ótimos em um único local, incluindo a matriz de relacionamentos baseando-se em dados históricos dos programas de melhoramento. Os autores utilizaram um modelo semelhante ao proposto por Oakey et al. (2006).

Cullis et al. (2020) mencionam que o *p*-rep foi desenvolvido para incluir a matriz de relacionamento; entretanto, há poucos relatos na literatura considerando a inclusão de informações de *pedigree* em modelos para geração de delineamentos otimizados em ensaios multi-ambientais. O principal objetivo deste trabalho é comparar, por meio de estudo de simulação, delineamentos espacialmente otimizados para uma área experimental de 24 linhas por 10 colunas, 180 *test lines*, quatro variedades de verificação e dois blocos em três locais, assumindo-se o critério A de otimização, com relação (i) à suposição de independência ou dependência entre os efeitos de *test lines*; (ii) a diferentes valores de parâmetros associados às variâncias genética e residual dentro de cada local, (iii) a diferentes valores para o parâmetro associado à correlação entre os efeitos de uma mesma *test lines* em locais distintos; (iv) e diferentes tipos de delineamentos (*grid-plot* e *p*-rep). Para o delineamento *p*-rep foram consideradas diferentes porcentagens (p%) de linhagens repetidas e diferentes números de *checks*. Como medidas de comparação entre os delineamento foram utilizados: o ganho genético, representado por medida *Relative Realized Genetic Gain* (RRGG), a precisão genética e o sucesso de seleção das verdadeiramente melhores linhagens, considerando as análises individuais por local e conjunta, com base no modelo linear misto que incorpora a modelagem da variação ambiental e a matriz de relacionamento. A matriz de parentesco utilizada foi proveniente de um programa de melhoramento genético de trigo que foi simulado de acordo com Lara et al. (2022) e as linhagens consideradas foram referentes ao estágio PYT. Na Seção 3.2, são apresentadas as especificações do modelo para a obtenção dos delineamentos e, também, para o estudo de simulação dos dados. Além disso, são apresentadas as medidas utilizadas para a comparação dos delineamentos. Na Seção 3.3, são apresentados os principais resultados. A conclusão é apresentada na Seção 3.4.

#### 3.2 Metodologia

#### 3.2.1 Matriz de relacionamento

Os programas de melhoramento de trigo concentram-se no desenvolvimento de linhagens endogâmicas ou consanguíneas, isto significa que, o cruzamento ocorre pela união de indivíduos geneticamente semelhantes (aparentados). Tradicionalmente, após o cruzamento e a melhoria da população, as linhagens endogâmicas são desenvolvidas através da autopolinização ou de haploides duplicados. As linhagens endogâmicas são, então, fenotipadas em *headrows* (viveiros) e ensaios de campo antes de serem selecionadas como futuros pais. No trigo, o ciclo de reprodução pode levar de quatro a seis anos, a depender da estrutura do programa de melhoramento e da preferência do criador (Merrick et al., 2022; Lara et al., 2022; Gaynor et al., 2017).

Os *headrows* são o primeiro estágio da fenotipagem, e, no quarto ano, as melhores linhagens observadas no *headrows* são selecionadas e avaliadas em um ensaio de rendimento preliminar, que ocorre no quinto ano. Só então, após seis anos, são iniciados os testes de campo replicados nos ensaios avançados. As linhagens endogâmicas permanecem em ensaios de rendimento replicado por mais cinco anos, quando as variedades são então liberadas (Merrick et al., 2022). Seguindo essa estrutura, a matriz de parentesco utilizada neste estudo foi obtida após a simulação de um programa completo de melhoramento de trigo por 40 anos, e foi baseado na pesquisa de Lara et al. (2022), em que os autores seguiram um programa descrito por Gaynor et al. (2017) com 21 anos de seleção fenotípica convencional para rendimento.

Inicialmente, realizou-se uma simulação coalescente de um genoma completo sequenciado. Para isto, fixou-se a quantidade de haplótipos fundadores que foram usados para formar os primeiros pais no programa de melhoramento. Neste estudo, foram simulados os haplótipos fundadores para 70 indivíduos consanguíneos com 21 pares de cromossomos cada um com 600 polimorfismos de nucleotídeo único (*single nucleotide polymorphism* - SNP) como marcadores por cromossomo, e atribuiu-se, de forma aleatória, 100 SNP como QTL (locos de caracteres quantitativos) por cromossomo. O SNP é um tipo específico de marcador genético que é usado para identificar variações individuais na sequência de DNA em uma população. Desta forma, refere-se a uma variação na sequência de um único nucleotídeo (polimorfismo) que é comum em uma população. O QTL, por sua vez, é um marcador genético que é associado a uma característica quantitativa, ou seja, uma característica que é controlada por múltiplos genes e pelo ambiente. Desta forma, os SNPs foram utilizados como marcadores genéticos para mapear as regiões no genoma que estão associadas a traços quantitativos, obtidos pelos QTLs. Em um segundo momento, definiram-se os parâmetros globais, assumindo-se que o QTL 2.100 teve efeito aditivo no rendimento e seus efeitos foram amostrados a partir de uma distribuição normal.

Os genótipos foram codificados como 0 para homozigoto de referência (ancestral), 1 para heterozigoto e 2 para homozigoto alternativo (derivado). A partir das sequências genômicas simuladas, foram criadas 70 linhagens consanguíneas. A variância genética aditiva entre essas linhagens foi fixada em 0,1. Posteriormente, cruzaram-se as linhagens consanguíneas para gerar 100 populações biparentais. Cada populaçõe teve 100 progênie ( $F_1$ ) em que o seu genoma foi dobrado e avaliadas nos *headrows*, ao todo 10.000 linhagens foram observadas. As linhagens experimentais foram selecionadas de acordo com seu desempenho e as 500 melhores foram escolhidas com base em seleção fenotípica em um ensaio PYT, das quais as 50 melhores foram consideradas em um ensaio AYT e, posteriormente, as 10 melhores em um ensaio de rendimento de elite (EYT). No ensaio de rendimento de elite as linhagens são avaliadas por dois anos consecutivos em um grande ensaio replicado em vários locais e, então, uma variedade é selecionada. Este programa de melhoramento de trigo foi simulado utilizando o pacote AlphaSimR (Gaynor et al., 2021). Para obter a matriz de parentesco foram utilizados os 40 anos de seleção fenotípica convencional para rendimento considerando o *pedrigree* das linhagens no estágio PYT do 39º ano e conhecendo seis gerações anteriores. A inversa da matriz de relacionamento foi obtida utilizando o pacote Pedicure (Butler, 2019) atribuindo 0 para os coeficientes de endogamia e 10 para linhagens.

#### 3.2.2 Delineamentos gerados

As configurações dos delineamentos ótimos utilizados neste estudo foram análogos aos considerados por Goes (2020), e são apresentadas na Tabela 3.1. Em todos os casos, a área experimental foi constituída por três locais  $(n_s)$ , sendo a área dividida em dois blocos (cada bloco tem 5 colunas), 24 linhas  $(n_r)$  por 10 colunas  $(n_c = 10)$  e m = 184 tratamentos (novas linhagens e *checks*), provenientes dos estágio PYT do programa de melhoramento genético de trigo. Para os delineamentos *p*-rep otimizados, consideraram-se diferentes valores para as porcentagens p% de linhagens duplicadas e diferentes números de *checks* e suas repetições.

Caracterização		Número de l	inhagens	Número de <i>checks</i>						
	p%	Não duplicadas	Duplicadas	Quantidade	Número de repetição					
grid-plot	0	180	0	4	15					
p-rep 1	11	160	20	4	10					
p-rep 2	22	140	40	4	5					
p-rep 3	22	140	40	2	10					
p-rep 4	22	140	40	1	20					
p-rep 5	33	120	60	0	0					

Tabela 3.1. Caracterização dos delineamentos de acordo com o número de linhagens duplicadas e checks.

Os delineamentos ótimos foram gerados considerando o modelo linear misto na abordagem dada por Gilmour et al. (1997) e Smith et al. (2001). Essa mesma abordagem foi aplicada para realizar o estudo de simulação e, posteriormente, analisar os dados. O modelo é definido como:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\tau} + \mathbf{Z}_{\mathbf{g}}\mathbf{u}_{\mathbf{g}} + \mathbf{Z}_{\mathbf{o}}\mathbf{u}_{\mathbf{o}} + \boldsymbol{\epsilon} \tag{3.1}$$

em que  $\mathbf{y}_{(n\times 1)}$  é o vetor de observações dos dados, sendo  $n = n_s \times n_r \times n_c$ ;  $\boldsymbol{\tau}_{(q\times 1)}$  é o vetor de q efeitos fixos de cada local (ambiente) e de blocos com a matriz de delineamento  $\mathbf{X}_{(n\times q)}$ ;  $\mathbf{u}_{\mathbf{g}(mn_s\times 1)}$  é o vetor de efeitos aleatórios das linhagens dentro de cada local, com matriz de delineamento  $\mathbf{Z}_{\mathbf{g}(n\times mn_s)}$ ;  $\mathbf{u}_{\mathbf{o}(b\times 1)}$  é o vetor de b efeitos aleatórios dos efeitos não genéticos de linhas e colunas dentro de cada local, com matriz de delineamento  $\mathbf{Z}_{\mathbf{o}(n\times b)}$ ;  $\boldsymbol{\epsilon}_{(n\times 1)}$  é o vetor de erros aleatórios. Neste estudo, consideraram-se que o vetor dos efeitos genéticos  $\mathbf{u}_{g}$  é composto apenas pelos efeitos genéticos aditivos, isto é, não consideraramse os efeitos de dominância e os residuais não aditivos. Assumiu-se que  $\mathbf{u}_{g}$ ,  $\mathbf{u}_{o}$ ,  $\boldsymbol{\epsilon}$  são independentes com distribuição conjunta Gaussiana multivariada com vetor de médias zero e matriz de variâncias e covariâncias

$$\begin{bmatrix} \mathbf{G}_{\mathbf{g}}(\boldsymbol{\sigma}_{g_s}) & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{G}_{\mathbf{o}}(\boldsymbol{\sigma}_o) & 0 \\ 0 & 0 & \mathbf{R}(\boldsymbol{\phi}) \end{bmatrix}.$$

 $\mathbf{G}_{\mathbf{g}}(\boldsymbol{\sigma}_{g_s})$  é definido como:

$$\mathbf{G}_{\mathbf{g}}(\boldsymbol{\sigma}_{g_s}) = \mathbf{G}_{\mathbf{a}} \otimes \mathbf{A}_{\mathbf{m}} = \begin{bmatrix} \sigma_{g_{s1}}^2 & \phi_g \sigma_{g_{s1}} \sigma_{g_{s2}} & \phi_g \sigma_{g_{s1}} \sigma_{g_{s3}} \\ \phi_g \sigma_{g_{s1}} \sigma_{g_{s2}} & \sigma_{g_{s2}}^2 & \phi_g \sigma_{g_{s2}} \sigma_{g_{s3}} \\ \phi_g \sigma_{g_{s1}} \sigma_{g_{s3}} & \phi_g \sigma_{g_{s2}} \sigma_{g_{s3}} & \sigma_{g_{s3}}^2 \end{bmatrix} \otimes \mathbf{A}_{\mathbf{m}},$$

em que  $\sigma_{g_s} = (\sigma_{g_{s1}}^2, \sigma_{g_{s2}}^2, \sigma_{g_{s3}}^2, \phi_g)'$  corresponde às variâncias genéticas aditivas dentro de cada ambiente e os elementos fora da diagonal são as covariâncias genéticas entre pares de locais,  $\phi_g$  é a correlação genética entre as mesmas linhagens aplicadas em diferentes locais,  $\mathbf{G}_{\mathbf{a}}$  é a matriz de variância genética aditiva e  $\mathbf{A}_m$  é uma matriz de relacionamento conhecida de ordem k, em que k corresponde ao número de *test lines* e variedades padrões utilizadas para gerar os delineamentos.  $\mathbf{G}_{\mathbf{o}}(\boldsymbol{\sigma}_o) = \mathbf{I}_{n_s} \otimes (\sigma_l^2 \mathbf{I}_{n_r} \bigoplus \sigma_c^2 \mathbf{I}_{n_c})$ em que  $\boldsymbol{\sigma}_o = (\sigma_r^2, \sigma_c^2)'$  e  $\sigma_r^2$  e  $\sigma_c^2$  são às variâncias dos efeitos não genéticos de linhas e colunas que foram assumidas iguais em todos os ambientes e cenários;  $\mathbf{I}_{n_s}$ ,  $\mathbf{I}_{n_r}$  e  $\mathbf{I}_{n_c}$  são matrizes identidades de ordens  $n_s$ ,  $n_r$  e  $n_c$ , respectivamente. Por fim,  $\mathbf{R}(\phi) = \bigoplus_{i=1}^3 \sigma_{s_i}^2 \operatorname{AR1}(\phi_r) \otimes \operatorname{AR1}(\phi_c)$ , ou seja, uma soma direta das variâncias residuais dentro de cada local ( $\sigma_{s_i}^2$ ) e dos processos separáveis autorregressivos de primeira ordem, como sugerido por Gilmour et al. (1997). Neste caso,  $\boldsymbol{\phi} = (\phi_r, \phi_c)'$ , sendo,  $\phi_r = \phi_c = 0, 5$  são os parâmetros de correlações residuais entre linhas e entre colunas dentro de cada local. Na Tabela 3.2 são apresentados os valores dos parâmetros de variâncias para cada um dos cenários considerados neste estudo.

**Tabela 3.2.** Conjuntos de parâmetros para os efeitos genéticos e não genéticos para gerar os delineamentos ótimos e adotados no estudo de simulação, em que  $\sigma_r^2$ ,  $\sigma_c^2$ ,  $\sigma_g^2$ ,  $\sigma_s^2$ , são os valores para às variâncias de linhas, colunas, genéticas aditivas e residuais dentro de cada ambiente.

		Cená	rio 1		Cenário 2									
	$\sigma_r^2$	$\sigma_c^2$	$\sigma_g^2$	$\sigma_s^2$	$\sigma_g^2/\sigma_s^2$	$\sigma_r^2$	$\sigma_c^2$	$\sigma_g^2$	$\sigma_s^2$	$\sigma_g^2/\sigma_s^2$				
Local 1	0,10	0,30	0,80	$1,\!00$	0,80	0,10	$0,\!30$	$0,\!18$	$0,\!30$	0,60				
Local 2	$0,\!10$	0,30	$1,\!00$	$1,\!25$	$0,\!80$	$0,\!10$	$0,\!30$	$0,\!30$	$0,\!50$	$0,\!60$				
Local 3	$0,\!10$	0,30	$2,\!00$	$1,\!25$	$1,\!60$	$0,\!10$	$0,\!30$	$0,\!54$	$0,\!90$	$0,\!60$				

Foram considerados três valores para  $\phi_g$ , 0,7, 0,8 e 0,9, caracterizando a dependência entre os efeitos das mesmas linhagens aplicadas em diferentes locais. Para gerar os delineamentos e, posteriormente, realizar o estudo de simulação foi considerado o mesmo critério utilizado durante a simulação do programa de melhoramento em que se adotou somente a variância genética aditiva. Esse procedimento é consequência do fato de que foi simulado um programa de reprodução que usa indivíduos totalmente consanguíneos (exceto na F1). Sendo assim, assumiu-se apenas variação genética aditiva (Lara et al., 2022). Assim, para este estudo de simulação consideraram-se dois cenários, como descrito na Tabela 3.2. Os valores dos parâmetros de variâncias foram assumidos com base nos trabalhos de Cullis et al. (2006), Crossa et al. (2010), Santos (2017), Sukumaran et al. (2017), Goes (2020) e Sermarini et al. (2020).

No primeiro cenário, a razão entre a variância genética aditiva e a variância residual  $(\sigma_{g_s.}^2/\sigma_{s.}^2)$ dos Locais 1 e 2 são iguais, no Local 3 essa razão é o dobro. No segundo cenário, fixou-se a mesma razão para os três ambientes, sendo igual a 0,6 para avaliar a influência da variância genética aditiva e residual nos valores do ganho genético e na qualidade de seleção do material genético.

Neste estudo, também, foram gerados delineamentos ótimos assumindo-se que os efeitos dos tratamentos (*test lines* e *checks*) são independentes e neste caso, deve-se considerar uma matriz identidade ao invés de considerar a matriz  $\mathbf{A}_{\mathbf{m}}$  de relacionamento. O modelo utilizado para gerar os delineamentos é análogo ao apresentado na Equação 3.1, com as mesmas definições, diferenciando-se apenas na estrutura da matriz de variâncias e covariâncias associada aos efeitos genéticos dentro de cada local. Assim, temos:

$$\mathbf{G}_{\mathbf{g}}(\boldsymbol{\sigma}_{g_s}) = \mathbf{G}_{\mathbf{a}} \otimes \mathbf{I}_{\mathbf{m}} = \begin{bmatrix} \sigma_{g_{s1}}^2 & \phi_g \sigma_{g_{s1}} \sigma_{g_{s2}} & \phi_g \sigma_{g_{s1}} \sigma_{g_{s3}} \\ \phi_g \sigma_{g_{s1}} \sigma_{g_{s2}} & \sigma_{g_{s2}}^2 & \phi_g \sigma_{g_{s2}} \sigma_{g_{s3}} \\ \phi_g \sigma_{g_{s1}} \sigma_{g_{s3}} & \phi_g \sigma_{g_{s2}} \sigma_{g_{s3}} & \sigma_{g_{s3}}^2 \end{bmatrix} \otimes \mathbf{I}_{\mathbf{m}},$$

em que  $\mathbf{I}_m$  é uma matriz identidade de ordem m. Em todos os delineamentos consideraram-se cento e oitenta linhagens do estágio PYT para as *test lines* e até quatro variedades de gerações anteriores aos pais para as *checks*. As *test lines* foram rotuladas de 1 até 180 e, as variedades padrões que foram rotuladas de A até D. As *test lines* que foram replicadas em um ambiente, não foram replicadas em outro (Williams et al., 2011). Dessa forma, as *test lines* que foram replicadas totalizaram no máximo quatro observações quando os três locais foram considerados.

Assim, como em Cullis et al. (2020), foi utilizado o critério A para a obtenção do delineamento. Tal critério de otimização busca um delineamento ótimo que minimiza a média das variâncias das diferenças pareadas (*average variance of pairwise differences* - AVPD) dos efeitos do tratamento, dada por,

$$AVPD = \frac{2}{m-1} \left( tr(\mathbf{C}^{-1}) - \frac{1}{m} \mathbf{1}' \mathbf{C}^{-1} \mathbf{1} \right), \qquad (3.2)$$

em que m é o número de tratamentos, tr() é o traço da matriz, **C** é a matriz de informação dos tratamentos e **1** é um vetor de uns. De acordo com Hooks et al. (2009), ao considerar os efeitos aleatórios dos tratamentos, a matriz **C** é definida da seguinte forma:

$$\mathbf{C} = \mathbf{Z}_{g}'(\mathbf{Z}_{o}\mathbf{G}_{o}(\boldsymbol{\sigma}_{o})\mathbf{Z}_{o}' + \mathbf{R}(\boldsymbol{\phi}))^{-1}\mathbf{Z}_{g} + \mathbf{G}_{g}^{-1}(\boldsymbol{\sigma}_{gs}) - \mathbf{Z}_{g}'(\mathbf{Z}_{o}\mathbf{G}_{o}(\boldsymbol{\sigma}_{o})\mathbf{Z}_{o}' + \mathbf{R}(\boldsymbol{\phi}))^{-1} \\ \mathbf{X}(\mathbf{X}'(\mathbf{Z}_{o}\mathbf{G}_{o}(\boldsymbol{\sigma}_{o})\mathbf{Z}_{o}' + \mathbf{R}(\boldsymbol{\phi}))^{-1}\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'(\mathbf{Z}_{o}\mathbf{G}_{o}(\boldsymbol{\sigma}_{o})\mathbf{Z}_{o}' + \mathbf{R}(\boldsymbol{\phi}))^{-1}\mathbf{Z}_{g}.$$
(3.3)

Mais detalhes sobre essa medida poderão ser consultados Atkinson e Donev (1992), Cullis et al. (2006) e Cullis et al. (2020). Foram considerados 20.000 movimentos para a busca do delineamento. Os delineamentos foram obtidos utilizando os pacotes owd (Butler, 2020) no software R (R Core Team, 2020).

#### 3.2.3 Estudo de simulação e medidas das comparações

#### 3.2.3.1 Simulação dos dados

Após a obtenção dos delineamentos, realizou-se um estudo de simulação para a obtenção dos dados com base no modelo linear misto apresentado na Equação 3.1. Os dados foram simulados para cada uma das caracterizações dos delineamentos obtidos, sendo do tipo *grid-plot* ou *p*-rep. Foi assumido na simulação o mesmo conjunto de parâmetros apresentados na seção 3.2.2, foram considerados efeitos aleatórios de *test lines* e das *checks*. Os efeitos dos locais e dos blocos foram fixos. As possíveis combinações dos vetores simulados resultaram em 1000 vetores para os efeitos aleatórios  $\mathbf{u}_{g}$ ,  $\mathbf{u}_{o}$  e  $\boldsymbol{\epsilon}$ , e a partir de uma distribuição normal padrão, esses vetores foram utilizados em todas as simulações para garantir as mesmas condições para todos os delineamentos. Em seguida, foram transformados de tal modo a serem amostras aleatórias de uma distribuição normal com os respectivos parâmetros de variâncias considerados em cada

um dos cenários. Assim, obteve-se (i) 1000 vetores de tamanho 102 ((24+10)x3) para os efeitos não genéticos de linhas e colunas ( $\mathbf{u}_{o}$ ); (ii) 1000 vetores de tamanho 720 (24x10x3) para o efeito residual e para cada  $\phi_{g}$  obtivemos (iii) 1000 vetores para os efeitos genéticos em cada local ( $\mathbf{u}_{g}$ ) em que o tamanho dependerá do delineamento adotado. Desta forma, irá variar entre 552 à 540. A tripla ( $\mathbf{u}_{o}, \mathbf{u}_{g}, \epsilon$ ) obtida pela transformação foi considerada como os verdadeiros efeitos. Em todos os casos, obteve-se 1000 vetores de respostas simulados para cada um dos delineamentos ótimos obtidos.

#### 3.2.3.2 Modelagem estatística e medidas de comparação dos delineamentos

Ajustou-se, para cada conjunto de dados simulados, um modelo conforme a Equação 3.1, para as análises conjuntas e adicionalmente, foram realizadas análises individuais em cada um dos locais, utilizando o método de estimação da máxima verossimilhança restrita (REML), desenvolvido por Patterson e Thompson (1971). Além disso, os dados obtidos dos delineamentos ótimos gerados considerando a matriz de parentesco no modelo do delineamento, também foram analisados considerando um modelo de análise sem a matriz de relacionando, para verificar a influência da matriz na obtenção do delineamento. Para calcular as medidas de comparação registraran-se os EBLUPs, para cada modelo ajustado. Também foram registradas as estimativas dos componentes de variância e seus respectivos erros padrão.

As medidas de comparação consideradas foram: o Ganho Genético Relativo Percebido (*Realized Relative Genetic Gain* - RRGG) que mede o ganho genético percebido e é obtido a partir do *realized genetic gain* (RGG), como a razão entre a média dos melhores s% EBLUPs e a média dos melhores s% dos verdadeiros efeitos genéticos, em que s% é a porcentagem de seleção, aqui assumido 10%, um valor comumente adotado pelos programas brasileiros de melhoramento de plantas (Sermarini et al., 2020; Goes, 2020).

Seguindo Sermarini et al. (2020), também foram calculadas medidas secundárias (i) a precisão genética (correlação entre os verdadeiros efeitos genéticos e seus EBLUPs) e (ii) sucesso de seleção (probabilidade de seleção das verdadeiras melhores s%= 10% test lines). Para comparar os grupos com os tratamentos (test lines e checks) repetidos e os não repetidos foi utilizada a média da variância das diferenças entre pares de tratamentos, calculadas a partir da matriz de variâncias para previsões, descrita na Equação 3.2. Para obter essas medidas, utilizou-se o pacote **dae** (Brien, 2021b), do software R.

Os estudos de simulação e análises de dados foram realizados no software R (R Core Team, 2020) usando os pacotes od (Butler, 2019) para a obtenção dos delineamentos, dae para obtenção da anatomia do delineamento (Brien, 2021b), ggplot2 (Wickham, 2016) e o asreml-R (Butler, 2021). Uma das vantagens do pacote asreml-R é a capacidade de ajustar modelos lineares mistos eficientes para conjuntos de dados grandes, complexos e desbalanceados, devido ao uso do algoritmo Average Information ( $A_I$ ) e métodos de matriz esparsa para ajustar os modelos. O procedimento usado para obter as estimativas dos parâmetros de variância utilizando o asreml-R é apresentado na Seção 3.2.3.3.

#### 3.2.3.3 Estimação dos parâmetros de variância usando o asreml-R

O método de estimação da máxima verossimilhança restrita é um método alternativo utilizado para realizar inferências sobre os componentes de variâncias nos modelos lineares mistos que foi desenvolvido por Patterson e Thompson (1971). No **asreml** a estimação dos parâmetros envolve dois processos que estão relacionados com a estimação dos efeitos fixos e a predição dos efeitos aleatórios. Desta forma, considerando a Equação 3.1, segue que **y** tem distribuição normal multivariada, assim:

$$\mathbf{y} \sim N(\mathbf{X}\boldsymbol{\tau}, \mathbf{H}),$$

 $\mathrm{em} \ \mathrm{que} \ \mathbf{H} = \mathbf{Z}_{\mathbf{g}} \mathbf{G}(\boldsymbol{\sigma}_{\mathbf{g}_{\mathbf{s}}}) \mathbf{Z}_{\mathbf{g}}^{\mathrm{T}} + \mathbf{Z}_{\mathbf{o}} \mathbf{G}(\boldsymbol{\sigma}_{\mathbf{o}}) \mathbf{Z}_{\mathbf{o}}^{\mathrm{T}} + \mathbf{R}(\boldsymbol{\phi}).$ 

A derivação fornecida a seguir é apresentada em Verbyla (1990) em que  $\mathbf{y}$  é transformado utilizando uma matriz não singular  $\mathbf{L} = [\mathbf{L}_1 \ \mathbf{L}_2]$  tal que

$$\mathbf{L}_1^{\mathrm{T}}\mathbf{X} = \mathbf{I}_{\mathrm{p}}, \ \mathbf{L}_2^{\mathrm{T}}\mathbf{X} = \mathbf{0}$$

Se  $\mathbf{y_j} = \mathbf{L_j^T} \mathbf{y}$ , com j = 1, 2,

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \sim N\left(\begin{bmatrix} \boldsymbol{\tau} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{L}_1^{\mathrm{T}}\mathbf{H}\mathbf{L}_1 & \mathbf{L}_1^{\mathrm{T}}\mathbf{H}\mathbf{L}_2 \\ \mathbf{L}_2^{\mathrm{T}}\mathbf{H}\mathbf{L}_1 & \mathbf{L}_2^{\mathrm{T}}\mathbf{H}\mathbf{L}_2 \end{bmatrix}\right)$$

A distribuição de  $\mathbf{L}^{T}\mathbf{y}$  pode ser dividida em uma distribuição condicional, ou seja,  $\mathbf{y}_{1}|\mathbf{y}_{2}$ , para estimação de  $\boldsymbol{\tau}$ , e uma distribuição marginal baseada em  $\mathbf{y}_{2}$  para estimação de  $\boldsymbol{\sigma}_{g_{s}}, \boldsymbol{\sigma}_{o} \in \boldsymbol{\phi}$ ; Esta última baseia-se na verossimilhança restrita.

A estimação de au, é obtida igualando  $y_1$  à sua probabilidade condicional e, é possível obter

$$\widehat{oldsymbol{ au}} = (\mathbf{X}^{\mathrm{T}}\mathbf{H}^{-1}\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}^{\mathrm{T}}\mathbf{X}^{-1}\mathbf{y}$$

A estimação de  $\boldsymbol{\kappa} = [\boldsymbol{\sigma}_{g_s}^T \ \boldsymbol{\sigma}_o^T \ \boldsymbol{\phi}^T]^T$  é baseada no logaritmo da função de verossimilhança restrita,

$$l_{R} = -\frac{1}{2} [\log(\det \mathbf{L}_{2}^{T} \mathbf{H}^{-1} \mathbf{L}_{2}) + \mathbf{y}_{2}^{T} (\mathbf{L}_{2}^{T} \mathbf{H} \mathbf{L}_{2})^{-1} \mathbf{y}_{2}]$$
  
$$= -\frac{1}{2} [\log(\det \mathbf{X}^{T} \mathbf{H}^{-1} \mathbf{X}) + \log \det \mathbf{H} + \mathbf{y}^{T} \mathbf{P} \mathbf{y}]$$
(3.4)

em que  $\mathbf{P} = \mathbf{H}^{-1} - \mathbf{H}^{-1}\mathbf{X}(\mathbf{X}^T\mathbf{H}^{-1}\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}^T\mathbf{H}^{-1}.$ 

Observe que  $\mathbf{y}^T \mathbf{P} \mathbf{y} = (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\tau})^T \mathbf{H}^{-1} (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\tau})$ . A log-verossimilhança 3.4 depende de  $\mathbf{X}$  e não de uma transformação particular não única definida por  $\mathbf{L}$ .

$$l_R = -\frac{1}{2} [\log(\det \mathbf{C}) + \log(\det \mathbf{R}) + \log(\det \mathbf{G}_{\mathbf{g}}) + \log(\det \mathbf{G}_{\mathbf{o}}) + \mathbf{y}^{\mathrm{T}} \mathbf{P} \mathbf{y}].$$

Escrevemos

$$\mathbf{P} = \mathbf{R}^{-1} - \mathbf{R}^{-1} \mathbf{W} \mathbf{C}^{-1} \mathbf{W}^T \mathbf{R}^{-1},$$

com  $\mathbf{W} = [\mathbf{X} \ \mathbf{Z}_{\mathbf{g}} \ \mathbf{Z}_{\mathbf{o}}]$ . Fazendo  $\boldsymbol{\kappa} = [\boldsymbol{\sigma}_{g_s}^T \ \boldsymbol{\sigma}_o^T \ \boldsymbol{\phi}^T]^T$ , as estimativas REML de  $\kappa_i$  são obtidas calculando a função escore

$$U(\kappa_i) = \frac{\partial L_R}{\partial \kappa_i} = -\frac{1}{2} [\operatorname{tr}(\mathbf{P}\mathbf{H}_i) - \mathbf{y}^{\mathrm{T}}\mathbf{P}\mathbf{H}_i\mathbf{P}\mathbf{y}]$$
(3.5)

igualando-a a zero. Observe que  $\mathbf{H_i} = \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial \kappa_i}.$ 

Os elementos da matriz de informação esperada são:

$$-\frac{\partial^2 L_R}{\partial \kappa_i \partial \kappa_j} = \frac{1}{2} \operatorname{tr}(\mathbf{P}\mathbf{H}_{ij}) - \frac{1}{2} \operatorname{tr}[\mathbf{P}\mathbf{H}_i \mathbf{P}\mathbf{H}_j + \mathbf{y}^{\mathrm{T}} \mathbf{P}\mathbf{H}_i \mathbf{P}\mathbf{H}_j \mathbf{P}\mathbf{y} - \frac{1}{2} \operatorname{tr}(\mathbf{y}^{\mathrm{T}} \mathbf{P}\mathbf{H}_{ij} \mathbf{P}\mathbf{y})]$$
(3.6)

em que  $\mathbf{H}_{ij} = \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial \kappa_i \partial \kappa_j}$ .

Os elementos da matriz de informação esperada são

$$E\left(\frac{\partial^2 L_R}{\partial \kappa_i \partial \kappa_j}\right) = \frac{1}{2} \operatorname{tr}(\mathbf{P}\mathbf{H}_i \mathbf{P}\mathbf{H}_j).$$
(3.7)

Dada uma estimativa inicial  $\kappa^{(0)}$ , uma atualização  $\kappa$ ,  $\kappa^{(1)}$  usando o algoritmo Fisher-score (FS)

é:

$$\boldsymbol{\kappa}^{(1)} = \boldsymbol{\kappa}^{(0)} + \mathbf{I}(\boldsymbol{\kappa}^{(0)}, \boldsymbol{\kappa}^{(0)})^{-1} \mathbf{U}(\boldsymbol{\kappa}^{(0)})$$
(3.8)

em que  $U(\boldsymbol{\kappa}^{(0)})$  é a função escore (3.5) e  $\mathbf{I}(\boldsymbol{\kappa}^{(0)}, \boldsymbol{\kappa}^{(0)})$  é a matriz de informação esperada (3.7) de  $\boldsymbol{\kappa}$  avaliada em  $\boldsymbol{\kappa}^{(0)}$ .

A matriz utilizada pelo algoritmo Average Information denotada por  $\mathbf{I}_{\mathbf{A}}$  é obtida calculando a média (3.6) e (3.7) e aproximando  $\mathbf{y}^{\mathrm{T}}\mathbf{P}\mathbf{H}_{ij}\mathbf{P}\mathbf{y}$  por sua esperança, tr( $\mathbf{P}\mathbf{H}_{ij}$ ) nos casos em que  $\mathbf{P}\mathbf{H}_{ij} \neq 0$ . Para modelos de componentes de variância (isto é, aqueles lineares em relação às variâncias em  $\mathbf{H}$ ), os termos em  $\mathbf{I}_{\mathbf{A}}$  são médias exatas daqueles em (3.6) e (3.7). A ideia básica é usar  $\mathbf{I}_{\mathbf{A}}(\kappa_i,\kappa_j)$  no lugar da matriz de informação esperada em (3.8) para atualizar  $\boldsymbol{\kappa}$ .

Os elementos de  $I_A$  são

$$\mathbf{I}_{\mathbf{A}} = \frac{1}{2} \mathbf{y}^{\mathrm{T}} \mathbf{P} \mathbf{H}_{\mathrm{i}} \mathbf{P} \mathbf{H}_{\mathrm{j}} \mathbf{P} \mathbf{y}.$$

A matriz  $I_A$  é a soma de quadrados residual e matriz de produtos de

$$\mathbf{y} = [\mathbf{y_0}, \mathbf{y_1}, ..., \mathbf{y_n}]$$

em que  $\mathbf{y}_{\mathbf{i}}$  é a variável de 'trabalho' para  $\boldsymbol{\kappa}_i$  e é dada por

$$egin{array}{rcl} \mathbf{y}_{\mathbf{i}} &=& \mathbf{H}_{\mathbf{i}}\mathbf{P}\mathbf{y} \ &=& \mathbf{H}_{\mathbf{i}}\mathbf{R}^{-1} ilde{\mathbf{\epsilon}} \end{array}$$

em que  $\tilde{\boldsymbol{\epsilon}} = \mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\tau}} - \mathbf{Z}_{\mathbf{g}}\tilde{\mathbf{u}}_{q} - \mathbf{Z}_{\mathbf{o}}\tilde{\mathbf{u}}_{o}$ . E  $\hat{\boldsymbol{\tau}}, \tilde{\mathbf{u}}_{q}, e \tilde{\mathbf{u}}_{o}$  são as soluções para os parâmetros.

#### 3.3 Resultados e discussão

Nas Figuras 3.1 e 3.2, são apresentados os croquis para os delineamentos *p*-rep 3 (Tabela 3.1), considerando-se os cenários 1 e 2, indicados na Tabela 3.2, respectivamente. Em ambas as figuras, nos croquis apresentados assumiu-se  $\phi_g = 0,7$  e em (a) tem-se a dependência entre os tratamentos e em (b) independência. De maneira geral, para todos os delineamentos considerados, os tratamentos estão aleatoriamente distribuídos na área experimental e não foram observadas grandes frequências de *test lines* ocupando parcelas vizinhas ou parcelas na fronteira da área experimental, isto é, na região localizada no limite estabelecido pelo bloco e nas bordaduras. No entanto, percebeu-se que quão maiores os parâmetros associados às variâncias genética e residual dentro de cada local, maior concentração de *checks* ocupando parcelas vizinhas, porém melhor é a distribuição das *test lines* na área experimental. No segundo cenário, observou-se um comportamento contrário, quão menores tais parâmetros, maior foi a incidência de *test lines* em parcelas próximas.

	(a)														(8	ı)														
				Loc	al 1										Loc	al 2									Loc	al 3				
В	101	А	34	74	37	83	148	119	35		A	70	В	151	55	72	106	59	84	32	44	A	115	8	164	97	23	90	9	102
96	56	92	176	105	19	24	86	99	118		59	86	152	81	123	25	78	44	67	14	126	125	97	28	88	41	83	21	A	85
73	78	9	53	1	157	65	125	135	42		67	42	60	43	56	55	A	127	В	154	163	92	112	151	121	108	149	65	159	70
13	174	123	70	41	5	180	3	154	A		95	131	72	63	52	159	51	167	135	83	86	101	116	37	93	99	50	82	156	47
165	170	В	77	5	A	133	39	161	63		A	19	88	137	A	56	45	92	118	48	52	54	3	84	128	64	104	22	24	13
21	117	146	109	60	156	В	13	145	15		133	109	107	119	164	91	60	53	64	57	81	83	157	В	178	170	84	18	138	49
15	23	30	A	150	8	142	107	43	147		В	162	41	68	16	39	24	2	166	В	135	90	144	141	111	A	168	107	15	114
44	114	87	131	18	91	172	30	95	47		157	62	176	126	6	36	80	41	121	100	147	77	120	99	160	113	96	В	131	20
115	12	4	55	153	20	29	54	152	18		128	65	37	58	147	А	В	168	163	7	В	58	96	33	79	101	31	167	133	A
25	84	130	51	68	21	1	104	75	163		A	138	73	179	143	150	77	76	50	52	5	85	4	32	75	16	55	117	30	120
A	3	16	67	20	169	14	34	149	В		В	54	64	В	66	90	132	42	46	120	172	136	7	107	91	60	57	140	88	154
29	97	138	72	35	102	6	31	26	88		75	158	122	46	145	61	A	170	22	74	87	166	180	A	104	110	134	91	71	40
71	45	14	11	111	79	85	155	141	A		80	13	149	102	175	153	69	148	8	178	В	12	В	95	162	119	86	115	87	36
39	26	136	17	6	В	160	137	16	38		78	180	96	34	В	71	17	146	112	70	76	73	129	176	123	95	109	A	62	72
106	33	127	64	113	59	A	159	28	40		108	177	45	125	71	43	93	18	65	20	56	105	89	143	171	81	26	42	61	93
22	49	2	66	112	33	173	90	121	120		A	110	47	76	57	68	15	В	124	63	A	124	110	59	10	137	11	179	175	27
A	151	50	98	40	100	12	В	11	62		79	38	117	74	50	31	97	171	30	113	63	38	100	173	34	103	112	19	39	1
10	82	110	69	32	23	2	126	124	108		69	129	9	23	4	66	136	155	165	11	25	106	153	139	68	78	127	В	29	69
89	167	61	28	24	81	164	10	22	58		144	77	26	27	3	134	89	174	156	141	В	114	102	94	174	74	118	14	98	106
В	177	27	38	179	4	128	158	171	48		33	169	160	94	61	114	35	73	104	130	A	80	118	98	169	92	111	148	116	43
132	A	139	19	7	122	162	27	17	103		53	139	49	101	172	58	105	75	161	В	35	117	161	119	108	122	67	105	48	17
37	175	В	8	166	94	140	7	116	32		48	99	10	87	173	116	47	142	A	140	150	66	A	45	165	В	94	100	146	2
52	134	76	В	144	25	129	80	57	В		12	51	98	111	82	62	1	115	79	54	132	177	152	103	130	В	89	155	51	46
168	46	178	31	36	143	A	93	36	9		28	44	5	29	85	49	103	40	21	A	82	142	113	158	109	53	В	145	6	A

Checks não vizinhas 🗌 Test lines e/ou checks vizinhas 📄 Test lines duplicadas (não vizinhas) 🗌 Linhas de teste não duplicadas

(b)

Local 1 Local 2 Local 3 16/ A A В Α В A А В Α В 1/ В Α A A В В A А В Α В В A А В В 

Checks não vizinhas Test lines e/ou checks vizinhas Test lines duplicadas (não vizinhas) Linhas de teste não duplicadas

**Figura 3.1.** Croquis do *p*-rep 3 descrito na Tabela 3.1 para o cenário 1 em que foram considerados p=22%, 140 test lines não duplicadas, 40 test lines duplicadas, 2 checks repetidas 10 vezes para  $\phi_g = 0, 7$ . Em (a) os delineamentos foram gerados considerando a suposição de dependência entre os tratamentos (test lines e checks) em (b) os delineamentos foram gerados considerando os tratamentos independentes.
																(8	1)															
					Loc	al 1										Loc	al 2										Loc	al 3				
																							_									
66	i 1	175	91	3	92	150	97	50	22	A		В	48	24	102	18	16	43	38	34	A		В	11	53	174	A	97	85	В	118	A
A	1	89	107	168	45	В	58	180	A	108		83	47	134	160	165	В	57	63	161	98		110	97	98	13	26	17	141	155	128	82
11	6 !	98	A	10	159	6	34	48	134	В		66	13	108	80	2	64	110	47	152	45		89	42	86	138	105	5	35	88	98	146
1		77	62	128	В	176	120	41	72	135		19	118	120	179	64	89	109	85	39	В		83	9	148	140	20	110	121	106	112	77
103	3	27	112	140	56	59	38	1	87	16		49	75	105	124	10	138	145	104	27	91		49	A	23	154	113	56	29	19	28	93
B		2	96	21	53	54	84	105	28	130		58	107	45	1/6	103	A	1/5	33	31	61		82	112	163	43	150	64	51	1	145	B
10	• •	30 42	100	103	100	04	A 10	00	190	4		167	107	100	30	122	39	5	149 P	109	172		40	143	67	67	109	40	105	130	A 157	10
10	9.	42 20	16	40	123	25	24	40	39	101		107 A	114	141	121	92	42	4	174	84	32		120	90	88	65	171	76	45	4	39	66
25		28	15	24	154	133	20	178	7	36		127	171	90	60	A	75	159	15	77	A		24	95	72	A	100	87	101	99	50	B
34		23	36	65	39	3	82	15	35	144		143	77	67	95	144	60	164	23	119	41		36	118	61	149	137	134	107	103	109	161
78	1	177	6	9	137	75	155	110	29	27		43	9	128	88	68	69	147	81	136	55		150	34	177	111	114	108	48	117	83	2
13	6 1	80	32	152	30	106	147	102	171	47		42	154	55	180	37	72	14	132	В	113		115	167	133	99	144	94	122	38	25	180
A		5	31	60	174	51	23	83	32	43		25	В	73	62	142	59	68	150	87	A		103	175	70	119	55	84	124	168	153	75
4	;	33	26	86	73	11	158	31	В	146		8	94	148	79	41	22	86	46	65	6		6	59	152	94	130	92	89	114	68	41
13	1 :	35	49	151	8	149	179	В	143	A		122	137	130	65	146	153	30	112	80	52		44	85	8	69	В	151	164	126	91	136
88	1	157	76	В	99	21	156	121	5	8		74	44	35	78	7	12	82	79	21	126		10	74	78	166	106	176	123	80	131	В
52	2	В	11	14	46	129	13	61	64	71		72	133	155	63	50	117	53	66	93	115		В	108	109	93	107	113	В	105	129	116
18	1	160	A	169	127	37	164	167	68	33		76	151	125	59	26	44	156	3	74	78		127	101	91	A	37	71	63	73	102	58
13	8	19	7	44	145	93	18	2	111	14		A	157	54	53	131	73	166	135	56	20		172	117	116	27	102	115	16	139	156	Α
A	1	142	124	115	22	104	172	74	57	17		106	116	56	168	A	162	54	48	A	97		В	52	162	160	87	81	86	A	32	21
13	1	85	81	29	122	67	170	162	55	В		172	96	69	52	178	51	101	67	50	76		22	47	92	81	60	96	142	132	33	147
37		12	70	53	126	119	9	141	30	26		A	158	29	51	71	70	170	В	140	40		84	173	96	A	62	120	119	30	179	79
17		69	118	В	79	114	100	A	95	12		11	В	70	57	В	28	163	139	49	71	ļ	178	54	169	135	7	90	170	31	111	95
						Check	s não	vizinh	as	Tes	t lines	e/ou c	hecks	s vizin	has (	Te (1	est line	es duj	olicada	as (nã	o vizir	nhas)	<u> </u>	inhas	de tes	te não	o dupli	icadas	5			
<b></b>					Loc	Check	s não	vizinh	as	Tes	t lines	e/ou c	hecks	s vizin	has (	Te (1	est line D) cal 2	es duj	olicada	as (nã	o vizir	nhas)	<u> </u>	inhas	de tes	te não	o dupli	icadas cal 3	5			
					Loc	Check	s não	vizinh	as	Tes	t lines	e/ou c	hecks	s vizin	has (	Te (1	est line D) al 2	es duj	olicada	as (nã	o vizir	nhas)		inhas	de tes	te não	o dupli	icadas cal 3	;			
73	8	29	144	39	Loc	Check cal 1	s não	vizinh	as	Tes	t lines	e/ou c	hecks	s vizin	has [	Te (1 Loc	est line	<b>es duj</b>	123	as (nã	o vizir	nhas)	Li	inhas 94	de tes	te não	o dupli Loc	icadas al 3	61	56	4	В
73	8 2	29	144 B	<u>39</u> 168	Loc 151	Check cal 1	s não B 96	<b>vizinh</b> 89 39	<b>as</b> 177 25	B 119	t lines	e/ou c	12 B	153 52	has	Te (h Loc 41	est line ) al 2 <sup>52</sup> <sup>105</sup>	es duj	123 54	as (nã	B 124	nhas)	Li 12 109	94 131	40 14	28 41	66 33	icadas al 3	61 117	56 97	4 25	B 93
73 2 12	i 1 1	29 143 51	144 B 25	39 168 124	Loc 151 6	Check cal 1	<b>B</b> 96 93	89 39 23	<b>as</b> 177 25 90	B 119 A	t lines	e/ou c	12 95	153 52 42	has ( 139 162 92	Te ( k Loc 41 136	<b>est line () () () () () () () ()</b>	107 73 45	123 54 36	119 163	B 124 16	nhas)	12 109 134	94 131 6	40 14 126	28 41 58	666 33 95	icadas cal 3 176 B 172	61 117 81	56 97 96	4 25 9	B 93 109
73 2 12 38		29 143 51 23	144 B 25 164	39 168 124 28	Loc A 151 6 163	Check	B 96 93 148	89 39 23 8	as 1777 255 900 3	B 119 A 20	t lines	A 148 87 57	12 95 90	153 52 42 67	has ( 139 162 92 128	Te ( I: Loc 41 136 135 A	est line ) al 2 52 105 81 3	107 73 45 134	123 54 60	119 163 29	<b>B</b> 124 16 37	hhas)	12 109 134 27	94 131 6 115	40 14 126 167	28 41 58 43	666 33 95 8	icadas cal 3 176 8 172 46	61 117 81 174	56 97 96 128	4 25 9 95	B 93 109 62
73 2 12 38 133	1 1 5 1	29 143 51 23	144 B 25 164 40	39 168 124 28 134	Loc A 151 6 163 19	Check	B 96 93 148 33	89 39 23 8 155	as 177 25 90 3 38	B 119 A 20 85	t lines	A 148 87 57 76	12 95 90 169	153 52 42 40	has ( 139 162 92 128 51	Te (k Loc 41 136 135 A 60	<ul> <li>set line</li> <li>)</li> <li>al 2</li> <li>52</li> <li>105</li> <li>81</li> <li>3</li> <li>47</li> </ul>	107 73 45 134 97	123 54 36 60 48	119 163 29 132	B 124 16 37 B	nhas)	12 109 134 27 87	94 131 6 115 17	40 14 126 167 32	28 41 58 43 101	666 33 95 8 168	icadas al 3 176 B 172 46 153	61 117 81 174 137	56 97 96 128 53	4 25 9 <b>95</b> 121	B 93 109 62 78
73 2 12 38 133 8	1 1 2 5 1	29 143 51 23 166	144 B 25 164 40 128	39 168 124 28 134 74	Loc A 151 6 163 19 158	Check	B 96 93 148 33 17	89 39 23 8 155 99	177 25 90 3 38 57	B 119 A 20 85 4	t lines	<b>A</b> 148 87 57 76 79	12 12 90 169 A	153 52 42 67 40 44	has [ 139 162 92 128 51 48	Te ( ] Loc 41 136 135 A 60 23	<ul> <li>Est line</li> <li>al 2</li> <li>52</li> <li>105</li> <li>81</li> <li>3</li> <li>47</li> <li>17</li> </ul>	107 73 45 134 97 5	123 54 36 60 48 59	119 18 163 29 132 4	B 124 16 37 B 160	hhas)	12 109 134 27 87 161	94 131 6 115 17 106	40 14 126 167 32 104	28 41 58 43 101 75	66 33 95 8 168 93	icadas al 3 176 8 172 46 153 145	61 117 81 137 35	56 97 96 128 53 19	4 25 9 95 121 170	B 93 109 62 78 84
73 2 12 38 13 13 17/1	1 1 2 3 5 5 1 1 0	29 143 51 23 166 172 3	144 B 25 164 40 128 100	39 168 124 28 134 74 86	Loc 151 6 163 19 158 129	Check cal 1 19 18 108 83 126 147	B 96 93 148 33 17 12	89 39 23 8 155 99 22	as 1777 255 90 3 38 577 322	B 119 A 20 85 4 14	t lines	e/ou c A 148 87 57 76 79 74	12 12 12 95 90 169 A 26	153 52 42 67 40 44 2	has	Te (h Loc 41 136 135 A 60 23 20	<ul> <li>Set line</li> <li>Set line&lt;</li></ul>	107 73 45 134 97 5 22	123 54 36 60 48 59 96	119 38 163 29 132 4 89	B 124 16 37 B 160 113	hhas)	12 109 134 27 87 161 67	94 131 6 115 17 106 140	40 14 126 167 32 104 86	28 41 58 43 101 75 11	666 33 95 8 168 93 65	icadas al 3 176 B 172 46 153 145 136	61 117 81 174 137 35 158	56 97 96 128 53 19 88	4 25 9 95 121 170 175	B 93 109 62 78 84 72
73 2 12 388 138 138 170 122	i 2 1 2 5 1 1 1 0 7	29 143 51 23 166 172 3 A	144 B 255 164 40 128 100 150	39 168 124 28 134 74 86 95	Loc A 151 6 163 19 158 129 32	Check cal 1 19 18 108 83 126 147 53	B 96 93 148 33 17 12 111	89 39 23 8 155 99 22 13	as 1777 255 900 3 388 577 322 400	B 119 A 20 85 4 14 82	t lines	A 148 87 57 76 79 74 32	12 B 95 90 169 A 26 140	153 52 42 67 40 44 2 144	has     139   162   92   128   51   48   86   73	Te ( ) Loc 41 135 A 60 23 20 121	<ul> <li>Set line</li> <li>Set line&lt;</li></ul>	107 73 45 134 97 5 22 74	123 54 36 60 48 59 96 94	119 38 163 29 132 4 89 61	B 124 160 113 9	nhas)	12 109 134 27 87 161 67 15	94 131 6 115 17 106 140 90	40 14 126 167 32 104 86 59	28 41 58 43 101 75 11 44	66 33 95 8 168 93 65 42	icadas al 3 176 B 172 46 153 145 136 1	61 117 174 137 35 158 18	56 97 96 128 53 19 88 26	4 25 9 95 121 170 175 110	B 93 109 62 78 84 72 50
73 2 12 38 13:1 17/1 12: 50	Image:	29 143 51 23 166 172 3 A 104	144 B 255 164 128 100 150 55	39 168 124 28 134 74 86 95 178	Loc A 151 163 19 158 129 32 79	Check	B 96 93 148 33 17 12 111 107	89 39 23 8 155 99 22 13 44	as 1777 255 900 3 388 577 322 400 777	B 119 A 20 85 4 14 82 15	t lines	<ul> <li>A</li> <li>148</li> <li>87</li> <li>57</li> <li>76</li> <li>79</li> <li>74</li> <li>32</li> <li>11</li> </ul>	12 B 95 90 169 A 26 140 64	153 52 42 67 40 44 2 144 28	has [ 139 162 92 128 51 48 86 73 127	Te ( ) Loc 41 136 135 A 60 23 20 121 8	<ul> <li>set line</li> <li>)</li> <li>al 2</li> <li>52</li> <li>105</li> <li>81</li> <li>3</li> <li>47</li> <li>17</li> <li>152</li> <li>43</li> <li>147</li> </ul>	107 73 45 134 97 5 22 74 77	123 54 36 60 48 59 96 94 85	119 38 163 29 132 4 89 61 167	B 124 16 37 B 160 113 9 79	nhas)	12 109 134 27 87 161 67 15 74	94 131 6 115 17 106 140 90 133	40 14 126 167 32 104 86 59 23	28 41 58 43 101 75 11 44 85	66 33 95 8 168 93 65 42 51	icadas al 3 176 8 172 46 153 145 136 1 104	61 117 81 174 137 35 158 18 18 112	56 97 96 128 53 19 88 26 B	4 25 9 95 121 170 175 110 90	B 93 109 62 78 84 72 50 116
73 2 12 38 13:1 13:1 17:1 12:2 50 27	3 2 1 2 2 3 1 2 2 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	29 143 51 23 166 172 3 A 104 175	144 B 25 164 40 128 100 150 55 46	39 168 124 28 134 74 86 95 178 103	Loc A 151 6 163 19 158 129 32 79 32	Check	B 96 93 148 33 17 12 111 107 75	89 39 23 8 155 99 22 13 44 8	as 1777 255 900 3 388 577 322 400 777 109	B 119 A 20 85 4 14 82 15 A	t lines	e/ou c A 148 87 57 76 79 74 32 11 75	12 B 95 90 169 A 26 140 64 54	153 52 42 67 40 44 2 144 28 93	has 139 162 92 128 51 48 86 73 127 177	Te ( H Loc 41 136 135 A 60 23 20 121 8 A	<ul> <li>set line</li> <li>al 2</li> <li>52</li> <li>105</li> <li>81</li> <li>3</li> <li>47</li> <li>17</li> <li>152</li> <li>43</li> <li>147</li> <li>31</li> </ul>	107 73 45 134 97 5 22 74 77 56	123 54 36 60 48 59 96 94 85 21	119 38 163 29 132 4 89 61 167 78	B 124 160 113 9 79 51	hhas)	12 109 134 27 87 161 67 15 74 63	94 131 6 115 17 106 140 90 133 127	40 14 126 167 32 104 86 59 23 123	28 41 58 43 101 75 11 44 85 34	66 33 95 8 168 93 65 42 51 45	icadas al 3 176 B 172 46 153 145 136 1 104 100	61 117 81 174 137 158 18 18 112 52	56 97 96 128 53 19 88 26 8 180	4 25 9 95 121 170 175 110 90 99	B         93           109         62           78         84           72         50           116         60
73 2 12 38 133 133 133 133 137 127 50 50 27 7 48	I         1           I         1           I         1           I         1           I         1           I         1           I         1           I         1           I         1           I         1           I         1           I         1           I         1	29 143 51 166 172 3 A 104 175 171	144 B 25 164 40 128 100 150 55 46 A	39 168 124 28 134 74 86 95 178 103 131	Loc A 151 163 19 158 129 32 79 32 79 5 142	Check	B 96 93 148 33 17 12 111 107 75 167	89 39 23 8 155 99 22 13 44 8 161	as 1777 255 900 3 3 388 557 322 400 777 1099 91	B 119 A 20 85 4 14 82 15 A 65	t lines	A 148 87 57 76 79 74 32 11 75 47	12 B 95 90 169 A 26 140 64 54 68	153 52 42 67 40 44 2 144 28 93 180	has 139 162 92 128 51 48 86 73 127 177 166	Te ( k Loc 41 136 135 A 60 23 20 121 8 A 179	<ul> <li>Set line</li> <li>Set line <li>Set line</li> <li>Set line <li>Set line</li> <li>Set line <li>Set line</li> <li>Set line<td>107 73 45 134 97 5 22 74 77 56 176</td><td>123 54 36 60 48 59 96 94 85 21 13</td><td>119 38 163 29 132 4 89 61 167 78 118</td><td>B 124 16 37 B 160 113 9 79 51 117</td><td>nhas)</td><td>12 109 134 27 87 161 67 15 74 63 150</td><td>94 131 6 115 17 106 140 90 133 127 141</td><td>40 14 125 167 32 104 86 59 23 123 49</td><td>28 41 58 43 101 75 11 44 85 34 112</td><td>66 33 95 8 168 93 65 42 51 45 113</td><td>icadas al 3 176 8 172 46 153 145 136 1 104 100 106</td><td>61 117 81 174 137 35 158 18 112 52 57</td><td>56 97 96 128 53 19 88 26 8 180 103</td><td>4 25 9 95 121 170 175 110 90 99 99</td><td>B 93 109 62 78 84 72 50 116 60 87</td></li></li></li></li></ul>	107 73 45 134 97 5 22 74 77 56 176	123 54 36 60 48 59 96 94 85 21 13	119 38 163 29 132 4 89 61 167 78 118	B 124 16 37 B 160 113 9 79 51 117	nhas)	12 109 134 27 87 161 67 15 74 63 150	94 131 6 115 17 106 140 90 133 127 141	40 14 125 167 32 104 86 59 23 123 49	28 41 58 43 101 75 11 44 85 34 112	66 33 95 8 168 93 65 42 51 45 113	icadas al 3 176 8 172 46 153 145 136 1 104 100 106	61 117 81 174 137 35 158 18 112 52 57	56 97 96 128 53 19 88 26 8 180 103	4 25 9 95 121 170 175 110 90 99 99	B 93 109 62 78 84 72 50 116 60 87
73 2 12 38 38 13:41 12:12 50 27 7 48 48 177	i     1       !     !       i     1       i     1       i     1       i     1       i     1       i     1       i     1       i     1       i     1	29 143 51 23 166 172 3 A 104 175 171 120	144 B 255 164 400 128 100 150 55 46 A 149	39 168 124 28 134 74 86 95 178 103 131 7	Loc A 151 6 163 19 158 129 32 79 5 142 80	Check cal 1 19 18 108 83 126 147 53 140 118 28 72	B 96 93 148 33 17 12 111 107 75 167 58	89 39 23 8 155 99 22 13 44 8 161 43	as 1777 255 900 3 388 577 322 400 777 1009 911 9 9	B 1119 A 200 855 4 114 82 115 A 655 2	t lines	e/ou c A 148 87 57 76 79 74 32 11 75 47 B	12 B 95 90 169 A 26 140 64 54 68 24	153 52 42 67 40 44 2 144 28 93 180 112	has [ 139 162 92 128 51 48 86 73 127 177 166 72	Te ( ) Loc 135 A 60 23 20 121 8 A 179 45	<ul> <li>Set line</li> <li>Set line <li>Set line</li> <li>Set line <li>Set line</li> <li>Set line <li>Set line</li> <li>Set line<td>107 73 45 134 97 5 22 74 77 56 176 7</td><td>123 54 36 60 48 59 96 94 85 21 13 69</td><td>119 38 163 29 132 4 89 61 167 78 118 44</td><td>B 124 160 113 9 79 51 117 25</td><td>hhas)</td><td>12 109 134 27 87 161 67 15 74 63 150 8</td><td>94 131 6 115 17 106 140 90 133 127 141 69</td><td>40 14 126 167 32 104 86 59 23 123 49 162</td><td>28 41 58 43 101 75 11 44 85 34 112 147</td><td>66 33 95 8 168 93 65 42 51 45 113 79</td><td>icadas al 3 176 B 172 46 153 145 136 1 104 100 106 120</td><td>61 117 81 174 137 35 158 18 112 52 57 115</td><td>56 97 96 128 53 19 88 26 8 180 103 71</td><td>4 25 9 95 121 170 175 110 90 99 94 119</td><td>B 93 109 62 78 84 72 50 116 60 87 87 A</td></li></li></li></li></ul>	107 73 45 134 97 5 22 74 77 56 176 7	123 54 36 60 48 59 96 94 85 21 13 69	119 38 163 29 132 4 89 61 167 78 118 44	B 124 160 113 9 79 51 117 25	hhas)	12 109 134 27 87 161 67 15 74 63 150 8	94 131 6 115 17 106 140 90 133 127 141 69	40 14 126 167 32 104 86 59 23 123 49 162	28 41 58 43 101 75 11 44 85 34 112 147	66 33 95 8 168 93 65 42 51 45 113 79	icadas al 3 176 B 172 46 153 145 136 1 104 100 106 120	61 117 81 174 137 35 158 18 112 52 57 115	56 97 96 128 53 19 88 26 8 180 103 71	4 25 9 95 121 170 175 110 90 99 94 119	B 93 109 62 78 84 72 50 116 60 87 87 A
73 2 12 38 8 13 13 13 13 13 13 17 17 12 2 50 27 7 27 48 49 17 73 55	i 1 1 2 2 5 1 1 5 1 1 0 7 7 1 1 1 3 1 1 3 1	29 143 51 23 166 172 3 A 104 175 171 120 33	144 B 25 164 40 128 100 150 55 46 A 149 160	39           168           124           28           134           74           86           95           178           103           131           7           20	Loc Loc 163 19 158 129 32 79 5 142 80 67	Check	8 não 96 93 148 33 17 12 111 107 75 167 58 179	89 39 23 8 155 99 22 13 44 8 161 43 5	as 1777 255 900 3 38 577 322 400 777 109 91 9 1 1	B           1119           A           200           85           4           114           82           115           A           655           2           54	t lines	A 148 87 57 76 79 74 32 11 75 47 B 77	12 B 95 90 169 A 26 140 64 54 68 24 157	153 52 42 67 40 44 28 93 180 112 106	has   139 162 92 128 51 48 86 73 127 177 166 72 15	Te () Loc 41 135 135 A 60 23 20 121 8 A 179 45 39	<ul> <li>Set line</li> <li>al 2</li> <li>52</li> <li>105</li> <li>81</li> <li>3</li> <li>47</li> <li>17</li> <li>152</li> <li>43</li> <li>147</li> <li>31</li> <li>125</li> <li>158</li> <li>150</li> </ul>	107 73 45 134 97 5 22 74 77 56 176 7 10	123 54 36 60 48 59 96 94 85 21 13 69 19	119 38 163 29 132 4 89 61 167 78 118 44 80	B 124 16 37 B 160 113 9 79 51 117 25 <b>A</b>	nhas)	12 109 134 27 87 161 67 15 74 63 150 8 164	94 131 6 115 17 106 140 90 133 127 141 69 125	40 14 126 167 32 104 86 59 23 123 49 162 118	28 41 58 43 101 75 11 44 85 34 112 147 119	666 33 95 8 168 93 65 42 51 45 113 79 54	icadas al 3 176 B 172 46 153 145 138 1 104 100 106 120 178	61 117 81 174 137 35 158 18 112 52 57 7 115 68	56 97 96 128 53 19 88 26 8 8 180 103 71 4	4 25 9 95 121 170 175 110 90 99 94 119 73	B           93           109           62           78           84           72           50           116           60           87           A           13
73 2 12 38 8 13 13 13 13 13 13 13 14 27 77 48 8 55 55 14	3     2       1     1       2     2       3     1       3     1       3     1       3     1       3     1	29 143 51 23 166 172 3 A 104 175 171 120 33 105	144 B 25 164 40 128 100 150 55 46 A 149 160 16	39           168           124           28           134           74           86           95           178           103           131           7           20           17	Loc A 151 6 163 19 158 129 32 79 5 142 80 67 8	Check cal 1 19 18 108 83 126 147 53 140 118 28 72 76 116	B 96 93 148 33 17 12 111 107 75 167 58 179 156	89 39 23 8 155 99 22 13 44 8 161 43 5 69	as 1777 255 900 3 38 577 322 400 777 109 91 91 91 91 97 109	B           119           A           20           85           4           14           82           15           A           65           2           54           35	t lines	e/ou c A 148 87 57 76 79 74 32 111 75 47 8 77 138	12 B 95 90 169 A 26 140 64 54 68 24 157 120	153 52 42 67 40 44 2 144 28 93 180 112 106 6	has 139 162 92 128 51 48 86 73 127 177 166 72 15 78	Te (1) Loc 41 136 135 A 60 23 20 121 8 A 179 45 39 50	<ul> <li>Set line</li> <li>Set line <li>Set line</li> <li>Set line <li>Set line</li> <li>Set line <li>Set line</li> <li>Set line<td>107 73 45 134 97 5 22 74 77 56 176 7 10 133</td><td>123 54 36 60 48 59 96 94 85 21 13 69 19 88</td><td>119 38 163 29 132 4 89 61 167 78 118 44 80 110</td><td>B 124 16 37 B 160 113 9 79 51 117 25 A A</td><td>hhas)</td><td>12 109 134 27 87 161 67 15 74 63 150 8 164 A</td><td>94 131 6 115 17 106 133 127 141 69 125 152</td><td>40 14 126 167 32 104 86 59 23 123 49 162 118 70</td><td>28 41 58 43 101 75 11 44 85 34 112 147 119 105</td><td>Contemporation of the second s</td><td>icadas al 3 176 B 172 46 153 145 136 1 104 100 106 120 178 135</td><td>61 117 81 174 137 35 158 18 112 52 57 115 68 144</td><td>56 97 96 128 53 19 88 26 8 180 103 71 4 118</td><td>4 25 9 95 121 170 175 110 90 99 94 119 73 8</td><td>B         93           939         62           78         84           72         50           1116         60           67         A           13         38</td></li></li></li></li></ul>	107 73 45 134 97 5 22 74 77 56 176 7 10 133	123 54 36 60 48 59 96 94 85 21 13 69 19 88	119 38 163 29 132 4 89 61 167 78 118 44 80 110	B 124 16 37 B 160 113 9 79 51 117 25 A A	hhas)	12 109 134 27 87 161 67 15 74 63 150 8 164 A	94 131 6 115 17 106 133 127 141 69 125 152	40 14 126 167 32 104 86 59 23 123 49 162 118 70	28 41 58 43 101 75 11 44 85 34 112 147 119 105	Contemporation of the second s	icadas al 3 176 B 172 46 153 145 136 1 104 100 106 120 178 135	61 117 81 174 137 35 158 18 112 52 57 115 68 144	56 97 96 128 53 19 88 26 8 180 103 71 4 118	4 25 9 95 121 170 175 110 90 99 94 119 73 8	B         93           939         62           78         84           72         50           1116         60           67         A           13         38
73 2 12 388 133 133 133 133 133 133 133 133 27 27 250 27 27 48 35 55 14 4 7	3         2           1         1           1         2           5         1           5         1           0         1           7         1           1         1           3         1           5         2           4         1           5         2           6         2           7         1           1         1           3         1           5         2           4         1	29 143 51 23 166 172 3 A 104 175 171 120 33 105 24	144           B           25           164           40           128           100           150           55           46           A           149           160           139	39 168 124 28 134 74 86 95 178 103 131 77 20 17 145	Loc A 151 6 163 19 158 129 32 79 5 142 80 67 8 B	Check	B 96 93 148 33 17 12 111 107 75 167 58 179 156 56	89 39 23 8 155 99 22 13 44 8 161 43 5 69 8	as 1777 255 900 33 338 577 322 400 777 109 91 91 91 91 91 97 4 0 77	B 119 A 20 85 4 14 82 15 A 65 2 54 35 81	t lines	A 148 87 57 76 79 74 32 11 75 47 B 77 138 66	12 B 95 90 169 A 26 140 64 54 68 24 157 120 65	153 52 42 67 40 44 28 93 180 112 106 6 98	139           162           92           128           51           48           86           73           127           177           166           72           15           78           116	Te (1) 136 135 A 60 23 20 121 8 A 179 45 39 50 131	est line 52 105 81 3 47 17 152 43 147 31 125 158 150 143 A	107 73 45 134 97 5 22 74 77 56 176 77 10 133 137	123 54 36 60 48 59 96 94 85 21 13 69 19 88 149	119 38 163 29 132 4 89 61 167 78 118 44 80 110 27	8 124 16 37 8 160 113 9 79 51 117 25 A A 171	hhas)	12 109 134 27 87 161 67 15 74 63 150 8 164 A 36	94 131 6 115 17 106 140 90 133 127 141 69 125 152 103	de tes 40 14 126 167 32 104 86 59 23 123 49 162 118 70 89	28 41 58 43 101 75 11 44 85 34 112 147 119 105 173	Ecc Ecc Ecc Ecc Ecc Ecc Ecc Ecc	icadas al 3 176 B 172 46 153 145 138 1 104 100 106 120 178 135 111	61 117 81 174 137 35 158 18 112 52 57 115 68 144 113	56 97 96 128 53 19 88 26 B 180 103 71 A 118 169	4 25 9 95 121 170 175 110 90 99 94 119 73 8 142	B         93           939         109           62         78           84         72           50         116           60         87           A         13           38         16
73 2 12 38 13/1 13/1 12/2 50 277 48 177/1 2 50 277 48 17/1 17/2 50 27 7 16/1 16/1	i     2       i     1       i     2       i     1       i     1       i     1       i     1       i     1       i     1       i     1       i     1       i     1       i     1       i     1       i     1       i     1       i     1       i     1       i     1       i     1       i     1	29 143 51 23 166 172 3 A 104 175 171 120 33 105 24 A	144 B 25 164 40 128 100 150 55 46 A 149 160 16 139 132	39 168 124 28 134 74 86 95 178 103 131 7 7 20 17 145 22	Loc A 151 6 163 19 158 129 32 79 5 142 80 67 8 8 137	Check	8 não 96 93 148 33 17 12 111 107 75 167 58 179 156 56 121	89 39 23 8 155 99 22 13 44 8 161 43 5 69 8 26	as 1777 255 90 3 3 3 8 577 32 40 777 109 91 9 1 97 1 97 A 1776	B 119 A 20 85 4 14 82 15 A 65 2 54 35 81 98	t lines	<ul> <li>A</li> <li>148</li> <li>87</li> <li>57</li> <li>76</li> <li>79</li> <li>74</li> <li>32</li> <li>11</li> <li>75</li> <li>47</li> <li>B</li> <li>77</li> <li>138</li> <li>66</li> <li>B</li> </ul>	12 B 95 90 169 A 26 140 64 54 68 24 157 120 65 108	153 52 42 67 40 44 2 144 28 93 180 112 106 6 98 100	has 139 162 92 128 51 48 86 73 127 177 166 72 15 78 116 70	Te () Loc 41 136 135 A 60 23 20 121 8 A 179 45 39 50 131 82	<ul> <li>al 2</li> <li>52</li> <li>105</li> <li>81</li> <li>3</li> <li>47</li> <li>17</li> <li>152</li> <li>43</li> <li>147</li> <li>31</li> <li>125</li> <li>158</li> <li>150</li> <li>143</li> <li>A</li> <li>66</li> </ul>	107 73 45 134 97 5 22 74 77 56 176 7 10 133 137 71	123 54 36 60 48 59 96 94 85 21 13 69 19 88 149 42	119 38 163 29 132 4 89 61 167 78 118 44 80 110 27 72	B 124 16 37 B 160 113 9 79 51 117 25 A A 171 64	nhas)	12 109 134 27 <b>87</b> 161 67 15 74 63 150 8 164 <b>A</b> 36 5	94 131 6 115 17 106 140 90 133 127 141 69 125 152 103 84	40 14 125 167 32 104 86 59 23 123 49 162 118 70 89 171	28 41 58 43 101 75 11 44 85 34 112 147 119 105 173 31	Loc 66 33 95 8 168 93 65 42 51 45 113 79 54 114 156 82	icadas 2176 B 172 46 153 145 136 1 104 100 106 120 178 135 111 91	61 117 81 174 137 35 158 18 112 52 57 115 68 144 113 77	56 97 96 128 53 19 88 26 8 8 8 8 26 8 180 103 71 18 169 A	4 25 9 95 121 170 175 110 90 99 94 119 73 8 142 83	B           93           109           62           78           84           72           50           60           87           116           60           87           13           38           16           47

Checks não vizinhas 🗌 Test lines e/ou checks vizinhas 📄 Test lines duplicadas (não vizinhas) 🗌 Linhas de teste não duplicadas

102 142 75 130 33

172 34

129 A

102 139

108 A 148

132 21

В

178 164

168 126

122 68 59

78 106 61

**Figura 3.2.** Croquis do *p*-rep 3 descrito na Tabela 3.1 para o cenário 2 em que foram considerados p=22%, 140 test lines não duplicadas, 40 test lines duplicadas, 2 checks repetidas 10 vezes para  $\phi_g = 0, 7$ . Em (a) os delineamentos foram gerados considerando a suposição de dependência entre os tratamentos (test lines e checks) em (b) os delineamentos foram gerados considerando os tratamentos independentes.

As Figuras 3.3 a 3.5 apresentam os resultados obtidos do estudo de simulação das médias e dos desvios padrão das medidas do RRGG, da precisão genética e do sucesso da seleção da análise conjunta e individual dos locais para os delineamentos ótimos obtidos considerando as suposições de dependência ou independência entre os tratamentos para o primeiro e segundo cenários, respectivamente. Além disso, também são apresentados os resultados das medidas utilizadas quando não é considerada a matriz de relacionamento no modelo de análise. Note que, graficamente em termos de média, as suposições com relação à obtenção dos delineamentos pouco interferem nos resultados apresentados. Em relação à comparação entre os delineamentos (i) os maiores resultados encontrados para o ganho genético, precisão genética e o sucesso de seleção no primeiro cenário e no segundo cenário foram obtidos com mais frequência para o p-rep5 no Local 3, sendo: 0,95, 0,92, 72%, 0,91, 0,88 e 66% no segundo, respectivamente. As Figuras A.9-A.14 (localizadas no Apêndice) apresentam as porcentagens da superioridade de cada um dos delineamentos, considerando todas as medidas de comparação e em ambos os cenários e constatou-se que em todos os casos (locais, análises individual e conjunta e cenários): (ii) o delineamento grid-plot apresentou as menores porcentagens de superioridade em relação ao delineamento p-rep e o delineamento p-rep 5 apresentou as maiores porcentagens de superioridade; (iii) quanto maior a razão entre variância genética e residual dentro dos locais, menor é a porcentagem de superioridade do grid-plot em relação a qualquer delineamento p-rep; (iv) quando p=22% percebe-se que mesmo apresentando diferentes quantidades de ckecks e diferentes números de repetição, não há um comportamento padrão relacionado à superioridade do delineamento p-rep. Cullis et al. (2006), Santos (2017), Goes (2020) e Hoefler et al. (2020), também, observaram a superioridade do p-rep em relação ao grid-plot.

Ainda em relação às Figuras 3.3 a 3.5, para os valores atribuídos aos parâmetros de variâncias associados aos efeitos genéticos e residuais, observou-se que: (i) quanto maiores são os valores atribuídos a esses parâmetros, maiores são os resultados obtidos para as medidas de comparação; (ii) quanto maior a razão entre variância genética e residual dentro dos locais (cenário 1) maiores são os resultados obtidos para as medidas utilizadas, sendo observados os maiores resultados no Local 3; (iii) quando as razões das variâncias genéticas e residuais são iguais (cenário 2), os locais tendem a apresentar resultados próximos.

Percebeu-se que em relação ao primeiro cenário, os Locais 2 e 3 para os quais foram fixados valores iguais para todos os parâmetros de variância, exceto para o parâmetro associado à variância genética, quanto maior é esta variância, maiores são as medidas de comparação. Outros estudos também observaram resultados análogos (Cullis et al., 2006; Santos, 2017; Goes, 2020; Sermarini et al., 2020). No cenário 2, consideraram-se diferentes valores para às variâncias genéticas e residuais dos locais, porém, a mesma razão entre estas variâncias. Neste caso, observou-se que os valores das medidas de comparação são próximos em todos os locais. Dessa forma, percebe-se que o ganho genético, precisão genética e o sucesso de seleção são afetados pela variância genética de forma mais evidente se os valores dos outros parâmetros são iguais. Porém, deve-se considerar que, neste cenário, todas às variâncias residuais dos locais foram maiores do que às variâncias genéticas e estudos revelam que esta característica pode afetar o ganho genético.

Cruz Neto et al. (2016) observaram em estudos realizados com maracujá que nos casos em que a variância genética é menor do que residual, a herdabilidade tende a apresentar baixos resultados ocasionando menores ganhos genéticos. de Oliveira et al. (2015) observaram em uma população de seringueira, a predominância da variância genética sobre a residual indicando alta variabilidade genética o que resulta em altos ganhos genético. Santos (2017) analisou 21 experimentos de cana-de-açúcar fornecidos pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC - Empresa Brasileira de Cana-de-Açúcar) e destacou que quando a variância genética é maior que a variância residual, há uma melhor seleção das *test lines*. Diante do exposto, observa-se que os resultados encontrados neste estudo corroboram com outros disponíveis na literatura.



Figura 3.3. Média  $\pm$  desvio padrão do Ganho Genético Relativo Realizado, da análise individual e conjunta, para os delineamentos gerados considerando o primeiro (a) e segundo (b) cenário. O painel intitulado "Sem  $A_k$  no modelo" refere-se a não inclusão da matriz de relacionamento no modelo de análise. O símbolo  $\otimes$  é o produto direto da matriz de variância genética aditiva  $G_a$  e a matriz de relacionamento  $A_k$ .



**Figura 3.4.** Média  $\pm$  desvio padrão da precisão genética, da análise individual e conjunta, para os delineamentos gerados considerando o primeiro (a) e segundo (b) cenário. O painel intitulado "Sem  $A_k$  no modelo" refere-se a não inclusão da matriz de relacionamento no modelo de análise. O símbolo  $\otimes$  é o produto direto da matriz de variância genética aditiva  $G_a$  e a matriz de relacionamento  $A_k$ .



Figura 3.5. Média  $\pm$  desvio padrão do sucesso de seleção, da análise individual e conjunta, para os delineamentos gerados considerando o primeiro (a) e segundo (b) cenário. O painel intitulado "Sem  $A_k$  no modelo" refere-se a não inclusão da matriz de relacionamento no modelo de análise. O símbolo  $\otimes$  é o produto direto da matriz de variância genética aditiva  $G_a$  e a matriz de relacionamento  $A_k$ .

De modo geral, a análise conjunta apresentou valores mais altos relacioandos às medidas de comparação em todos os cenários e locais, como já demonstrado em Santos (2017) e em Tanaka (2020). Além disso, de forma evidente, percebe-se que quando a matriz de relacionamento não é inserida no modelo de análise, os resultados são menores em todas as medidas de comparação, e, também, foi observada neste caso uma maior variabilidade. Os resultados indicaram que quando se utiliza a matriz de parentesco no modelo de análise há um ganho de pelo menos uma *test lines* verdadeiramente boa que é selecionada pelo modelo. Outros estudos demonstram que a precisão genética e o ganho genético melhoram quando a matriz de parentesco é inserida nas análises (Pérez-Rodríguez et al., 2017; Borges da Silva et al., 2021).

Nas Figuras 3.6 a 3.13, são apresentadas as médias das estimativas dos componentes de variância com os seus respectivos erros padrão provenientes dos modelos ajustados para análise individual e conjunta dos locais dos delineamentos ótimos obtidos para cenários 1 e 2, respectivamente. Observa-se novamente que as suposições consideradas para gerar os delineamentos não influenciaram nos valores relacionados aos componentes de variância. Notou-se que, em todos os cenários e locais a variância entre linhas tende a ser superestimada (Figuras 3.6 (a) e 3.10) (a)). Às variâncias que apresentaram maior proximidade entre os valores estimados pelos modelos ajustados e o seu verdadeiro valor na análise conjunta, foram: de colunas (Figuras 3.6 (b) e 3.10 (b)), dos efeitos genéticos em cada local (Figura 3.7 (a) e 3.11 (a)), residuais por local (Figuras 3.9 e 3.13 (e)). Os componentes de variâncias da correlação residual entre linhas e entre colunas no mesmo local apresentaram subestimação (Figuras 3.9 (a) e (b) e 3.9 (a) e (b)).

Curiosamente, observou-se que quanto maior a variância residual, maior é o erro padrão. Dessa forma, em todos os cenários, no Local 3 os valores obtidos para as estimativas dos componentes de variância são menos precisos. Possivelmente, esse fato é uma consequência dos altos valores atribuídos para os parâmetros de variâncias genética e residual, respectivamente. Essa variabilidade diminui à medida que  $\phi_g$  aumenta. Por fim, observa-se um aumento nos erros padrão quando a matriz de relacionamento não é inserida no modelo de análise, indicando que as estimativas dos componentes de variância são menos precisas tanto nas análises individuais quanto na análise conjunta. Borges da Silva et al. (2021) observaram que os componentes de variância são menos enviesados quando a matriz de relacionamento é considerada.









**Figura 3.6.** Média ± erro padrão das estimativas dos parâmetros relacionados às variâncias entre linhas (a) e colunas (b), da análise individual e conjunta, para os delineamentos gerados considerando o primeiro cenário. O painel intitulado "Sem  $A_k$  no modelo" refere-se a não inclusão da matriz de relacionamento no modelo de análise. O símbolo  $\otimes$  é o produto direto da matriz de variância genética aditiva  $G_a$  e a matriz de relacionamento  $A_k$ .



p-rep 1 
 p-rep 3 
 p-rep 5

Figura 3.7. Média  $\pm$  erro padrão das estimativas dos parâmetros relacionados às variâncias genéticas dos diferentes locais (a) e residual dos locais (b), da análise individual e conjunta, para os delineamentos gerados considerando o primeiro cenário. O painel intitulado "Sem  $A_k$  no modelo" refere-se a não inclusão da matriz de relacionamento no modelo de análise. O símbolo  $\otimes$  é o produto direto da matriz de variância genética aditiva  $G_a$  e a matriz de relacionamento  $A_k$ .

(a)



Grid-plot + p-rep 2 + p-rep 4
 p-rep 1 + p-rep 3 + p-rep 5

Figura 3.8. Média  $\pm$  erro padrão das estimativas dos parâmetros relacionados à correlação residual entre linhas (a), e colunas (b), da análise individual e conjunta, para os delineamentos gerados considerando o primeiro cenário. O painel intitulado "Sem  $A_k$  no modelo" refere-se a não inclusão da matriz de relacionamento no modelo de análise. O símbolo $\otimes$  é o produto direto da matriz de variância genética aditiva  $G_a$  e a matriz de relacionamento  $A_k$ .



**Figura 3.9.** Média  $\pm$  erro padrão das estimativas dos parâmetros relacionados à correlação genética (entre efeitos da mesma *test line* em diferentes locais), da análise conjunta, para os delineamentos gerados considerando o primeiro cenário. O painel intitulado "Sem  $A_k$  no modelo" refere-se a não inclusão da matriz de relacionamento no modelo de análise. O símbolo  $\otimes$  é o produto direto da matriz de variância genética aditiva  $G_a$  e a matriz de relacionamento  $A_k$ .







Figura 3.10. Média  $\pm$  erro padrão das estimativas dos parâmetros relacionados às variâncias entre linhas (a) e colunas (b), da análise individual e conjunta, para os delineamentos gerados considerando o segundo cenário. O painel intitulado "Sem  $A_k$  no modelo" refere-se a não inclusão da matriz de relacionamento no modelo de análise. O símbilo  $\otimes$  é o produto direto da matriz de variância genética aditiva  $G_a$  e a matriz de relacionamento  $A_k$ .



← Grid-plot → p-rep 2 → p-rep 4
 ← p-rep 1 → p-rep 3 → p-rep 5

Figura 3.11. Média  $\pm$  erro padrão das estimativas dos parâmetros relacionados às variâncias genéticas dos diferentes locais (a) e residual dos locais (b), da análise individual e conjunta, para os delineamentos gerados considerando o segundo cenário. O painel intitulado "Sem  $A_k$  no modelo" refere-se a não inclusão da matriz de relacionamento no modelo de análise. O símbolo  $\otimes$  é o produto direto da matriz de variância genética aditiva  $G_a$  e a matriz de relacionamento  $A_k$ .

(a)



(a)



+ Grid-plot + p-rep 2 + p-rep 4 🔶 p-rep 1 🔸 p-rep 3 🔶 p-rep 5

Figura 3.12. Média  $\pm$  erro padrão das estimativas dos parâmetros relacionados à correlação residual entre linhas (a), e colunas (b), da análise individual e conjunta, para os delineamentos gerados considerando o segundo cenário. O painel intitulado "Sem  $A_k$  no modelo" refere-se a não inclusão da matriz de relacionamento no modelo de análise. O símbolo  $\otimes$  é o produto direto da matriz de variância genética aditiva  $G_a$  e a matriz de relacionamento  $A_k$ .



**Figura 3.13.** Média  $\pm$  erro padrão das estimativas dos parâmetros relacionados à correlação genética (entre efeitos da mesma *test line* em diferentes locais), da análise conjunta, para os delineamentos gerados considerando o segundo cenário. O painel intitulado "Sem  $A_k$  no modelo" refere-se a não inclusão da matriz de relacionamento no modelo de análise. O símbolo  $\otimes$  é o produto direto da matriz de variância genética aditiva  $G_a$  e a matriz de relacionamento  $A_k$ .

De acordo com os resultados apresentados nas Tabelas 3.3 e 3.4, (i) as test lines duplicadas apresentaram os menores valores médios referentes às médias das variâncias das diferenças entre pares de tratamentos quando comparados às test lines não duplicadas, o que é esperado, uma vez que a variabilidade do material genético dentro do grupo referente as test lines duplicadas é menor; (ii) a variação da porcentagem p% de test lines duplicadas pouco afeta os valores dessa medida, porém observa-se uma tendência levemente crescente nos resultados à medida que p% aumenta; (iii) comparando os dois cenários percebe-se que a razão entre às variâncias genética e residual por local pouco afetam os valores dessa medida. Porém, a variância residual dos locais tende a afetá-las, quanto maior é essa variância, maiores são os valores das médias das variâncias para as diferenças entre pares de tratamentos; (v) quanto maior a correlação genética entre os mesmos genótipos aplicados em diferentes locais menores são os valores. Ao relacionar esses resultados com o RRGG, observa-se que há um aumento do ganho genético à medida que  $\phi_g$  aumenta e quando  $\phi_g = 0,9$  as médias das variâncias para as diferenças entre pares de tratamentos são menores quando comparadas aos outros valores assumidos para este parâmetro.

	L	ocal 1	L	ocal 2	L	ocal 3
		Relaçã	o de dependêr	ncia entre os trata	mentos	
		2		x = 0.7		
	Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas
Grid-plot	-	0,537	-	0,675	-	0,676
p-rep 1	0,304	0,551	0,491	0,676	$0,\!486$	0,679
p-rep 2	0,343	0,554	0,476	0,678	0,469	0,683
p-rep 3	0,346	0,555	0,454	0,689	0,452	0,694
p-rep 4	0,349	0,555	0,451	0,691	0,449	0,695
p-rep 5	0,355	0,563	$0,\!440$	0,707	0,443	0,709
			$\phi_g$	y = 0, 8		
	Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas
Grid-plot	-	$0, \hat{4}74$	-	0,533	-	0,534
p-rep 1	0,274	0,481	0,429	0,591	0,425	0,594
p-rep 2	0,301	0,485	0,408	0,597	0,407	0,599
p-rep 3	0,302	$0,\!486$	0,401	0,600	0,401	0,603
p-rep 4	0,305	$0,\!486$	0,394	$0,\!605$	0,392	0,606
p-rep 5	0,312	0,491	0,391	$0,\!614$	0,387	$0,\!618$
			$\phi_g$	y = 0, 9		
	Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas
Grid-plot	-	0,385	-	0,482	-	0,483
p-rep 1	0,220	0,388	0,326	$0,\!480$	0,327	$0,\!481$
p-rep 2	0,240	0,393	0,322	$0,\!485$	0,322	$0,\!486$
p-rep 3	0,242	0,394	0,311	$0,\!490$	0,315	$0,\!490$
p-rep 4	0,245	0,393	0,311	0,490	0,313	0,491
p-rep 5	0,249	0,399	0,311	0,499	0,311	0,500
		Relação	de independé	ència entre os trata	amentos	
			$\phi_g$	y = 0, 7		
	Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas
Grid-plot	-	0,541	-	0,679	-	0,682
p-rep 1	0,307	0,551	$0,\!485$	0,676	$0,\!487$	$0,\!681$
p-rep 2	0,346	0,554	0,466	$0,\!685$	0,472	$0,\!686$
p-rep 3	0,343	0,557	0,457	$0,\!689$	$0,\!454$	0,692
p-rep 4	0,346	0,557	0,447	0,693	0,452	0,693
p-rep 5	0,356	0,561	0,445	0,703	$0,\!448$	0,702
			$\phi_g$	y = 0, 8		
	Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas
Grid-plot	-	0,474	-	0,593	-	0,597
p-rep 1	0,272	0,481	0,418	0,591	0,422	0,593
p-rep 2	0,303	0,485	0,408	0,598	0,409	0,598
p-rep 3	0,302	0,486	0,396	0,604	0,398	0,605
p-rep 4	0,305	0,486	0,394	0,604	0,396	0,607
p-rep 5	0,313	0,491	0,389	0,615	0,389	0,617
			$\phi_g$	y = 0, 9		
~	Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas
Grid-plot	-	0,387	-	0,483	-	0,485
p-rep 1	0,221	0,390	0,320	0,482	0,325	0,483
p-rep 2	0,245	0,390	0,326	0,482	0,326	0,483
p-rep 3	0,242	0,395	0,315	0,490	0,316	0,491
p-rep 4	0,246	0,393	0,313	0,490	0,314	0,492
p-rep ə	0,231	0,397	0,311	0,498	0,311	0,499

**Tabela 3.3.** Média das variâncias das diferenças entre pares de tratamentos para os delineamentos ótimos considerando as suposições de dependência e indepedência entre os tratamentos para o primeiro cenário, em que a razão entre a variância genética aditiva e a variância residual  $(\sigma_{g_s.}^2/\sigma_{s.}^2)$  dos Locais 1 e 2 são iguais e no Local 3 essa razão é o dobro em relação aos Locais 1 e 2.

**Tabela 3.4.** Média das variâncias das diferenças entre pares de tratamentos para os delineamentos ótimos considerando as suposições de dependência e indepedência entre os tratamentos para o segundo cenário em que a razão entre a variância genética aditiva e a variância residual  $(\sigma_{g_s.}^2/\sigma_{s.}^2)$  é a mesma razão para os três ambientes.

	L	ocal 1	L	ocal 2	L	ocal 3
		Relaçã	o de dependêr	ncia entre os trata:	mentos	
			$\phi_{a}$	= 0,7		
	Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas
Grid-plot	-	0 164	-	0 273	-	0.490
<i>n</i> -rep 1	0.095	0.167	0.197	0.273	0.354	0.490
p rep 2	0.104	0.169	0.187	0.278	0.337	0.497
p-rep 3	0.104	0.169	0.183	0.279	0.327	0.501
p-rep 4	0.107	0.168	0.179	0.281	0.321	0.502
p-rep 5	0.109	0.171	0.176	0.289	0.320	0.514
I I -		- ) -	$\phi_a$	y = 0, 8	- )	- / -
	Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas
Grid-plot		0.142	-	0.238		0.427
<i>p</i> -rep 1	0.084	0.145	0.168	0.238	0.302	0.428
p-rep 2	0.093	0.147	0.165	0.242	0.294	0.434
p-rep 3	0,092	0,147	0,161	0,243	0,282	0,437
p-rep 4	0,094	0,147	0,157	0,244	0,282	0,439
p-rep 5	0,094	0,150	0,156	0,250	0,279	0,451
		,	$\phi_g$	= 0,9	,	,
	Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas
Grid-plot	-	0,115	-	0,192	-	0,346
p-rep 1	0,066	$0,\!117$	0,130	0,193	0,235	0,346
p-rep 2	0,073	0,118	0,130	0,195	0,232	0,350
p-rep 3	0,074	0,119	0,126	0,197	0,227	0,353
p-rep 4	0,075	0,119	0,125	0,198	0,224	0,356
p-rep 5	0,076	0,121	0,125	0,202	0,224	0,363
		Relação	de independê	ència entre os trata	amentos	
			$\phi_g$	= 0, 7		
	Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas
Grid-plot	-	0,164	-	0,274	-	0,493
p-rep 1	0,095	0,167	0,197	0,274	0,349	$0,\!493$
p-rep 2	0,105	0,169	0,193	0,276	0,342	$0,\!497$
p-rep 3	0,106	0,169	0,185	0,279	0,333	0,500
p-rep 4	$0,\!105$	0,169	0,182	0,279	0,324	0,504
p-rep 5	0,109	0,171	0,181	0,285	0,324	0,510
		NT# 1 14 1	$\phi_g$	y = 0, 8	<b>D</b> 11 1	
Cuid plat	Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas
Grid-plot	-	0,145 0.146	-	0,259	-	0,451 0.421
p-rep 1	0,085	0,140 0.148	0,170	0,240 0.242	0,501	0,431 0.425
p-rep 2	0,091	0,140 0.147	0,105 0.161	0,243 0.242	0,298	0,435
p-rep 3	0,092	0,147	0,101	0,243 0.244	0,289	0,430
p-rep 4 n rop 5	0,095	0,140	0,101	0,244 0.240	0,280	0,439
p-rep 5	0,095	0,149	0,100 Øa	0,249	0,202	0,440
	Duplicadas	Não duplicadas	Ψg Duplicadas	Não duplicadas	Duplicadas	Não duplicadas
Grid-plot	-	0.116	-	0.194	-	0.350
<i>p</i> -rep 1	0.066	0.118	0.130	0.195	0.233	0.351
p-rep 2	0.075	0.119	0.130	0.196	0.235	0.353
p-rep 3	0.074	0,119	0,127	0,197	0,230	0.355
p-rep 4	0,075	0,119	0,127	0,198	0,227	0,356
p-rep 5	0,076	0,121	0,125	0,202	0,226	0,363

Os resultados apresentados não mostraram grandes interferências nos valores relacionados ao RRGG, a precisão genética, o sucesso da seleção e as estimativas dos componentes de variância ao analisar os delineamentos gerados considerando a suposição de dependência e independência dos tratamentos no modelo para gerar o delineamento. Desse modo, nas condições assumidas neste estudo, observou-se

que qualquer suposição acerca da relação entre os tratamentos podem ser consideradas para à obtenção desses delineamentos em ensaios multi-ambientais. Porém, quanto maior os valores dos parâmetros de variância, associados às variâncias genética e residual dos locais, melhor é a distribuição das *test lines* na área experimental e melhores são os resultados das medidas de comparação. Desta forma, entende-se que em um estudo de simulação, os valores para os parâmetros de variâncias devem ser escolhidos com cautela, pois estes valores podem influenciar no ganho genético e proporcionar uma melhora na seleção. Esses estudos podem auxiliar os programas de melhoramento no processo seletivo para recomendação de novos materiais comerciais (Cruz Neto et al., 2016).

### 3.4 Conclusão

Neste estudo, foram gerados delineamentos ótimos para ensaios de campo multi-ambientais do tipo grid-plot e p-rep espacialmente otimizados, para uma área experimental composta de 24 linhas por 10 colunas e 180 test lines, dois blocos e três locais. Os delineamentos foram gerados considerando duas suposições para os tratamentos, isto é, considerando a relação de dependência e independência dos tratamentos. A matriz de parentesco utilizada foi proveniente de um estudo de simulação de um programa completo de melhoramento de trigo por 40 anos de seleção fenotípica convencional para rendimento considerando o pedrigree das linhagens no estágio PYT do 39º ano e conhecendo seis gerações anteriores. Além disso, foram considerados dois cenários para às variâncias genética e residual. Foram utilizados modelos lineares mistos considerando variação espacial nos erros de parcelas com e sem matriz de parentesco para gerar os delineamentos. Para o estudo de simulação e análise dos dados, foram utilizados modelos lineares mistos com variação espacial nos erros de parcelas e a inclusão da matriz de parentesco. As análises dos conjuntos de dados simulados foram conduzidas de forma individual e conjunta para os ensaios nos três locais.

Os resultados indicaram que não foram observadas diferenças nas medidas de comparação ao considerar as suposições de dependência ou independência entre os efeitos de linhagens no modelo para gerar o delineamento. Em relação às medidas do ganho genético, da precisão genética e do sucesso de seleção apresentaram poucas diferenças dentro de cada cenário e de cada local. No entanto, observou-se que o delineamento p-rep sem *checks* apresentou os maiores resultados de ganho genético e qualidade de seleção quando comparado aos demais delineamentos. Dessa forma, pode-se concluir que o número de *checks*, bem como, seus números de repetições, com uma porcentagem p% de *test lines* duplicadas também podem afetar o ganho genético e a qualidade de seleção. Sendo assim, recomenda-se os delineamentos parcialmente replicados sem *checks* para realizar estudos dessa natureza. Porém, se for necessária a presença de *checks*, recomendam-se utilizar os delineamentos p-rep que apresentem não apenas as *test lines*, mas também às variedades de interesse com maior quantidade de diferentes *checks* e menor número de repetição ao invés dos delineamentos grid-plot, visto que, esse último apresentou pior desempenho.

Adicionalmente, notou-se que quando são fixados valores iguais para os parâmetros de variâncias associados aos efeitos não genéticos e residuais, quão maior a variância genética melhores são o ganho genético e a qualidade de seleção. Observou-se, também, que quanto maior a correlação entre os mesmos genótipos aplicados em diferentes locais, melhores são os resultados. Além disso, quando se consideraram valores mais altos para os parâmetros de variâncias genéticas e residual por local, foi possível notar uma melhor aleatorização das variedades em teste na área experimental e melhores resultados para as medidas utilizadas. Por fim, constataram-se melhores resultados quando a matriz de relacionamento é inserida no modelo de análise, como esperado.

### Referências

Atkinson, A. C. e Donev, A. N. (1992). Optimum experimental designs.

- Borges da Silva, É. D., Xavier, A., e Faria, M. V. (2021). Joint modeling of genetics and field variation in plant breeding trials using relationship and different spatial methods: A simulation study of accuracy and bias. *Agronomy*, 11(7):1397.
- Brien, C. (2021b). dae: Functions useful in the design and anova of experiments. R package version 3.1-37.
- Butler, D. (2019). od: Generate optimal experimental designs. R package version 2.0.0.
- Butler, D. (2020). odw: Generate optimal experimental designs. r package version 2.1.4.
- Butler, D. (2021). asreml: Fits the linear mixed model. R package version 4.1.0.149.
- Crossa, J., Campos, G. d. l., Pérez, P., Gianola, D., Burgueno, J., Araus, J. L., Makumbi, D., Singh, R. P., Dreisigacker, S., Yan, J., et al. (2010). Prediction of genetic values of quantitative traits in plant breeding using pedigree and molecular markers. *Genetics*, 186(2):713–724.
- Cruz Neto, A. J. d., Rosa, R. C. C., Oliveira, E. J. d., Sampaio, S. R., Santos, I. S. d., Souza, P. U., Passos, A. R., e Jesus, O. N. d. (2016). Genetic parameters, adaptability and stability to selection of yellow passion fruit hybrids. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 16(4):321–329.
- Cullis, B. R., Smith, A. B., Cocks, N. A., e Butler, D. G. (2020). The design of early-stage plant breeding trials using genetic relatedness. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*, 25(4):553–578.
- Cullis, B. R., Smith, A. B., e Coombes, N. E. (2006). On the design of early generation variety trials with correlated data. *Journal of agricultural, biological, and environmental statistics*, 11(4):381.
- de Oliveira, A. L. B., Gouvêa, L. R. L., Verardi, C. K., Silva, G. A. P., e de Gonçalves, P. S. (2015). Genetic variability and predicted genetic gains for yield and laticifer system traits of rubber tree families. *Euphytica*, 203(2):285–293.
- Endelman, J. B., Atlin, G. N., Beyene, Y., Semagn, K., Zhang, X., Sorrells, M. E., e Jannink, J.-L. (2014). Optimal design of preliminary yield trials with genome-wide markers. *Crop Science*, 54(1):48–59.
- Gaynor, R. C., Gorjanc, G., Bentley, A. R., Ober, E. S., Howell, P., Jackson, R., Mackay, I. J., e Hickey, J. M. (2017). A two-part strategy for using genomic selection to develop inbred lines. *Crop Science*, 57(5):2372–2386.
- Gaynor, R. C., Gorjanc, G., e Hickey, J. M. (2021). Alphasimr: an r package for breeding program simulations. G3 Gene/Genomes/Genetics, 11(jkaa07).
- Gilmour, A. R., Cullis, B. R., e Verbyla, A. P. (1997). Accounting for natural and extraneous variation in the analysis of field experiments. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, pages 269–293.
- Goes, A. d. L. (2020). Delineamentos ótimos para experimentos com cana-de-açúcar. PhD thesis, Universidade de São Paulo.
- Hoefler, R., González-Barrios, P., Bhatta, M., Nunes, J. A., Berro, I., Nalin, R. S., Borges, A., Covarrubias, E., Diaz-Garcia, L., Quincke, M., et al. (2020). Do spatial designs outperform classic experimental designs? *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*, 25(4):523–552.

- Hooks, T., Marx, D., Kachman, S., e Pedersen, J. (2009). Optimality criteria for models with random effects. *Revista Colombiana de Estadística*, 32(1):17–31.
- Kempton, R. (1984). The design and analysis of unreplicated field trials. *Vortraege fuer Pflanzenzuechtung* (*Germany*).
- Lara, L. A. d. C., Pocrnic, I., Oliveira, T. d. P., Gaynor, R. C., e Gorjanc, G. (2022). Temporal and genomic analysis of additive genetic variance in breeding programmes. *Heredity*, 128(1):21–32.
- Merrick, L. F., Herr, A. W., Sandhu, K. S., Lozada, D. N., e Carter, A. H. (2022). Optimizing plant breeding programs for genomic selection. *Agronomy*, 12(3):714.
- Oakey, H., Verbyla, A., Pitchford, W., Cullis, B., e Kuchel, H. (2006). Joint modeling of additive and non-additive genetic line effects in single field trials. *Theoretical and Applied Genetics*, 113(5):809–819.
- Oakey, H., Verbyla, A. P., Cullis, B. R., Wei, X., e Pitchford, W. S. (2007). Joint modeling of additive and non-additive (genetic line) effects in multi-environment trials. *Theoretical and Applied Genetics*, 114(8):1319–1332.
- Paget, M., Alspach, P., Anderson, J., Genet, R., Braam, W., e Apiolaza, L. (2017). Replicate allocation to improve selection efficiency in the early stages of a potato breeding scheme. *Euphytica*, 213(9):1–15.
- Patterson, H. D. e Thompson, R. (1971). Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. *Biometrika*, 58(3):545–554.
- Pérez-Rodríguez, P., Crossa, J., Rutkoski, J., Poland, J., Singh, R., Albizu, A. L., Autrique, E., De los Campos, G., Burgueño, J., e Dreisigacker, S. (2017). Single-step genomic and pedigree genotype x environment interaction models for predicting wheat lines in international environments. *Plant Genome*, 10(2):np.
- Piepho, H., Möhring, J., Melchinger, A., e Büchse, A. (2008). Blup for phenotypic selection in plant breeding and variety testing. *Euphytica*, 161(1-2):209–228.
- Piepho, H.-P., Vo-Thanh, N., e Tobias, R. (2020). Generating experimental designs for estimation of genetically related treatment effects using sas. Agronomy Journal, 112(5):3929–3940.
- Santos, A. d. (2017). Design and analysis of sugarcane breeding experiments: a case study. PhD thesis, Universidade de São Paulo.
- Sermarini, R. A., Brien, C., Demétrio, C. G. B., e dos Santos, A. (2020). Impact on genetic gain from using misspecified statistical models in generating p-rep designs for early generation plant-breeding experiments. *Crop Science*, 60(6):3083–3095.
- Shah, K. R. e Sinha, B. (2012). Theory of optimal designs, volume 54. Springer Science & Business Media.
- Smith, A., Cullis, B., e Thompson, R. (2001). Analyzing variety by environment data using multiplicative mixed models and adjustments for spatial field trend. *Biometrics*, 57(4):1138–1147.
- Sukumaran, S., Crossa, J., Jarquín, D., e Reynolds, M. (2017). Pedigree-based prediction models with genotype× environment interaction in multi-environment trials of cimmyt wheat.
- Tanaka, E. (2020). Simple outlier detection for a multi-environmental field trial. *Biometrics*, 76(4):1374–1382.

- Verbyla, A. P. (1990). A conditional derivation of residual maximum likelihood. Australian Journal of Statistics, 32(2):227–230.
- Verges, V. L. e Van Sanford, D. A. (2020). Genomic selection at preliminary yield trial stage: Training population design to predict untested lines. *Agronomy*, 10(1):60.
- Wickham, H. (2016). ggplot2: Elegant graphics for data analysis.
- Williams, E., Piepho, H.-P., e Whitaker, D. (2011). Augmented p-rep designs. *Biometrical Journal*, 53(1):19–27.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, foram avaliados delineamentos grid-plot e p-rep espacialmente otimizados para 180 test lines em uma área experimental de 24 linhas por 10 colunas e 2 blocos para ensaios multiambientais (três ambientes), com o objetivo de investigar o ganho genético e a qualidade de seleção considerando medidas do ganho genético relativo percebido, da precisão genética e do sucesso de seleção ao assumir diferentes caracterizações para esses delineamentos. Isto é, considerando diferentes números de *checks* (0, 1, 2, 4) com repetições para as mesmas (0, 5, 10, 15, 20) e diferentes porcentagens de *test-lines* repetidas (11%, 22% e 33%), sob diferentes suposições a respeito do modelo para gerar o delineamento. Também foram considerados diferentes cenários ao atribuir valores diferentes para os parâmetros de variâncias associados aos efeitos genéticos e residual por local. As análises dos conjuntos de dados simulados foram realizadas de forma individual e conjunta para os ensaios nos três locais.

No Capítulo 2, verificou-se a efetividade dos delineamentos gerados sob a hipótese de efeitos de test-lines fixos e aleatórios. De modo geral, não foram identificadas diferenças entre as medidas de comparação ao considerar efeitos de tratamento fixos ou aleatórios no modelo de delineamento. No entanto, houve uma distribuição uniforme das test lines replicadas e/ou dos tratamentos na área experimental ao assumir efeitos de test lines fixos. Por esta razão, é recomendado assumir efeitos de test lines aleatórios para gerar delineamentos ótimos. Adicionalmente, observou-se que, para as análises individuais e conjuntas, os delineamentos p-rep foram ligeiramente superiores aos delineamentos p-rep, o que não contém checks resultou no maior ganho genético. Além disso, quanto maior a razão entre as variâncias genéticas e residuais e a correlação entre as mesmas linhagens em locais diferentes, melhores serão os resultados.

Estendendo o estudo, o Capítulo 3 teve como objetivo gerar delineamentos ótimos considerando as suposições de dependência ou independência entre os tratamentos (test-lines e checks). Quando os tratamentos foram assumidos não independentes, a matriz de parentesco utilizada foi proveniente de um estudo de simulação de um programa completo de melhoramento de trigo por 40 anos de seleção fenotípica convencional para rendimento considerando o pedrigree das linhagens no estágio PYT do  $39^{\circ}$  ano e conhecendo seis gerações anteriores. Além disso, foram considerados dois cenários para as variâncias genética e residual. Em ambas as situações (análises individuais e conjuntas, com e sem a matriz de relacionamento no modelo do delineamento), na grande maioria das vezes, os delineamentos p-rep mostraram superioridade em relação aos delineamentos grid-plot. Mas não foram observadas diferenças em relação às medidas de comparação (RRGG, precisão genética e sucesso de seleção) ao considerar as suposições sobre a relação entre os tratamentos no modelo para o delineamento. De modo geral, notou-se que quando são fixados valores iguais para os parâmetros de variâncias associados aos efeitos não genéticos e residuais, quão maior a variância genética melhores são o ganho genético e a qualidade de seleção, como esperado. Observou-se também que quão maior a correlação entre os mesmos genótipos aplicados em diferentes locais, melhores são os resultados. Por fim, quando considerou-se valores mais altos para os parâmetros de variâncias genéticas e residual por local, foi possível notar uma melhor aleatorização das variedades em teste na área experimental e melhores resultados para as medidas utilizadas.

De modo geral, os resultados apresentados em ambos os capítulos indicaram que o delineamento parcialmente replicado sem *checks* apresentou os melhores resultados e pode ser considerado para ensaios nas fases iniciais de programas de melhoramento genético de planta. Porém, caso seja necessário o uso de *checks* (delineamento 6 ou *p*-rep 5), recomenda-se o delineamento *p*-rep com pequeno número de repetições para as *checks*, ao invés dos delineamentos *grid-plot*. Este estudo apresenta algumas limitações. Aqui, foram considerados apenas dados simulados adotando conjuntos de parâmetros cujos valores foram estimados em estudos desenvolvidos por programas de melhoramento de plantas e, em ambos os capítulos, considerou-se o mesmo tamanho de área experimental e a mesma suposição em relação ao número de *test lines* e *checks* em avaliação. Desta forma, outros resultados poderiam ser encontrados, se fossem assumidos, por exemplo, valores mais altos para os parâmetros de variâncias não genéticos. Além disso, a matriz de relacionamento utilizada no Capítulo 3 foi para apenas um tipo de cultivar (o trigo). Pesquisas futuras podem ser desenvolvidas considerando ensaios de uniformidade e outras matrizes de relacionamento de diferentes cultivares para analisar situações semelhantes às realizadas neste estudo.

# APÊNDICES

No material suplementar são apresentadas as tabelas de média das variâncias das diferenças entre pares de tratamentos para os delineamentos ótimos que foram gerados considerando as hipóteses de efeitos aleatórios e efeitos fixos de *test lines* no modelo para gerar o delineamento, respectivamente. Também são apresentados os *layouts* para os Delineamentos 1, 2, 3, 5 e 6, que são delineamentos otimizados com  $\phi_g$  de 0,9 para tratamentos de efeitos aleatórios e fixos. Além disso, também são apresentadas estimativas dos componentes de variância para todos os delineamentos estudados considerando as análises conjuntas e individuais, e ambas as hipóteses quanto ao efeito das *test lines*. No Apêndice II, são apresentados os gráficos de setores indicando a porcentagem de superioridade dos delineamentos espacialmente otimizados gerados considerando as suposição de dependência e independência das linhagens. Além disso, também são apresentadas as porcentagens de superioridade dos delineamentos quando não é considerado no modelo de análise a matriz de relacionamento. Este material suplementar contém duas tabelas e quatorze figuras.

### Apêndice I

**Tabela A.1.** Média das variâncias das diferenças entre os pares de tratamento para os delineamentos ótimos que foram gerados considerando as hipóteses de que os *test lines* são de efeitos aleatórios.

	L	ocal 1	L	ocal 2	L	ocal 3
			$\phi$	$_{ m g}=0,7$		
	Duplicadas	Não Duplicadas	Duplicadas	Não Duplicadas	Duplicadas	Não Duplicadas
Delineamento 1	-	0,546	-	0,682	-	$0,\!683$
Delineamento 2	0,369	0,549	0,464	0,685	0,471	$0,\!685$
Delineamento 3	0,340	0,557	0,470	$0,\!683$	0,471	$0,\!687$
Delineamento 4	0,349	0,557	0,457	0,690	0,461	0,690
Delineamento 5	0,366	0,547	0,458	$0,\!680$	0,465	$0,\!678$
Delineamento 6	0,366	0,549	0,458	$0,\!684$	0,461	$0,\!686$
			$\phi$	<sub>g</sub> = 0,8		
	Duplicadas	Não Duplicadas	Duplicadas	Não Duplicadas	Duplicadas	Não Duplicadas
Delineamento 1	-	0,477	-	0,596	-	0,597
Delineamento 2	0,320	0,481	0,401	0,601	0,408	0,601
Delineamento 3	0,318	0,484	0,397	$0,\!604$	0,405	0,603
Delineamento 4	0,317	0,481	0,398	0,601	0,403	0,600
Delineamento 5	0,318	0,479	0,398	0,596	0,405	0,595
Delineamento 6	0,319	0,481	0,400	0,601	0,403	0,600
			$\phi$	$_{g} = 0,9$		
	Duplicadas	Não Duplicadas	Duplicadas	Não Duplicadas	Duplicadas	Não Duplicadas
Delineamento 1	-	0,477	-	0,596	-	0,597
Delineamento 2	0,250	0,392	0,315	0,489	0,324	$0,\!489$
Delineamento 3	0,254	0,393	0,318	0,490	0,319	0,490
Delineamento 4	0,251	0,392	0,315	0,489	0,318	$0,\!489$
Delineamento 5	0,252	0,390	0,316	0,485	0,321	$0,\!484$
Delineamento $6$	0,253	0,393	0,317	0,491	0,319	$0,\!489$

	L	ocal 1	L	ocal 2	L	ocal 3
			$\phi$	$_{ m g}=0,7$		
	Duplicadas	Não Duplicadas	Duplicadas	Não Duplicadas	Duplicadas	Não Duplicadas
Delineamento 1	-	0,545	-	0,683	-	0,685
Delineamento 2	0,356	0,552	0,453	0,691	0,444	0,693
Delineamento 3	0,360	0,559	0,446	0,700	0,447	0,702
Delineamento 4	0,354	0,558	0,440	0,698	0,445	0,700
Delineamento 5	0,357	0,555	0,443	0,692	0,444	0,694
Delineamento 6	0,348	0,568	0,440	0,705	0,445	0,704
			$\phi$	g = 0,8		
	Duplicadas	Não Duplicadas	Duplicadas	Não Duplicadas	Duplicadas	Não Duplicadas
Delineamento 1	-	0,476	-	0,596	-	0,596
Delineamento 2	0,316	0,482	0,396	0,602	0,393	0,605
Delineamento 3	0,313	0,489	0,392	0,612	0,393	0,612
Delineamento 4	0,311	0,488	0,390	0,609	0,390	0,610
Delineamento 5	0,309	0,486	0,388	0,605	0,388	0,606
Delineamento 6	0,307	0,497	0,386	0,619	0,390	0,617
			$\phi$	$_{g} = 0,9$		
	Duplicadas	Não Duplicadas	Duplicadas	Não Duplicadas	Duplicadas	Não Duplicadas
Delineamento 1	-	0,385	-	0,482	-	0,482
Delineamento 2	0,250	0,391	0,310	0,489	0,311	0,489
Delineamento 3	0,252	0,396	0,313	0,495	0,312	0,497
Delineamento 4	0,249	0,394	0,310	0,493	0,310	0,494
Delineamento 5	0,249	0,393	0,312	0,490	0,312	0,490
Delineamento 6	0,249	0,400	0,308	0,503	0,309	0,502

**Tabela A.2.** Média das variâncias das diferenças entre pares de tratamentos para os delineamentos ótimos que foram gerados considerando as suposições de que os efeitos de tratamentos são fixos.

																(a)															
				Loc	al 1										Loc	al 2										Loc	al 3				
_			-				-	-																							_
D	83	B	119	A	24	В	25	163	C		A	81	176	97	A	177	D	14	C	D		152	D	159	B	67	34	C	99	100	D
в 177	143	98 86	81	B	159	8 49	A 104	95 95	46		в 101	63 D	34 58	129	99	50	67	A 74	135 B	76		140 B	71	136	125	98 A	54	137	A 37	B	90 146
А	178	180	100	115	71	22	132	131	164		32	17	73	48	113	140	171	148	62	А		63	143	76	D	9	178	53	110	5	А
С	65	137	A	28	118	170	153	123	A		С	153	87	5	60	71	В	35	D	59		118	В	14	41	86	88	D	144	8	48
120	B	11	152	135	66	A	59	68	D 70		151	B	117	D 20	55	155	178	37	100	C		A	66	43	126	C 100	158	42	87	A 72	78
157	92	130	В	117	39	151	D	116	C		444 C	93	118	145	141	69	52	A	162	B		C	16	135	30	61	179	107	11	10	20 B
в	173	162	96	103	41	15	90	А	111		Α	110	179	13	174	164	123	96	D	28		150	в	46	Α	4	23	166	2	116	107
78	61	52	146	84	141	148	12	53	D		116	D	21	51	в	119	А	92	30	С		68	77	62	74	142	111	А	17	72	С
134	87	D	106	35	42 P	48	D 72	161	55		C	108	A	115	43	1	79	2	130	84 P		B	36	57	113	D 70	177	82	C	97	168
124	20 C	77	105	58	в 31	167 A	38	128 B	A 29		в	156	95	54 86	98 C	A 173	103	45 154	1/5 C	в 82		A	128	65	44	132	148	27	81	A 28	D
158	3	139	144	С	150	62	140	70	D		88	27	122	A	78	163	136	102	170	A		154	106	22	7	55	в	175	112	94	127
Α	88	108	149	107	74	94	D	16	101		Α	16	В	61	D	146	169	23	26	172		109	20	В	49	149	134	60	32	D	157
27	D	6	A	142	36	C	85	174	1		70	29	11	22	4	72	D	75	10	107		D	102	38	A	133	130	121	B	92	C 75
145	40	76 A	93 44	18 97	4 50	67 D	63	112	175		142 C	05 152	149	114	49	B 42	38 132	1112	25	83		C	4/	124	93 83	120 D	в 85	29	64	6	75 D
19	23	30	129	79	176	99	С	45	Α		143	40	41	166	С	47	159	90	8	A		155	138	18	165	96	145	117	50	С	95
в	168	с	32	20	D	69	56	47	17		D	77	В	127	124	150	126	С	19	144		D	24	69	45	180	с	39	В	163	А
160	A	80	21	121	102	126	138	113	C		80	7	157	158	68	94	36	180	A	64		123	C	59	89	В	103	119	3	D	151
C 54	10	91	89 C	51 169	43 B	9 154	125	64 5	60 34		в 57	109 C	46 53	91	3 138	9 139	105	33 B	134	15		58 C	52 35	131	80	1/2 A	70 101	21 108	91 A	15 84	153 B
D	57	A	75	D	13	136	в	37	В		D	12	в	89	A	121	С	66	106	в		122	A	147	С	25	33	В	141	С	160
										-																					
									[	c	heck	ks nâ	io vi	zinh	as [	1	ſest	lines	s não	o rep	etida	is									
									[	c	hecł	(s nâ	io vi	zinh	as [	 (b)	ſest	lines	s não	o rep	etida	is									
				Loc	al 1				[	c	heck	(s nâ	io vi	zinh	as [ Loc	(b)	ſest	lines	s não	o rep	etida	IS				Loc	al 3				
			101	Loc	al 1		105		]	c	heck	ks nå	io vi	zinh	as [ Loc	(b)	rest	lines	s não	o rep	etida	is	404	440		Loc	al 3	457			
D 152	C 147	19 A	101	Loc D 56	64	C 20	105	A 69	98 C	c	D 48	125 7	B 8	zinh 46 B	Loc 57	(b) al 2	59 162	c 65	116 12	A 24	etida	c D	101	143	C 91	<b>Loc</b> 34 B	al 3	157	D 156	D 51	A 29
D 152 44	C 147 52	19 A 90	101 100 51	D 56 B	64 64 33	C 20 178	105 49 114	A 69 79	98 C 167	c	D 48 5	125 7 68	B 8 C	<b>zinh</b> 46 <b>B</b> 28	<b>Loc</b> 57 159	(b) al 2	59 162	C 65 78	116 12 73	A 24 83	etida	C D 69	101 65 54	143 94 89	C 91 10	34 B 123	A 2 139	157 16 D	D 156 109	D 51 164	A 29 D
D 152 44 D	C 147 52 144	19 A 90 42	101 100 51 168	D 56 B 74	64 A 33 55	C 20 178 B	105 49 114 65	A 69 79 143	98 C 167 80	c	D 48 5 A	125 7 68 146	B 8 6 87	46 8 28 52	<b>Loc</b> 57 159 179	(b) al 2 176 158 105	<b>59</b> 162 177 76	C 65 78 157	116 12 73 2	A 24 83 D	etida	C D 69 D	101 65 54 178	143 94 89 173	C 91 10 C	34 B 123 175	al 3 A 139 B	157 16 D 141	D 156 109 68	D 51 164 82	A 29 D 124
D 152 44 D 84	С 147 52 144 161	19 A 90 42 128	101 100 51 168 B	D 56 B 74 11	64 A 33 55 C	C 20 178 B 26	105 49 114 65 53	A 69 79 143 166 97	98 C 167 80 160	c	D 48 5 A 131	125 7 68 146 D	B 8 6 87 147 90	46 8 28 52 32	Loc 57 159 179 45	(b) al 2 D 176 158 105 B	59 162 1777 76 49	C 65 78 157 156 91	116 12 73 2 A	A 24 83 D 104	etida	C D 69 D A	101 65 54 178 95	143 94 89 173 27	C 91 10 C 17	34 B 123 175 115	A 2 139 B 174	157 16 D 141 120	D 156 109 68 8	D 51 164 82 140	A 29 D 124 C
D 152 44 D 84 C 22	C 147 52 144 161 85 25	19 A 90 42 128 110 136	101 100 51 168 B 158 D	D 56 B 74 11 A 107	64 A 33 55 C 47 73	C 20 178 8 26 176 156	105 49 114 65 53 39 99	A 69 79 143 166 97 148	98 C 167 80 160 A 35	C	D 48 5 A 131 C B	125 7 68 146 D 133 132	B 8 6 87 147 90 135	46 8 28 52 32 107 160	LOC 57 159 179 45 75 D	(b) al 2 D 176 158 105 B 111 122	59 162 177 76 49 110 94	C 655 78 1577 1566 91 A	116 12 73 2 A 38 127	A 24 83 D 104 D 11	etida	C D 69 D 4 177	101 65 54 178 95 28 48	143 94 89 173 27 A 125	C 91 10 C 17 66 77	34 B 123 175 115 1 38	A 2 139 B 174 103 22	157 16 D 141 120 49 C	D 156 109 68 8 127 168	D 51 164 82 140 61 11	A 29 D 124 C 166 B
D 152 44 D 84 C 22 B	C 147 52 144 161 85 25 119	19 A 90 42 128 110 136 C	101 100 51 168 B 158 D 30	D 56 8 74 111 A 107 70	64 A 33 55 C 47 73 117	C 20 178 8 26 176 156 171	105 49 114 65 53 39 99 89	A 69 79 143 166 97 148 150	98 C 167 80 160 A 35 B	c	D 48 5 A 131 C B 96	125 7 68 146 D 133 132 C	B 8 8 C 87 147 90 135 121	46 8 28 52 32 107 160 20	<b>LOC</b> 57 159 179 45 75 D 80	(b) al 2 176 158 105 B 111 122 139	59 162 177 76 49 110 94 71	C 65 78 157 156 91 A 140	116 12 73 2 A 38 127 39	A 24 83 D 104 D 111 13	etida	C D 69 D A D 1777 126	101 65 54 178 95 28 48 50	143 94 89 173 27 A 125 122	C 91 10 C 17 66 77 67	34 B 123 175 115 1 38 B	<b>al 3</b> A 2 139 B 174 103 22 40	157 16 D 141 120 49 C 74	D 156 109 68 8 127 168 128	D 51 164 82 140 61 11 97	A 29 D 124 C 166 B 35
D 152 44 D 84 C 22 B 8 60	C 147 52 144 161 85 25 119 D	19 A 90 42 128 110 136 C 3	101 100 51 168 B 158 D 30 7	D 56 B 74 11 A 107 70 D	64 A 33 55 C 47 73 117 4	C 20 178 8 26 176 156 171 54	105 49 114 65 53 39 99 89 89 D	A 69 79 143 166 97 148 150 121	98 C 167 80 160 A 35 B 777	c	D 48 5 A 131 C B 96 D	125 7 68 146 D 133 132 C 36	B 8 6 7 147 90 135 121 27	46 B 28 52 32 107 160 20 22	<b>LOC</b> <b>C</b> 57 159 179 45 75 D 80 97	(b) al 2 D 176 158 105 B 111 122 139 85	59 162 1777 76 49 110 94 71 129	C 65 78 157 156 91 A 140 62	116 12 73 2 A 38 127 39 120	A 24 83 D 104 D 111 13 C		C D 69 D A D 1777 126 D	101 65 54 178 95 28 48 50 80	143 94 89 173 27 A 125 122 9	C 91 10 C 17 66 77 67 150	34 B 123 175 115 1 38 B 171	A 2 139 B 174 103 22 40 75	157 16 D 141 120 49 C 74 B	D 156 109 68 8 127 168 128 128 148	D 51 164 82 140 61 11 97 60	A 239 D 124 C 166 B 355 100
D 152 44 D 84 C 22 B 8 60 28	C 147 52 144 161 85 25 119 D 8	19 A 90 42 128 110 136 C 3 3 41	101 100 51 168 B 158 D 30 7 7 151	D 56 B 74 11 A 107 70 D 86	64 A 33 55 C 47 73 117 4 36	C 20 178 B 26 176 156 171 54 135	105 49 114 65 53 39 99 89 89 D 125	A 69 79 143 166 97 148 150 121 104	98 C 167 80 160 A 355 B 777 C	c	D 48 5 A 131 C B 96 D A	125 7 68 146 D 133 132 C 36 77	B 8 8 6 87 147 90 135 121 27 126	46 B 28 52 32 107 160 20 22 151	LOC 57 159 179 45 75 D 80 97 A	(b) al 2 D 176 158 105 B 111 122 139 85 60	59 162 1777 76 49 110 94 71 129 54	C 655 78 1577 1566 91 A 1400 62 1411	116 12 73 2 A 38 127 39 120 61	A 24 83 D 104 D 111 13 C B		C D 69 D 4 1777 1266 D 1677	101 65 54 178 95 28 48 50 80 80	143 94 89 173 27 A 125 122 9 9	C 91 10 C 17 66 77 67 150 B	34 B 123 175 115 1 38 B 171 163	A 2 139 B 174 103 22 40 75 160	157 16 D 141 120 49 C 74 B 99	D 156 109 68 8 127 168 128 128 148 98	D 51 164 82 140 61 11 97 60 170	A 29 D 124 C 166 B 35 100 C
D 152 44 D 84 C 22 B 60 28 A A 82	C 147 52 144 161 85 25 119 D 8 8 46	19 A 90 42 128 110 136 C 3 41 130 16	101 100 51 168 B 158 D 30 7 151 95 123	Locc 56 B 74 11 A 107 70 D 86 173 17	64 A 33 55 C 47 73 117 4 36 132 50	C 20 178 8 26 176 156 171 54 135 93 43	105 49 114 65 53 39 99 89 0 125 87	A 69 79 143 166 97 148 150 121 104 38	98 C 167 80 160 A 35 B 77 C 40 A	c	D 48 5 A 131 C B 96 D A 67 R	125 7 68 146 D 133 132 C 36 77 1 58	B 8 8 C 147 90 135 121 27 126 25 63	46 B 28 52 32 107 160 20 22 151 53 117	A 171 108	(b) al 2 D 176 158 105 B 111 122 139 85 60 74 99	59 162 177 76 49 110 94 71 129 54 86 64	C 65 78 157 156 91 A 140 62 141 19 56	1116 12 73 2 A 38 127 39 120 61 123 6	A 24 83 D 104 D 111 13 C B 153 C	etida	C D 69 D A D 1177 126 D 167 B 70	101 65 54 178 95 28 48 50 80 6 59 158	143 94 89 173 27 A 125 122 9 149 D 57	C 91 10 C 17 66 77 67 150 8 159 46	34 B 123 175 1 15 1 38 B 171 163 21 20	A 2 139 B 174 103 22 40 75 160 81 102	157 16 D 141 120 49 C 74 8 99 180 R	D 1566 1099 688 8 1277 1688 128 128 148 98 114	D 51 164 82 140 61 11 97 60 170 56	A 29 D 124 C C 166 B 35 100 C C 33 31 129
D 152 44 D 84 C 22 B 84 60 28 80 28 A 82 D	C 147 52 144 161 85 25 119 D 8 8 46 8 46 8 72	19 A 90 42 128 110 136 C 3 41 130 16 153	101 100 51 168 B 158 30 7 7 151 95 123 A	D 56 B 74 11 A 107 70 D 86 173 17 145	64 A 33 55 C 47 73 117 4 36 132 50 D	C 20 178 B 26 176 156 171 54 135 93 43 10	105 49 114 65 53 39 99 89 99 89 125 87 D 12	A 69 79 143 166 97 148 150 121 104 38 106 C	98 C 167 80 160 A 35 8 77 C 40 40 A 175	c	D 48 5 A 131 C B 96 D A 67 B 115	125 7 68 146 D 133 132 C 36 777 1 58 142	B 8 8 C 87 147 90 135 121 27 126 25 63 66	46 B 28 52 32 107 160 20 22 151 53 117 175	AS C 57 159 179 45 75 D 80 97 A 171 108 92	(b) al 2 D 176 158 105 B 111 122 139 85 60 74 99 26	59 162 1777 76 49 110 94 71 129 54 86 64 148	C 65 78 157 156 91 A 140 62 141 19 56 102	1116 122 73 2 A 38 127 39 120 61 123 6 172	A 24 83 D 104 D 11 13 C B 153 C 180	etida	C D 69 D A 1777 1266 D 1677 B 700 A	101 65 54 178 95 28 48 50 80 6 59 158 83	143 94 89 173 27 A 125 122 9 149 0 149 57 45	C 91 10 C 17 66 77 150 B 159 46 144	34 B 123 175 115 1 38 B 171 163 21 20 153	<b>al 3</b> <b>A</b> 2 139 <b>B</b> 174 103 22 40 75 160 81 102 86	157 16 D 141 120 49 C 74 B 99 180 B 172	D 1566 109 68 8 127 168 128 148 98 114 108 C	D 51 164 82 140 61 11 97 60 170 56 D 117	A 29 D 124 C 166 B 35 100 C 33 129 C
D 152 44 D 84 C 22 B 60 28 60 28 82 A 82 D 88	C 147 52 144 161 85 25 119 D 8 8 46 8 72 C	19 A 90 42 128 110 136 C 3 41 130 16 153 6	101 100 51 168 B 158 30 7 151 95 123 A 180	D 56 B 74 111 A 107 70 D 86 173 17 145 165	64 A 33 55 C 47 73 117 4 36 132 50 D 179	C 20 178 8 26 176 156 156 171 135 93 43 10 14	105 49 114 65 53 39 99 89 0 125 87 0 12 12 4	A 69 79 143 166 97 148 150 121 104 38 106 C 92	98 C 167 80 160 A 35 8 77 C 40 A 175 D	c	D 48 5 A 131 C B 96 D A 67 B 115 A	125 7 68 146 D 133 132 C 36 77 1 58 142 31	B 8 8 7 147 90 135 121 27 126 25 63 66 144	46 B 28 52 32 107 160 20 22 151 53 117 175 174	Loc 57 159 179 45 75 0 80 97 4 171 108 92 8	(b) al 2 D 176 158 105 B 111 122 139 85 60 74 99 26 42	59 162 1777 76 49 110 94 71 129 54 86 64 148 D	C 65 78 157 156 91 40 62 141 19 56 102 35	1116 122 73 2 A 388 1227 399 1200 61 123 6 1722 81	A 24 83 D 104 D 111 13 C B 153 C 180 A	etida	C D 69 D 4 D 1777 1266 D 1677 8 700 A C	101 65 54 178 95 28 48 50 80 C 59 158 83 64	143 94 89 173 27 A 125 122 9 149 D 57 45 130	C 91 10 C 17 66 777 67 150 B 159 46 144 84	34 B 123 175 1 15 1 163 21 20 153 D	<b>al 3</b> 2 139 <b>B</b> 174 103 22 40 75 160 81 102 86 6	157 16 D 141 120 49 C 74 B 99 180 B 172 A	D 156 109 68 8 127 168 128 148 98 114 108 C 19	D 51 164 82 140 61 111 97 60 170 56 D 1177 147	A 29 D 124 C 166 B 35 100 C 33 129 C 4
D 152 44 D 84 C 22 B 84 60 28 A 82 B 88 88 88 88 88 88 88 88 88	C 147 52 144 161 85 25 119 D 8 46 8 72 C 137	19 A 90 42 128 110 136 C 3 41 130 16 153 6 159	101 100 51 168 B 158 D 30 7 151 95 123 A 180 149	D 56 B 74 11 A 107 70 D 86 173 177 145 165 138	eal 1 64 A 33 55 C 47 73 117 4 36 132 50 D 179 91	C 20 178 8 26 176 156 171 54 135 93 43 10 14 61	105 49 114 65 39 99 89 0 125 87 0 12 87 12 A 37	A 69 79 143 166 97 148 150 121 104 38 106 C 92 92 174	98 C 167 80 160 A 35 B 77 C C 40 A 175 D 34	c	D 48 5 A 131 C B 96 D A 67 B 115 A 130	125 7 68 146 D 133 132 C C 36 77 1 58 142 31 155	B 8 8 7 147 90 135 121 126 25 63 66 144 D	46 8 28 52 32 107 160 20 22 151 53 117 175 174 18	C 57 159 179 45 75 D 80 97 A 171 108 92 B 152	(b) al 2 D 176 158 105 B 111 122 139 85 60 74 99 26 42 C	59 162 177 76 49 110 94 71 129 54 86 64 148 D 168	C 65 78 157 156 91 A 140 62 141 19 56 102 35 9	116 12 73 2 A 38 127 39 120 61 123 6 172 81 8 B	A 24 83 D 104 D 111 13 C B 153 C 180 A 44	etida	C D 69 D A D 1177 126 D 167 B 70 A C 155	101 65 54 178 95 28 48 50 80 C C 59 158 83 64 121	143 94 89 173 27 A 125 122 9 9 149 D 57 45 130 151	C 91 10 C 17 66 77 67 150 8 159 46 144 84 85	34 B 123 175 115 1 38 B 171 163 21 20 153 D 37	al 3 A 2 139 B 174 103 22 40 75 160 81 102 86 6 138	157 16 D 141 120 49 C 74 8 99 180 8 172 A 62	D 156 109 68 8 127 168 128 148 98 114 108 C 19 19 71	D 51 164 82 140 61 11 97 60 170 56 D 117 147 145	A 299 D 124 C C 1666 B 355 1000 C 333 1299 C 4 B
D 152 44 D 84 C 22 B 60 28 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8	C 147 52 144 161 85 25 119 D 8 8 46 8 72 C 137 139	19 A 90 42 128 110 136 C 3 41 130 16 153 6 159 112	101 100 51 168 B 158 D 30 7 7 151 95 123 A 180 149 58	D 56 B 74 11 A 107 70 D 86 173 177 145 165 138 48	64 A 33 55 C 47 73 117 4 36 132 50 D 179 91 13 107	C 20 178 B 26 176 156 156 171 135 93 43 10 14 61 D	105 49 114 65 53 39 99 89 0 125 87 0 125 87 0 12 2 4 37	A 69 79 143 166 97 148 150 121 104 38 106 C 92 174 68	98 C 167 80 160 A 355 B 777 C 40 A 1755 D 34 A A	c	D 48 5 A 131 C B 96 D A 67 B 115 A 130 B 5 5	125 7 68 146 D 133 132 C 36 77 1 58 142 31 155 29	B 8 8 C 87 147 90 135 121 27 126 25 63 66 144 D 113	46 B 28 52 32 107 160 20 22 151 53 117 175 174 18 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	AS [ C 57 159 179 45 75 D 80 97 A 171 108 92 B 152 15 152	(b) al 2 D 176 158 105 B 111 122 139 85 60 74 99 26 42 C C	59 162 177 76 49 110 94 71 129 54 86 64 148 D 168 D	C 65 78 157 156 91 40 62 141 199 56 102 355 9 9 40 6	116 12 73 2 A 38 127 39 120 61 123 6 172 81 8 B D	A 24 83 D 104 D 11 13 C B 153 C 180 A 44 41		C D 69 D A A D 1177 126 D 167 B 70 A C 155 C	101 65 54 178 95 28 48 50 80 C 59 158 83 64 121 31	143 94 89 173 27 A 125 122 9 149 57 45 130 151 110	C 91 10 C 17 66 77 67 150 8 159 46 144 84 85 135 9	34 B 123 175 115 1 38 B 171 163 21 20 153 21 20 153 0 D 37 161	A 2 139 B 174 103 22 40 75 160 81 102 86 6 138 A 2 7	157 16 D 141 120 49 C 74 8 99 180 8 172 A 62 13	D 1566 109 68 8 127 168 128 128 128 128 128 128 128 114 108 C 19 71 D D	D 51 164 82 140 61 11 197 60 170 56 D 1177 147 147 145	A 29 D 124 C 6 8 335 100 C 33 129 C 4 8 8
D 152 44 D 84 C C 22 2 8 8 4 60 28 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8	C 147 52 144 161 85 25 119 D 8 8 46 8 8 72 C C 137 7 139 146 131	19 A 90 42 128 110 136 C 3 41 130 16 153 6 159 159 112 170 B	101 100 51 168 <b>B</b> 158 0 30 7 7 151 123 <b>A</b> 180 149 58 55 76	Locc 56 8 74 11 14 107 70 0 86 173 17 145 138 48 48 48 48 96	64 A 33 55 C 47 73 117 4 36 132 50 D 179 91 13 127 118	C 20 178 B 26 176 156 171 54 135 93 43 10 14 61 D 62 B	105 49 114 65 53 39 99 89 D 125 87 D 125 87 D 12 A 37 120 A 129	A 69 79 143 166 97 148 150 121 104 38 106 C 92 174 68 57 83	98 C 167 80 160 A 35 B 77 C 40 A 175 D 34 A 59 B	c	D 48 5 4 131 6 7 8 96 D 4 6 7 8 115 4 130 8 5 1 15 4 130 8 5 1 2 5 1 2 5 1 30 8 8 8 9 6 7 8 8 8 9 6 7 8 8 8 8 9 6 7 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8	125 7 68 146 D 133 132 C C 36 777 1 58 142 31 155 58 142 29 A 161	B 8 8 C 87 147 90 135 121 27 126 63 66 144 D 113 134 16	46 B 28 52 32 107 160 20 22 151 53 117 175 174 18 47 D 109	Locc 57 159 179 45 75 D 80 97 A 171 108 92 B 152 15 167 A	(b) al 2 D 176 158 111 122 139 85 60 74 99 92 60 74 99 26 42 C 34 A 114	59 162 177 76 49 110 94 71 129 54 86 64 148 D 168 D 103 23	C 65 78 157 156 140 62 141 19 56 102 35 9 9 40 C 189	116 12 73 2 A 38 127 39 120 61 123 6 123 6 123 81 8 B D 154 8	A 24 83 D 104 D 11 11 13 C B 153 C C 180 A 44 44 1 B 106		C D 69 D A D 1777 1266 D 167 B 70 A C C 1555 C C A 7	101 65 54 178 95 28 48 50 80 C 59 158 83 64 121 31 31 3 C	143 94 89 173 27 A 125 122 9 9 149 D 57 45 130 151 110 119 162	C 91 10 C 17 66 77 67 150 8 159 46 144 84 85 135 88 8 8 8 8 8 8	34 B 123 175 115 1 38 B 171 163 21 20 153 21 20 153 0 D 37 37 161 93 104	A 2 139 B 174 103 22 40 75 160 81 102 86 6 138 A 25 B	157 16 D 141 120 49 9 9 9 9 9 9 9 8 180 B 172 A 62 13 A 53	D 1566 109 68 8 127 168 128 148 98 114 108 C 19 711 D 39 63	D 51 164 82 140 61 11 197 60 170 56 D 1177 147 145 41 154 106	A 29 D 124 C 166 B 35 100 C 33 129 C 4 B 8 4 4 B 6 C
D 152 44 D 84 C 22 B 60 28 84 82 D 88 88 A 82 D 88 88 A 71 29 C C	C 147 52 144 161 85 25 119 D 8 46 8 8 46 8 72 C C 137 139 146 131	19 A 90 42 128 110 136 C 3 41 130 16 153 6 153 112 170 B 162	101 100 51 168 8 30 7 151 95 123 4 180 149 58 5 5 76 111	LOC 56 8 74 11 107 70 0 86 173 107 145 138 48 48 48 4 96 109	64 A 33 55 C 47 73 117 4 36 132 50 D 179 91 13 127 118 140	C 20 178 8 26 176 156 171 135 93 43 10 14 61 0 62 8 124	105 49 114 65 53 39 99 89 0 125 87 0 125 87 0 12 12 4 37 120 45	A 69 79 143 166 97 148 150 121 104 38 106 C 92 174 68 57 83	98 C 167 80 160 A 35 B 777 C 40 A 175 D 34 A 59 B 8 24	c	D 48 5 A 131 C B 96 D A 67 B 115 A 130 B 51 C C 84	125 7 68 146 D 133 132 C 36 777 1 58 142 31 155 29 A 161 119	B 8 8 C 147 90 135 121 27 126 63 66 144 D 113 134 16 21	46 B 28 52 32 107 160 20 22 151 153 117 175 174 18 47 D 109 79	C 57 159 179 45 75 D 80 97 A 171 108 92 B 152 15 167 A 17	(b) al 2 D 176 158 105 B 111 122 139 85 60 74 99 26 42 C 34 A 114 55	59 162 177 76 49 110 94 71 129 94 71 129 54 86 64 148 D 168 D 103 23 14	C 65 78 157 156 91 A 140 62 141 19 56 102 35 9 40 C 169 163	1116 12 73 2 A 38 127 39 120 61 123 6 172 81 8 B D 154 B 82	A 244 833 D 104 D 111 133 C 1533 C 1800 A 444 411 B 1066 C		C D D 69 D A D 1777 126 D 167 B 70 A C C A 7 7 B	101 65 54 178 95 28 48 50 80 C 59 158 83 64 121 31 31 31 3 1 5 116	143 94 89 173 27 A 125 122 9 149 57 45 130 151 110 119 162 78	C 91 10 C 17 66 77 67 150 8 159 46 144 84 84 85 135 88 8 8 8 8 8 8 8 111	34 B 123 175 1 15 1 163 21 20 153 0 153 0 37 161 93 104 165	A 2 139 B 174 103 22 40 75 160 81 102 86 6 138 A 25 B 5	157 16 D 141 120 49 C 74 B 99 180 B 172 A 62 13 A 53 72	D 1556 109 68 8 127 168 128 128 128 128 128 148 98 114 108 C 19 71 71 9 9 39 63 113	D 51 164 82 140 61 11 97 60 170 56 0 117 147 145 41 154 106 118	A 29 D 124 C 166 B 35 100 C 33 129 C 4 B 146 B B C 136
D 162 44 D 84 4 C 22 B 80 28 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8	C 147 52 144 161 85 25 119 D 8 8 6 8 8 6 8 72 C 137 139 146 131 154 75	19 A 90 42 128 110 136 C 3 41 130 16 153 6 159 112 170 B 162 116	101 100 51 168 B 158 D 30 7 151 95 123 A 180 149 58 5 76 111 133	D 56 B 74 11 A 107 70 D 86 173 177 145 165 138 48 48 48 48 96 109 B	64 A 33 55 C 47 73 117 4 36 132 50 D 179 91 13 127 118 140 23	C 20 178 8 26 176 156 156 177 135 93 43 10 14 61 0 14 61 0 62 8 124 0	105 49 114 65 53 39 99 9 9 9 9 9 0 125 87 0 125 87 120 4 37 120 4 5 163	A 69 79 143 166 97 148 150 121 114 38 106 C 92 174 68 57 83 57 83 C 9	98 C 167 80 160 A 35 B 77 C C 40 A 175 D 34 40 A 59 8 8 24 31	c	D 48 5 A 131 C B 96 0 A 67 B 115 A 130 B 51 C 84 8 B	125 7 68 146 D 133 132 C 36 77 1 58 142 31 155 29 A 161 119 138	B 8 8 C 147 90 135 121 27 126 25 63 66 144 D 113 134 134 16 21 C	46 8 28 52 32 107 160 20 22 151 53 117 175 174 18 47 D 109 79 164	<b>LOC</b> 57 159 179 45 75 D 80 97 <b>A</b> 171 108 92 <b>B</b> 152 15 167 <b>A</b> 177 72	(b) al 2 D 176 158 105 B 111 122 139 85 60 60 74 99 26 42 C 34 A 114 55 88	59 162 177 76 49 110 94 71 129 54 86 64 148 0 103 23 14 173	C 65 78 157 156 91 40 62 141 19 56 102 35 9 40 C C 169 163 124	116 12 73 2 A 38 127 39 120 61 123 6 172 81 8 B B 54 8 8 8 8 2 118	A 24 83 D 104 D 111 13 C C 180 A 44 44 41 B 106 C B B		C D 69 D A D 167 126 D 167 B 70 A C C 155 C C A 7 B 12	101 65 54 178 95 28 48 50 60 59 158 83 64 121 31 31 31 31 31 31 52 52 53	143 94 89 173 27 A 125 122 9 9 0 D 57 45 130 151 110 119 162 78 43	С 91 10 С 17 66 777 67 150 8 159 46 144 85 135 88 88 А 1111 87	34 B 123 175 115 1 38 B 171 163 21 20 153 D 37 161 93 104 165 169	A 2 139 B 174 103 22 40 75 160 81 102 86 6 138 A 25 B 5 32	157 16 D 141 120 49 C 74 8 99 9 9 9 9 180 8 172 A 62 13 72 133	D 156 109 68 8 127 168 128 148 98 114 108 0 6 3 9 71 9 9 39 63 113 8	D 51 164 82 140 61 11 97 60 56 D 117 147 145 41 154 106 118 18	A 29 D 124 C 166 B 35 100 C 4 33 129 C 4 4 B 146 B 6 C 136 D
D 152 44 D 84 4 C 22 B 60 28 88 88 88 88 88 88 88 88 71 29 C 67 7 1 29	C 147 52 144 161 85 25 119 D 8 46 8 46 8 72 C C 137 139 146 131 154 75 122	19 A 90 42 128 110 136 C 3 41 136 153 16 153 162 170 B 162 116 116	101 100 51 168 B 158 D 30 7 7 151 123 A 180 149 58 5 76 111 133 A	D 56 B 74 111 A 107 70 D 86 173 177 145 165 138 48 48 48 48 48 48 96 109 B 169	64 A 33 55 C 47 73 117 4 36 132 13 127 118 140 23 78	C 20 178 8 26 176 156 156 156 156 156 157 135 93 43 10 14 61 0 62 8 124 0 27	105 49 114 65 53 39 99 89 D 125 87 D 125 87 12 12 4 5 120 45 163 C	A 69 79 143 166 97 148 150 121 104 38 106 C 92 174 68 57 83 C 9 9 32	98 C 167 80 160 A 35 B 8 77 C 40 A 175 D 34 4 77 S 9 8 24 31 8 8 24 31 8	c	D 48 5 A 131 C B 96 D A 67 B 115 A 130 B 115 A 130 B 51 C 84 B 115 5 7	125 7 68 146 D 133 132 C 133 132 C 36 77 1 58 142 31 155 29 A 161 119 138 D 138 D	B 8 8 C 147 90 1355 121 121 227 225 63 66 144 21 C 25 63 66 144 113 134 16 21 C 37	46 8 28 52 32 107 160 20 22 151 53 117 175 174 18 47 D 109 79 164 3 ()	AS C 57 159 179 45 75 D 80 97 A 171 108 92 B 152 155 167 A 175 75 0 75 75 75 75 75 7	(b) al 2 176 158 105 8 111 122 139 85 60 74 99 26 42 C 34 42 C 34 42 114 55 88 117	59 162 1777 76 49 110 94 71 129 54 86 64 148 86 64 148 D 103 23 14 173 170	C 65 78 157 156 91 4 140 62 141 19 56 102 35 9 40 C 169 163 124 93	116 12 73 2 A 38 127 39 120 61 123 6 172 81 81 8 D 154 8 2 118 8 2 118 4 A	A 24 83 D 104 D 111 13 C B 153 C 180 A 44 41 B 106 C B 300 C		C D 69 D A D 1777 126 D 167 8 70 A C C S 5 5 C C A 7 7 8 12 14	101 65 54 178 95 28 48 50 64 50 59 158 83 64 121 31 31 31 31 50 116 179 D	143 94 89 173 27 A 125 122 9 9 149 57 45 130 151 110 119 162 78 43 52	C 91 10 C 177 66 77 67 150 8 8 159 46 144 88 135 88 88 88 88 88 88 88 88 88 88 88 88 88	34 B 123 175 115 1 38 B 171 163 21 20 153 21 20 153 0 37 161 93 104 165 169 90	<b>al 3</b> <b>A</b> 2 139 <b>B</b> 174 103 22 40 75 160 81 102 86 6 138 <b>A</b> 25 <b>B</b> 5 32 24 103 102 103 103 103 103 103 103 103 103	157 16 D 141 120 49 C 74 8 99 180 8 172 A 62 133 72 133 72 133	D 1566 109 68 8 127 168 128 128 128 128 128 128 128 128 114 108 0 71 0 98 63 113 99 63 113 8 73 97	D 51 164 82 140 61 11 97 60 170 56 D 117 147 145 41 154 106 118 18 6 2	A 29 D 124 C 6 8 35 100 C 4 4 8 146 8 6 C 136 146 136 146 146 136 7 142 146 146 146 146 146 146 146 146 146 146
D 152 44 D 84 C 22 88 60 28 88 82 82 88 82 88 82 5 71 29 C 67 7 C 67 7 4 4	C 147 52 144 161 85 25 119 D 8 46 8 46 8 46 8 72 C C 137 72 139 146 131 154 75 122 66	19 A 90 42 128 110 136 5 3 41 130 16 153 6 159 112 170 B 162 116 1 16 2 116 1 12 4 134	101 100 51 168 B 158 D 300 7 151 95 123 A 157 180 149 58 5 76 111 133 A 157 7 151	D 56 B 74 11 A 107 70 D 86 173 17 145 165 138 48 48 48 48 48 96 109 8 169 8 169	64 A 33 55 C 47 73 117 4 36 50 D 179 91 13 127 118 140 23 78 115 63	C 20 178 8 26 176 156 177 33 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 10 14 61 0 62 8 124 0 27 8 124 7 8	105 49 114 65 53 39 99 89 D 125 87 D 120 A 37 120 A 129 45 163 C 126	A 69 79 143 166 97 148 150 121 104 38 106 C 92 174 68 57 83 C 9 9 32 155	98 C 167 80 160 A 35 B 77 C 40 A A 175 D 34 A A 59 B 24 31 B 24 31 B 164 21	c	D 48 5 A 131 C B 96 D A 67 B 115 A 130 B 51 C 84 B 165 C 84 B 128	125 7 68 146 D 133 132 C C 36 77 1 58 142 31 155 29 A 161 119 138 D 145 5 4	B 8 8 C 87 147 90 1355 121 27 126 25 63 66 144 21 27 112 89 37 37 37	46 8 28 52 32 107 160 20 20 22 151 174 175 174 18 47 D 109 79 164 3 149 50	C 57 159 179 45 75 D 80 97 A 171 108 92 8 152 15 167 A 177 722 33 3 43	(b) al 2 D 176 158 105 B 111 122 139 85 60 74 99 26 42 C 34 A 114 55 88 137 99 C	59 162 177 76 49 110 94 71 129 4 9 4 9 4 9 4 103 23 14 103 23 14 173 170 A 143	C 65 78 91 156 91 40 62 141 199 56 102 35 9 40 C 169 102 35 9 40 C 169 102 124 93 98 7 8	1116 12 73 2 4 38 127 39 120 61 123 6 1123 6 1123 81 8 8 123 6 1123 81 154 8 8 8 2 118 8 8 2 118 4 7 95	A 24 83 D 104 D 111 13 C B 8 153 C 180 A 44 41 8 106 C B 8 300 A 8 30 6 R		C D 69 D A D 167 126 D 167 8 70 A C C A 7 B 12 14 42 2 152 C A 7 155 5 C A 7 155 5 C A 7 125 125 125 125 125 125 125 125 125 125	101 65 54 178 95 28 30 C 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50	143 94 89 173 27 A 125 122 9 149 57 45 130 151 110 119 162 78 43 52 77	C 91 10 C 17 66 77 75 150 8 159 46 144 84 84 84 85 135 88 8 8 8 8 8 8 8 7 111 87 87 107	34 B 123 175 115 1 163 21 20 153 21 20 153 21 20 153 104 165 169 90 0 C 76	A 2 139 B 174 103 22 400 81 102 86 6 6 138 A 25 B 5 32 24 5 32 24 105 79	157 16 D 141 120 49 C 74 B 99 180 B 172 180 B 172 13 A 62 13 A 53 72 133 131 23 36	D 156 109 68 8 127 168 128 148 98 114 108 148 98 114 108 0 71 99 63 113 8 73 73 73 79 2	D 51 164 82 140 61 111 97 60 170 56 0 0 1177 145 41 154 118 18 6 118 18 6 58 55	A 29 D 124 C 166 8 35 100 C 33 129 C 4 8 8 146 8 146 8 146 7 142 7 4 142 7 4 142 7 4 142 7 144 7 7 144 144

Checks não vizinhas Checks vizinhas Test lines não repetidas

**Figura A.1.** Layouts para o Delineamento 1 descritos na Tabela 3.1 onde consideramos p=0%, 180 test lines não duplicadas, 4 checks repetidas 15 vezes para  $\phi_g = 0.9$ , ao assumir (a) efeitos aleatórios de test lines e (b) efeitos fixos de test lines no modelo para gerar o delineamento.

																(a)															
				Loc	al 1										Loc	al 2										Loc	al 3				
G	77	В	44	D	12	1	Δ	3	в		D	38	75	В	17	В	C	38	37	Δ	1	78	C	3	56	101	D	148	В	134	Δ
D	134	106	19	12	в	37	176	28	155		A	134	6	51	141	156	12	52	13	55		в	130	158	113	C	88	60	77	D	125
в	21	128	162	60	82	133	9	103	А		4	147	106	73	21	111	54	в	170	162		31	168	91	60	155	103	152	А	100	50
160	115	89	131	55	79	15	178	146	27	-	B	136	28	149	B	90	158	140	171	C		18	50	147	87	116	172	17 P	144	C	163
97	107	137	3	48	42 91	151	96	74	D		19	33	108	126	34	31	109	29	98	49		108	42	B	167	A	126	175	92 D	73	58
А	25	138	122	с	121	98	D	179	170		D	168	А	10	174	143	24	46	110	48		58	40	166	D	162	59	61	137	13	А
109	171	172	15	99	39	36	157	108	С		53	5	123	154	24	97	1	130	85	138		135	106	А	165	132	36	79	37	С	136
D 166	4	29	20	152	40	65 56	16	76	58 46		A 64	101 D	57 89	8 65	151	35 96	14 59	78	125 76	C 39		43 49	141	171	84 B	59 121	20	161	146	169	49
165	90	164	18	111	92	32	10	130	A		39	71	139	25	82	27	105	153	67	D		34	2	С	129	53	110	56	19	43	66
в	129	9	22	125	148	11	17	62	2		31	137	29	122	27	Α	161	77	18	42		54	119	180	10	133	23	177	24	70	D
17	102	30	159	10	8	14	168	В	33		D	120	107	В	159	112	58	28	119	30		D	178	8	109	156	142	128	54	5	26
A 73	38 B	13 75	87	57	5	31 136	19	83	D 94		57 C	A 61	41	74 84	40 93	33 16	25	116	152 C	A 178		154 30	98 D	16 80	11	93	53 74	75 C	140 6	A 105	149 57
150	112	26	153	49	142	13	124	72	С		17	47	С	79	26	40	A	114	142	В		55	102	22	94	A	139	145	159	38	12
167	88	147	119	105	68	69	100	81	163		11	128	146	22	23	132	92	34	180	113		71	44	123	151	67	В	173	А	95	32
8	2	169	66	158	4	41	23	С	139		С	167	80	169	173	69	23	135	102	D		29	124	15	45	7	69	9	96	В	64
D 6	180 71	63 B	C 127	173	156 24	113 93	117 61	84 35	A 53		30 60	155 36	56 150	133	35 63	26 66	2 D	86 62	43 83	22 B		57 65	33 27	62 41	122	48 89	86 25	45 97	107 C	39 35	D 127
7	140	59	52	70	С	141	110	64	в		D	99	88	165	115	148	124	163	D	103		52	179	68	C	85	153	47	82	28	51
А	11	135	174	85	154	114	144	126	7		20	164	175	172	45	32	68	72	129	С		47	72	А	138	в	115	46	76	117	44
51	34	143	С	80	20	67	104	A	78		В	145	7	94	179	157	95	9	36	166		81	В	174	4	160	С	14	164	55	63
A	47	D	118	A	43	В	C	101	D	IL	50	A	100	C	32	В	104	D	118	A		A	21	51	99	46	131	42	48	1/0	в
[		Cheo	:ks n	ião v	izinl	has		Tes	t line	es e/ou	ch	ecks	s vizi	nha	s	Т	est li	ines	repe	etida	s não	o vizi	nha	•	_ T	est li	nes	não	repe	etida	s
[		Cheo	cks n	ião v	izini	has		Tes	t line	es e/ou	ch	ecks	s vizi	nha	s	т (b)	est l	ines	repe	etida	s não	o vizi	nha	s [	] T	est li	ines	não	repe	etida	S
[		Cheo	cks n	ião v Loc	izini al 1	has		Tes	t line	es e/ou	ch	ecks	s vizi	nha	s Loc	т (b) al 2	est I	ines	repe	etida	s não	o vizi	nhas		_ T	est li Loc	ines al 3	não	repe	etida	S
[ A	В	90	58	Ião v	izini al 1	has c	18	<b>Tes</b>	t line	es e/ou	cho A	B	<b>vizi</b>	c	S Loc	(b) al 2	est l	<b>ines</b>	107	etida D	s não	o vizi	<b>nha</b> :	44	_ <b>T</b>	est li Loc	nes al 3	não	repe D	etida	S
A 110 92	B 42 172	90 166	58 134	D 155	al 1	C 83	18 44	14 112	B C	es e/ou	A D	B 62	161 B	c 167	s	(b) al 2	A 21	29 170	107 68	D 82	s não	D 106	105 41	44 54	A 130	est li Loc 59 C	nes al 3	C 58	D 63 91	165 2	B 73 12
A 110 92 A	B 42 173 84	90 90 166 A 162	58 134 95 132	D 155 144 120	27 B 119 174	C 83 149 51	18 44 152 180	<b>Tes</b> 14 112 A 57	B C 87 146	es e/ou	A D 94 C	B 62 176 105	161 122 165	C 167 145 11	<b>S</b> <b>Loc</b> 96 28 39 166	(b) al 2 93 48 14 150	A 21 89 69	29 170 98 A	107 68 169 142	D B 53	s não	D 106 C 42	105 41 173 90	44 54 138 175	<b>A</b> 130 88 16	<b>Loc</b> 59 C 74 176	nes al 3 5 128 20 C	C 58 140 34	D 63 91 171	165 2 42 10	B 73 13 40
A 110 92 A 91	B 42 173 84 D	90 166 A 162 151	58 134 95 132 D	<b>D</b> 155 144 120 117	izinl al 1 27 B 119 174 156	C 83 149 51 133	18 44 152 180 22	<b>14</b> 112 A 57 37	B C 87 146 135	es e/ou	A D 94 C D	B 62 176 105	161 161 122 165 114	C 167 145 11 90	96 28 39 166 32	<b>T</b> (b) <b>al 2</b> 93 48 14 150 172	A 211 89 69 19	29 170 98 A 71	107 68 169 142 13	D 82 8 53 65	s não	D 106 C 42 32	105 41 173 90 1111	44 54 138 175 A	A 130 88 16 103	<b>EST</b> II <b>LOC</b> 59 C 74 176 A	al 3	C 58 140 34 30	D 63 91 171 172	165 2 42 10	B 73 13 40 B
A 110 92 A 91 A	B 42 173 84 D 67	90 166 A 162 151 65	58 58 134 95 132 D 26	<b>D</b> 155 144 120 117 123	<b>al 1</b> 27 B 119 174 156 33	C 83 149 51 133 72	18 44 152 180 22 78	14 112 A 57 37 8	B C 87 146 135 D	es e/ou	A D 94 C D	B 62 176 105 31	161 161 122 165 114 175	C 167 145 11 90 1	96 28 39 166 32 158	<b>T</b> (b) <b>al 2</b> 93 48 14 150 172 D	A 21 89 69 19	29 170 98 A 71 30	107 68 169 142 13 117	D 82 8 53 65 8	s não	D 106 C 42 32 C	105 41 173 90 1111 71	44 54 138 175 A 31	A 130 88 16 103 114	<b>Example 1</b> <b>Example 1</b> <b>Examp</b>	nes al 3 5 128 20 C 75 123	<b>C</b> 58 140 34 30 51	D 63 91 171 172 121	165 2 42 10 179 62	B 73 13 40 B 67
A 110 92 A 91 A 54	B 42 173 84 D 67 11	90 166 A 162 151 65 179	58 134 95 132 D 26 109	<b>D</b> 155 144 120 117 123 <b>5</b> 154	izini al 1 27 B 119 174 156 33 131 43	C 83 149 51 133 72 124	18 44 152 180 22 78 107	14 112 A 57 37 8 19 52	B C 87 146 135 D 150 C	es e/ou	A D 94 C D 49 29 R	B 62 176 105 106 31 D 85	161 B 122 165 114 175 99 86	C 167 145 11 90 1 44	96 28 39 166 32 158 35	<b>T</b> (b) <b>al 2</b> 93 48 14 150 172 <b>D</b> 146 163	A 21 89 69 19 164 A 135	29 170 98 A 71 30 9	107 68 169 142 13 117 76 137	D 82 8 53 65 8 D 20	s não	D 106 C 42 32 C 26 27	105 41 173 90 1111 71 117 132	44 54 138 175 A 31 70 69	A 130 88 16 103 114 150 A	Est II Loc 59 C 74 176 A 161 52 14	nes al 3 5 128 20 C 75 123 180 133	C 58 140 34 30 51 112	D 63 91 171 172 121 38 65	165 2 42 10 179 62 160 8	B 73 13 40 B 67 54 115
A 110 92 A 91 A 54 172 34	B 42 173 84 D 67 11 141 125	90 166 A 162 151 65 179 164	58 134 95 132 0 26 109 12 80	D 155 144 120 117 123 5 154 A	27 B 119 174 156 33 131 43 20	C 83 149 51 133 72 124 115 148	18 44 152 180 22 78 107 158 139	14 112 A 57 37 8 19 52 A	B C 87 146 135 D 150 C 100	es e/ou	A D 94 C D 29 B 6	B 62 176 105 106 31 D 85 77	161 161 122 165 114 175 99 86 8	C 167 145 11 90 1 44 121 139	S 96 28 39 166 32 158 35 128 17	<b>T</b> (b) <b>al 2</b> 93 48 14 150 172 D 146 163 154	A 21 89 69 19 164 A 135 61	29 170 98 A 71 30 9 120 10	107 68 169 142 13 117 76 137 75	D 82 8 53 65 8 0 20 95	s não	D 106 C 42 32 C 26 27 D	105 41 173 90 111 71 117 132 7	44 54 138 175 A 31 70 69 87	A 130 88 16 103 114 150 A 127	<b>Loc</b> 59 C 74 176 A 161 52 14 81	nes al 3 5 128 20 C 75 123 180 133 60	C 58 140 34 30 51 112 152	D 63 91 171 172 121 38 65 11	165 2 42 10 179 62 160 B 124	B 73 13 40 8 67 54 115 C
A 110 92 A 91 A 54 54 234 B	B 42 173 84 D 67 11 141 125 171	90 166 A 162 151 65 179 164 1 145	58 134 95 132 0 26 109 12 80 50	<b>D</b> 155 144 120 117 123 <b>5</b> 154 A 66	27 B 119 174 156 33 131 43 20 1113	C 83 149 51 133 72 124 115 148 39	18           44           152           180           22           78           107           158           139           5	14           112           A           57           37           8           19           52           A           81	B C 87 146 135 D 150 C 100 4	es e/ou	A D 94 C D 49 29 B 6 21	B 62 176 105 106 31 D 85 77 25	161 B 122 165 114 175 99 86 B 180	C 167 145 11 90 1 44 121 139 110	96 28 39 166 32 158 35 128 17 D	Ti           (b)           al 2           93           48           14           150           172           D           146           163           154           37	A 21 89 69 19 164 A 135 61 79	29 170 98 A 71 30 9 120 10 24	107 68 169 142 13 117 76 137 75 116	D 82 83 65 8 0 20 95 C	s não	D 106 C 42 32 C 26 27 D 80	105 41 173 90 1111 71 117 132 7 153	44 54 138 175 A 31 70 69 87 108	A 130 88 16 103 114 150 A 127 102	<b>Example 1</b>	nes al 3 5 128 20 C 75 123 180 133 60 1	<b>C</b> 58 140 34 30 51 112 152 151 134	D 63 91 171 172 121 38 65 11 23	165 2 42 10 179 62 160 B 124 52	B 73 13 40 8 67 54 115 6 107
A 110 92 A 91 A 54 234 B C C	B 42 173 84 D 67 11 141 125 171 153	90 166 A 162 151 65 179 164 1 145 B	58 134 95 132 0 26 109 12 80 50 76	<b>D</b> 155 144 120 117 123 5 154 <b>A</b> 66 20	27 B 119 174 156 33 131 43 20 113 45	C 83 149 51 133 72 124 115 148 39 177	18           44           152           180           22           78           107           158           139           5           106	14 112 A 57 37 8 19 52 A 81 13	B C 87 146 135 D 150 C 100 4 A	e/ou	A D 94 C D 29 8 6 21 57	B 62 176 105 106 31 D 85 77 25 152	161 <b>B</b> 1222 165 114 175 99 86 <b>B</b> 180 130	C 167 145 11 90 1 1 44 121 139 110 38	96 28 39 166 32 158 35 128 17 D 37	Ti           93           48           14           150           146           163           154           37           25	A 21 89 69 19 164 A 135 61 79 34	29 170 98 A 71 30 9 120 10 24 36	107 68 169 142 13 117 76 137 75 116 111	D 82 B 53 65 B D 20 95 C C 41	s não	D 106 C 42 32 C 26 27 D 80 B	105 41 173 90 111 71 117 132 7 153 51	44 54 138 175 A 31 70 69 87 108 50	A 130 88 16 103 114 150 A 127 102 97	Est li 59 C 74 176 A 161 52 14 81 100 47	nes           al 3           5           128           20           C           75           123           180           133           60           1           113	<b>C</b> 58 140 34 30 51 112 152 151 134 46	D 63 91 171 172 121 38 65 11 23 29	165 2 42 10 179 62 160 8 124 52 44	B 73 13 40 8 67 54 115 C 107 A
A 110 92 A 91 A 54 172 34 B C 7 7	B 42 173 84 D 67 11 141 125 171 153 2 19	90 166 A 162 151 65 179 164 1 145 B 137 09	58 134 95 132 D 26 109 12 80 50 76 79	<b>D</b> 155 144 120 117 123 5 154 A 66 20 60 C	27 B 119 174 156 33 131 43 20 113 45 55 82	C 83 149 51 133 72 124 115 148 39 1777 102	18 44 152 180 22 78 107 158 139 5 106 8 72	14 112 A 57 37 8 19 52 A 81 113 114	B C 87 146 135 D 150 C 100 4 A 6 99	s e/ou	A D 94 C D 29 8 6 21 57 40	B 62 176 105 106 31 D 85 77 25 152 12	161 8 122 165 114 175 99 86 8 180 130 29 24	C 167 145 11 90 1 44 121 139 110 38 88	96 28 39 166 32 158 35 128 17 D 37 179 51	Tr           (b)           al 2           93           48           14           150           172           D           146           163           154           37           25           40	A 21 89 69 19 164 A 135 61 79 34 143	29 170 98 A 71 30 9 120 10 24 36 97	107 68 169 142 13 117 76 137 75 116 111 64	D 82 8 53 65 8 0 20 95 C 41 32	s não	D 106 C 42 32 C 26 27 D 80 B D 25	105 41 173 90 111 117 132 7 153 51 99 169	44 54 138 175 A 31 70 69 87 108 50 147 126	A 130 88 16 103 114 150 A 127 102 97 21	Est li 59 C 74 176 A 161 52 14 81 100 47 12	nes al 3 5 128 20 C 75 123 180 133 60 1 1113 148 25	C 58 140 34 30 51 112 152 151 134 46 59	D 63 91 171 172 121 38 65 11 23 29 57	165 2 42 10 179 62 160 <b>B</b> 124 52 44 169 92	B 73 13 40 8 67 54 115 C 107 A D 0
A 110 92 91 A 91 A 54 54 172 34 B C 7 7 46 8	B 42 173 84 D 67 11 141 125 171 153 2 2 19 47	90 166 A 162 151 65 179 164 1 145 B 137 98	58 134 95 132 D 26 109 12 80 50 76 79 160 75	D           155           144           120           117           123           5           154           A           66           20           60           C           62	27 B 119 174 156 33 131 43 20 113 45 55 82 127	C 83 149 51 133 72 124 115 148 39 1777 102 D 122	18           44           152           180           22           78           107           158           139           5           106           B           73           168	14           112           A           57           37           8           19           52           A           81           13           114           A           114	B C 87 146 135 D 150 C 100 4 A 6 99 B	s e/ou	A D D P 49 29 B 6 21 57 40 18 B	B 62 176 105 106 31 D 85 77 25 152 12 59 36	161 B 122 165 114 175 99 86 B 180 130 29 24 73	C 167 145 11 90 1 1 44 121 139 110 38 88 88 168 C	96 28 39 166 32 158 35 128 17 D 37 179 51 144	Tr           (b)           al 2           93           48           14           150           172           D           146           163           154           37           25           40           140           5	A 21 89 69 19 164 A 135 61 79 34 143 109 162	29 170 98 A 71 30 9 120 10 24 36 97 101 D	107 68 169 142 13 117 76 137 75 116 111 64 102 178	D 82 B 53 65 8 D 20 95 C 41 32 A 74	s não	D 106 C 42 32 C 26 27 D 80 B D 35 48	105 41 173 90 111 71 117 132 7 153 51 99 163 129	44 54 138 175 A 31 70 69 87 108 50 147 136 137	A 130 88 16 103 114 150 A 127 102 97 21 122 18	Est II 59 C 74 176 A 161 52 14 81 100 47 12 166 B	nes 5 128 20 C 75 123 180 1 133 60 1 113 148 25 89	C 58 140 34 30 51 112 152 151 134 46 59 83 146	D 63 91 171 172 121 38 65 11 23 29 57 158 28	165         2           42         10           1779         62           160         B           124         52           44         169           82         85	B 73 13 40 8 67 54 115 C 07 A 107 A 0 A C
A 110 92 A A 91 A A 54 172 34 B C: 7 7 46 8 8 53	B 42 173 84 D 67 11 141 125 171 153 2 19 47 21	90 166 A 162 151 65 179 164 1 145 8 137 98 93	58 134 95 132 0 26 109 26 109 12 80 50 76 79 160 75 176	<b>D</b> 155 144 120 117 123 <b>5</b> 154 <b>A</b> 66 <b>20</b> 60 <b>C</b> 62 <b>15</b>	27 B 119 174 156 33 131 131 43 20 113 45 55 82 127 140	C 83 149 51 133 72 124 115 148 39 1777 102 D 122 77	18           44           152           180           22           78           107           158           139           5           106           8           73           168           A	14           112           A           57           37           8           19           52           A           81           114           A           114           A           114           A           1129	B C 87 146 135 D 150 C 100 4 A 6 99 99 B 85	se/ou	A D 94 C D 29 8 6 21 6 21 6 7 7 40 18 8 8 47	B 62 176 105 106 31 D 85 77 25 152 152 152 152 36 70	161 122 165 114 175 99 86 8 180 130 29 24 73 118	C 167 145 11 90 1 144 121 139 110 38 88 168 C 132	S S S S S S S S S S S S S S	Tr           (b)           al 2           93           48           14           150           172           D           146           163           154           37           25           40           140           5           151	A 21 89 69 19 164 A 135 61 79 34 143 109 162 173	29 170 98 A 71 30 9 120 10 24 36 97 101 0 131	107 68 169 142 13 117 76 117 137 75 116 111 64 102 178 123	D 82 8 53 65 8 0 20 95 C 41 32 A 74 16	s não	D 106 C 42 32 C 26 27 D 80 8 B D 35 48 C	105 41 173 90 111 177 132 7 153 51 99 163 129 79	44 54 138 175 A 31 70 69 87 108 50 147 136 137 68	A 130 88 16 103 114 150 A 127 102 97 21 122 18 45	Elect II 59 C 74 176 A 161 52 14 81 100 47 12 166 B 98	al 3           5           128           20           C           75           123           180           1           113           148           25           89           104	<b>C</b> 58 140 34 30 51 152 152 151 134 <b>46</b> 59 83 146 164	D 63 91 171 172 121 38 65 11 23 29 57 158 28 77	165 2 42 10 179 62 160 8 124 52 44 169 82 85 168	B 73 13 40 8 67 54 115 C 107 A D A C 119
A 110 92 A 91 34 54 7 7 46 8 53 18	B 42 173 84 D 67 11 141 125 171 153 2 19 47 21 32	90 166 A 162 151 65 179 164 1 145 8 137 98 93 36	58 134 95 132 D 26 109 12 80 50 76 79 160 75 176 9	<b>D</b> 1555 144 1200 1117 1233 5 154 <b>A</b> 666 60 <b>C</b> 60 <b>C</b> 62 15 94	27 8 119 174 156 33 131 43 20 113 45 55 82 127 140 17	C 83 149 51 133 72 124 115 148 39 177 102 D 122 77 86	18           44           152           180           22           78           107           158           139           5           106           8           73           168           A           48	14           112           A           57           37           8           19           52           A           81           13           114           A           12           D	B C 87 146 135 D 150 C 100 4 A 6 99 B 85 49	se/ou	A D D 29 49 29 8 6 21 57 40 18 8 47 34	B 62 176 105 106 31 D 85 77 25 152 152 152 152 152 36 70 66	161 8 122 165 114 175 99 86 8 180 130 29 24 73 118 156	C 167 145 11 90 1 1 44 121 139 110 38 88 168 C 132 45	S P P P P P P P P P P P P P	Tr (b) al 2 93 48 14 150 172 D 146 163 154 37 25 40 140 5 151 26	A 21 89 69 19 164 A 135 61 79 34 143 109 162 173 124	29 170 98 A 71 30 9 120 10 120 10 24 36 97 101 D 131 B	107 68 169 142 13 117 76 137 75 116 111 64 102 178 123 104	D 82 8 53 65 8 0 20 95 C C 41 32 41 16 C C	s não	D 106 C 42 32 C 26 27 D 80 80 B D 35 48 C 37 37	105 41 173 90 111 71 132 7 153 51 99 163 129 79 17	44 54 138 175 A 31 70 69 87 108 50 147 136 137 68 137	A 130 88 16 103 114 150 A 127 102 97 21 122 18 45 170	Est II 59 C 74 176 A 161 52 14 81 100 47 12 166 8 98 142	state         state           128         20           123         20           123         133           60         1           1133         60           1         113           148         25           89         104           36         36	C 58 140 34 30 51 112 151 151 134 46 59 83 146 164 45	D 63 91 1711 1722 1211 38 65 111 23 29 57 158 28 77 118	165           2           42           10           179           62           160           B           124           52           44           169           82           85           168           144	B 73 13 40 8 67 54 115 C 7 7 7 119 8
A 110 92 A 91 172 34 B C 7 7 46 8 53 18 18 17 7 2 2	B 42 173 84 D 67 11 141 125 171 153 2 19 47 21 32 14 32	90 166 A 162 151 65 179 164 1 145 137 98 137 98 0 93 36 159	58 134 95 132 D 26 109 12 80 50 76 79 160 75 176 9 138	<b>D</b> 155 144 120 117 123 5 154 <b>A</b> 66 20 60 C C 62 15 94 35	27 B 119 174 156 33 131 131 43 20 113 45 55 82 127 140 17 74 109	C 83 149 51 133 72 124 115 148 39 177 102 D 1222 77 78 86 101	18           44           152           180           22           78           106           8           73           168           A           48           30           7	14           112           A           57           37           8           19           52           A           113           114           1           13           114           28           9°	B           C           87           146           135           D           150           C           100           4           A           6           99           B           85           49           103	se/ou	A D 94 C 29 8 6 6 21 7 7 40 18 8 8 47 7 34 18 8 3 4 7	B 62 176 105 106 31 D 85 77 25 152 12 59 36 70 66 33 35°	161 B 122 165 114 175 99 86 B 180 29 24 73 118 156 50 4	C 167 145 11 90 1 1 44 121 139 110 38 88 88 88 88 6 C 132 45 22 109	96 28 39 166 32 158 35 128 177 0 37 179 51 144 1777 7 80 25	T(b) al 2 93 48 14 150 172 D 146 163 154 37 25 151 26 84 84 9	A 21 89 69 19 164 A 135 61 79 34 143 109 162 173 124 23 22	29 170 98 A 71 30 9 9 7 120 100 24 36 97 101 0 101 0 131 8 7 39	107 68 169 142 13 117 75 116 111 117 137 75 116 111 102 178 123 104 112 23	D 82 8 53 65 8 0 95 65 8 0 95 65 8 0 95 65 7 41 32 74 16 6 74 16 16 9 160	s nāc	D 106 C 42 2 C 26 27 D 80 8 0 80 8 0 35 48 C 33 5 48 C 37 A P	105 41 173 90 1111 71 117 132 7 153 51 99 163 129 79 163 129 79 17 64	44 54 138 175 A 31 70 69 87 108 50 147 136 137 68 157 109 94	A 130 88 16 103 114 150 A 127 102 97 21 122 18 45 170 9 9	Locc 59 C 74 176 A 161 52 14 81 100 47 12 166 8 98 142 135 46	al 3           5           128           20           C           75           123           180           133           60           1           113           148           25           89           104           36           8           41	C 58 140 34 30 51 112 152 151 134 46 59 83 146 164 45 50 154	D 63 91 171 172 121 38 65 11 23 29 57 158 28 77 71 18 159 55	165 2 42 10 179 62 160 8 124 41 169 82 85 168 82 85 168 82 85	B 73 13 40 B 67 54 115 C 7 4 0 7 4 0 7 7 7 4 0 7 7 7 7 7 7 7 7 7
A 110 92 A 91 172 7 46 8 53 18 18 17 7 8 24	B 42 173 84 D 67 11 141 125 171 153 2 19 47 21 32 14 96 61	90 166 A 162 151 65 179 164 1 145 8 137 98 137 98 93 36 159 143 25	58 134 95 132 D 26 109 12 80 50 76 79 160 75 176 9 138 111 56	D           155           144           120           117           123           5           154           A           66           20           60           60           62           15           94           35           16           136	al 1 27 B 119 174 156 33 131 43 20 113 45 55 82 127 140 17 74 108 97	C 83 149 51 133 72 124 115 148 39 177 102 D 122 77 86 101 128 16	18           44           152           180           22           78           107           158           139           5           106           8           73           168           A           48           30           7           11	14           112           A           57           37           8           19           52           A           81           13           114           A           147           129           D           28           88           89	B C 87 146 135 D 150 C 100 4 A 6 9 9 9 8 8 5 49 103 D 126	se/ou	A D 34 C D 49 29 B 6 6 21 57 40 18 B 8 47 34 6 3 4 7 34 6 3 4 7 7 8 8 6 7 7 7 8 8 8 8 8 8 7 7 7 8 8 8 8	B 62 176 105 106 31 D 85 77 25 152 152 152 152 152 152 152 36 70 66 33 58 91	161 B 122 165 114 175 99 86 B 180 130 29 24 73 118 156 50 4 67	C 167 145 11 90 1 44 121 139 110 38 88 168 C 132 45 22 108 30	96 28 39 166 32 158 35 128 179 51 144 177 7 80 26 92	T(b) al 2 93 48 14 150 172 D 146 163 154 37 25 40 140 5 151 26 84 84 8 27	A 21 89 19 164 A A 1355 61 173 124 23 22 155	29 170 98 A 71 30 9 120 10 120 10 24 36 97 101 10 124 36 97 101 10 131 8 8 77 8 78	107 68 169 142 13 117 76 137 75 116 111 64 123 104 112 123 104 112 31	D 82 8 53 65 8 0 20 95 C 41 32 4 74 16 C 8 160 D	s não	D 106 C 26 27 D 80 B D 35 48 C 35 48 C 37 A A B 33	105 41 173 90 111 71 117 132 7 153 51 99 163 129 99 163 129 79 17 64 66 D	44 54 138 175 A 31 70 69 87 108 50 147 136 137 68 157 109 94 156	A 130 88 16 103 114 150 A 127 21 122 97 21 122 18 45 170 9 141 120	59 C 74 176 A 161 152 14 81 100 47 12 166 B 98 142 135 46 57	al 3 5 128 20 C C 75 123 180 133 60 1 113 148 25 89 104 36 8 41 53	C 58 140 34 30 51 112 151 151 154 164 46 59 83 146 164 45 50 154 101	D 63 91 171 172 121 38 65 11 23 29 57 158 28 77 158 28 77 118 159 55 55 43	165 2 42 10 179 62 160 8 124 52 44 169 82 85 168 144 116 95 162	B 73 13 40 8 67 54 115 C 107 A 0 0 8 119 8 177 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
A 110 92 4 91 7 4 6 8 53 4 8 53 18 18 18 24 2 4 6 C	B 42 173 84 D 67 111 141 125 171 153 2 19 47 7 21 19 47 21 19 61 51 84 96 61	90 166 A 162 151 65 179 164 1 1 145 B 137 98 0 93 36 137 93 36 159 143	58 134 95 132 D 26 109 12 80 50 76 79 160 75 176 9 138 111 56 29	D           155           144           120           117           123           5           154           A           66           20           60           C           62           15           94           35           16           136	al 1 27 B 119 174 156 33 131 13 43 20 113 43 20 113 45 55 82 127 140 17 74 108 97 157	C 83 149 51 133 72 124 115 148 39 1777 102 D 122 77 86 101 122 77 86 101 122 122 122 122 122 122 122 122 122	18           44           152           180           22           78           107           158           139           5           106           8           30           7           11           163	14           112           A           57           37           8           19           52           A           13           114           129           52           A           13           114           28           88           89           B	B C 87 146 135 D 150 C 100 4 A 6 99 9 9 9 9 9 8 8 5 49 103 D 126 38		A D D D 29 49 29 8 6 21 0 40 29 8 6 21 0 8 6 21 0 18 8 8 47 7 34 40 6 33 4 7 7 8 8 7 7 8 8 8 8 7 7 8 8 8 8 8 8 8	8 62 176 105 31 06 31 0 85 77 25 152 12 59 36 70 66 33 58 91 100	161 8 122 165 114 175 99 86 8 180 130 29 24 73 118 156 50 4 67 52	C 167 145 11 90 1 44 121 139 110 38 88 C 132 45 22 108 30 27	S Locc 96 28 39 166 32 158 35 128 17 D 37 179 51 144 177 7 80 26 92 149	Tr           (b)           al 2           93           48           14           150           172           D           146           163           154           37           25           40           5           151           26           84           8           27           54	A 21 89 69 19 164 A 135 61 79 34 143 109 162 173 124 22 155 127	29 170 98 A 71 30 9 120 100 24 36 97 100 101 101 101 101 101 8 87 39 78 133	107 68 169 142 13 117 76 137 75 116 111 111 64 102 178 123 104 112 31 55 6	D 82 B 53 65 B D 20 95 C C 20 95 C 20 95 C 41 41 32 A A 74 16 C B 160 D 159	s não	D 106 C 42 32 C 26 27 D 80 B D 35 48 C 37 37 A A B 33 4	105 41 173 90 111 117 132 7 153 51 99 163 129 79 163 129 79 17 64 66 D 174	44 54 138 175 A 31 70 69 87 108 50 147 136 137 68 157 109 94 156 72	A 1300 888 16 103 1144 1500 A 1277 102 977 211 1220 18 455 1700 9 1411 1200 53	ELOC 59 C 74 176 A 161 52 14 81 100 47 12 166 B 98 142 135 46 57 49	al 3           5           128           20           C           75           123           180           133           60           1           113           148           25           89           104           36           8           41           53           131	<ul> <li>não</li> <li>58</li> <li>140</li> <li>34</li> <li>30</li> <li>51</li> <li>152</li> <li>151</li> <li>152</li> <li>151</li> <li>154</li> <li>164</li> <li>45</li> <li>50</li> <li>154</li> <li>101</li> <li>22</li> </ul>	D 63 91 171 172 121 38 65 11 23 29 57 118 28 28 77 118 159 55 43 139	165           2           42           10           179           62           160           8           124           52           44           169           82           85           168           144           116           95           162           86	B 73 13 40 8 67 54 115 C 107 A 0 0 8 119 8 177 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
A 110 92 91 91 A 91 A 54 4 7 7 46 8 53 18 172 24 46 8 53 18 172 24 6 6	B 42 173 84 D 67 11 141 125 171 153 2 19 47 7 21 32 21 32 21 32 14 96 61 118 118	90 166 A 162 151 65 179 164 1 145 137 98 143 25 59 23	58 134 95 132 D 26 109 12 80 50 76 79 160 75 176 9 160 9 138 177 9 160 9 160 9 160 9 160 9 175	<b>D</b> 155 154 120 117 123 5 154 <b>A</b> 66 20 60 60 60 60 62 15 94 35 16 138 64 63	27 B 119 174 156 33 131 43 20 113 45 55 82 127 140 177 140 177 140 177 140 177 167 161	C 83 149 51 133 72 124 115 148 39 177 102 D 122 D 122 77 86 101 128 16 104 9	18           44           152           180           22           78           107           158           139           5           69	14           112           A           57           37           8           19           52           A           13           114           A           13           114           A           129           D           28           89           B           121	B           C           87           146           155           D           150           C           100           4           A           6           99           85           49           103           D           126           38           C		A D 944 C D 299 B 6 210 29 8 6 21 29 8 6 21 29 8 8 6 21 29 8 8 6 21 29 8 8 6 21 29 8 8 6 21 29 8 8 6 21 29 8 8 6 20 29 8 8 6 20 29 8 8 6 20 29 8 8 6 6 20 20 8 20 8 20 8 20 8 20 8 20	B 62 176 105 106 31 D 85 77 25 152 152 152 152 152 36 70 66 33 58 91 100 126	161 8 122 165 114 175 99 86 8 180 130 29 24 73 118 156 50 4 67 52 148	C 167 145 11 90 1 144 121 139 110 38 88 168 C 132 45 22 108 30 27 83	S 28 39 166 32 158 35 128 17 D 37 179 51 144 1777 7 80 26 92 149 125	T           (b)           al 2           93           48           14           150           172           D           146           163           154           37           25           40           140           5           151           26           84           27           54           157	A 21 89 69 19 164 A 135 61 79 34 143 109 162 173 124 23 22 155 127 15	29 170 98 A 71 30 9 120 101 24 36 97 101 101 131 8 87 39 78 133 81	107 68 169 142 13 117 76 137 75 116 64 111 112 104 112 123 104 112 31 55 C 138	D 82 B 53 65 B D 20 0 5 5 C 41 32 41 32 4 74 16 C 20 95 5 95 5 95 20 95 20 95 20 95 20 95 20 95 20 95 20 95 20 95 20 95 20 95 20 20 95 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20	s não	D 106 C 42 32 C 26 27 D 80 B D 35 48 C 37 A B 33 4 C C	105 41 173 90 111 71 132 7 7 153 51 99 163 129 79 163 129 79 17 64 66 D 174 78	44 54 138 175 A 31 70 69 87 108 50 147 136 137 68 157 109 94 156 72 6	A 130 88 16 103 114 150 A 127 102 170 97 21 122 18 45 170 9 141 120 53 110	59 C 74 176 A 161 52 14 81 100 47 12 166 B 98 142 135 46 57 49 125	nes           al 3           5           128           20           C           75           123           180           133           60           1           113           148           25           89           104           36           8           41           53           131           178	<ul> <li>não</li> <li>58</li> <li>140</li> <li>34</li> <li>30</li> <li>51</li> <li>151</li> <li>154</li> <li>164</li> <li>45</li> <li>50</li> <li>154</li> <li>101</li> <li>22</li> <li>61</li> </ul>	D 63 91 171 122 121 38 65 111 23 29 57 158 28 77 158 159 55 43 139 4	165         2           42         10           179         62           160         8           124         16           1252         44           169         82           85         168           144         116           95         162           86         76	8 73 13 40 8 67 54 115 0 7 107 4 0 8 115 0 0 119 8 177 7 0 0 0 0 1 199 8 177 107 107 107 107 107 107 107 107 107
A 110 92 A 91 91 46 54 46 8 8 53 34 8 7 7 46 8 8 53 18 8 172 2 4 46 6 5 3 18 18 19 2 4 10 6 5 1 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 1	B 42 173 84 D 67 11 141 125 171 153 2 19 47 21 32 19 47 21 32 14 96 61 118 116 41 118	90 166 A 162 151 65 179 164 1 145 8 137 98 8 0 93 36 159 143 25 59 23 68	58 134 95 132 0 26 109 12 80 50 76 79 160 75 176 9 138 111 56 29 169 0 6	D           D           155           144           120           117           123           5           154           A           66           20           60           0           0           0           0           0           0           0           0           0           0           0           0           0           15           94           35           16           136           64           63           165	al 1 27 B 119 174 156 33 131 43 20 113 45 55 5 82 127 140 177 74 108 97 157 161 157	C 83 149 51 133 72 124 115 148 39 177 102 122 77 86 101 128 16 104 9 1 120	18           44           152           78           107           158           139           5           106           8           73           168           30           7           11           163           69           71	14           112           A           57           37           8           19           52           A           113           114           A           129           D           28           89           B           121           70	B C 87 146 135 D 150 C 100 4 A 6 99 99 B 85 49 103 D 126 38 C 38 C 38 C		A D 94 C D 49 29 8 6 6 21 0 49 29 8 6 6 21 0 18 8 8 40 18 8 8 40 7 1 34 40 557 6 557 6 557 6 557 6 557 6 557 6 557 6 557 6 557 6 557 6 557 6 557 6 557 6 557 6 557 6 557 6 557 6 557 6 557 7 557 6 557 7 57 7 557 7 57 5	B 62 176 105 106 31 D 85 77 25 152 12 59 36 70 66 33 58 91 100 126 60 0	161 8 122 165 114 175 99 86 8 8 8 8 180 130 29 24 73 118 156 50 4 67 52 148 46 50 4 122 148 130 130 130 130 130 130 130 130	C 167 145 11 90 1 14 121 139 110 38 88 168 C 132 45 222 108 30 27 83 147 C	S 96 28 39 166 32 158 35 128 35 128 35 128 35 127 144 177 7 80 26 92 149 125 23 149 125 126	<b>T</b> (b) <b>al 2</b> 93 48 14 150 172 <b>D</b> 146 163 154 154 151 25 40 140 5 151 151 26 84 84 8 27 54 157 119 <i>C</i>	A 21 89 69 19 164 A 135 61 135 61 135 143 109 162 173 124 23 22 155 127 15 115 22	29 170 98 A 71 30 9 120 101 24 36 97 101 101 131 8 8 7 39 78 133 81 133 81 38	107 68 169 142 13 117 76 137 75 116 111 64 102 178 123 104 112 31 55 C 138 103	D 82 B 53 65 B D 20 95 C 41 32 0 95 C 41 32 0 95 C 41 32 8 160 D 159 A 3 3 3	s não	D 106 C 42 32 C 26 27 D 80 B D 35 48 C 37 A B 33 4 C 55 5 5 5	105 41 173 90 111 71 132 7 153 51 99 163 129 79 163 129 79 17 64 66 D 174 78 157	44 138 175 A 31 70 69 87 108 50 147 136 137 68 157 109 94 156 72 6 84 155	A 130 88 16 103 114 150 A 127 21 122 18 45 170 97 21 122 18 45 170 9 141 120 53 110 149	Est li 59 C 74 176 A 161 52 14 81 100 47 12 166 8 98 142 135 46 57 49 125 8 8 92	nes al 3 5 128 20 C 75 123 133 60 1 133 148 25 89 104 36 8 41 53 131 178 49 50 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	<ul> <li>RãO</li> <li>S8</li> <li>140</li> <li>34</li> <li>30</li> <li>51</li> <li>152</li> <li>151</li> <li>152</li> <li>151</li> <li>152</li> <li>151</li> <li>154</li> <li>164</li> <li>154</li> <li>101</li> <li>22</li> <li>61</li> <li>D</li> </ul>	D 63 91 171 121 38 65 11 23 29 57 158 28 77 118 159 55 43 139 4 96 43 139 4 96	185 2 42 10 179 62 180 8 124 52 44 189 82 85 144 116 95 188 144 116 95 188 76 76 76 76	8 73 13 40 8 67 54 115 C 107 A D 119 8 1177 D C A 145 A 145 A 47
A 110 92 A 91 97 7 7 46 8 8 53 18 8 7 7 7 46 8 8 53 18 172 24 4 6 53 18 10 0 D D	B 422 173 84 D 67 11 141 153 2 19 47 21 19 47 21 19 47 21 19 47 21 19 47 21 19 47 21 19 47 21 19 47 21 14 142 113 141 153 2 19 4 4 2 113 141 153 142 173 141 142 173 144 173 173 173 174 175 175 177 175 177 175 177 177 177 177	90 166 A 162 151 85 179 164 1 4 145 98 93 36 137 98 93 36 137 98 93 36 137 98 23 68 59 23 68 105 59 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8	58 134 95 132 D 26 109 26 70 76 79 160 75 176 79 160 75 176 9 138 111 56 29 169 6 175 175	D 155 144 120 117 123 5 154 A 66 20 60 C 62 20 60 C 62 21 5 94 35 16 136 64 63 165 3 0 C	al 1 27 B 119 174 156 33 131 43 20 113 45 55 82 127 140 17 74 108 97 157 161 167 157 3	C 83 149 51 133 72 124 115 148 39 177 102 77 86 101 122 77 86 101 122 77 86 101 122 77 86 101 122 77 86 101 122 77 86 101 122 77 86 101 128 101 128 101 101 128 101 101 128 101 101 128 101 101 101 101 101 101 101 101 101 10	18           44           152           78           107           158           139           5           106           8           30           7           168           A           30           7           11           163           69           71           12           10	14           112           A           57           37           8           19           52           A           81           13           114           A           113           129           D           28           88           89           B           121           70           178           C	B C 87 146 135 D 150 C 150 C 100 4 A 8 5 99 B 8 5 99 B 8 5 99 B 103 D 128 38 C 2 31		A D D 294 C D 29 8 6 21 0 29 8 6 21 0 29 8 6 21 0 29 8 6 21 0 29 8 6 21 0 29 8 6 21 0 29 7 7 1 8 3 4 0 29 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	8 62 176 105 106 31 0 85 31 0 85 33 152 12 59 36 70 66 33 58 91 100 126 00 153 113	161 8 122 146 165 114 175 99 86 8 180 130 29 24 73 118 156 50 4 67 52 148 46 136 6 A	C 167 145 11 139 10 38 88 168 88 C 132 45 22 108 30 27 83 147 C 2	96 28 39 166 32 158 35 128 177 0 37 179 51 174 177 7 80 26 92 144 125 23 174 4	Tr           93           48           14           150           146           163           154           37           25           40           5           151           26           84           27           54           157           119           C           72	A 21 89 19 164 A 135 61 79 34 143 109 162 173 124 22 155 127 15 125 127 15 33 34 2	29 170 98 A 71 30 9 120 100 24 36 97 101 24 36 97 101 101 24 38 133 81 38 133 81 38 134 141 8	107 68 169 142 13 117 76 137 75 116 117 16 117 102 178 123 104 112 123 104 112 123 104 112 31 55 <b>C</b> 138 103 134	D 82 8 8 53 65 8 0 95 C 20 20 95 C 20 20 95 C 20 20 95 C 20 20 95 C 20 20 20 95 C 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20	s não	D 106 C 42 26 27 D 80 32 26 27 D 80 35 48 C 37 48 C 37 48 C 37 48 C 33 4 C 55 8 B 33 4 C	105 41 173 90 111 71 117 153 51 99 163 129 79 163 129 79 17 64 66 D 174 66 D 174 78 153	44 54 138 175 A 31 70 69 87 108 50 147 136 137 68 157 109 94 155 72 6 84 155 58	A 1300 88 16 103 114 150 A 114 150 21 122 18 45 170 97 21 122 18 45 170 97 141 120 53 110 149 3 3 56	Est I 59 C 74 176 A 161 52 14 81 100 47 12 166 B 98 142 135 46 57 49 125 B 92 60	nes al 3 5 128 20 C 75 123 180 133 60 1 113 148 255 89 104 366 8 41 53 131 178 49 56 48	<ul> <li>RãO</li> <li>58</li> <li>140</li> <li>34</li> <li>30</li> <li>51</li> <li>112</li> <li>151</li> <li>152</li> <li>151</li> <li>154</li> <li>164</li> <li>154</li> <li>101</li> <li>22</li> <li>61</li> <li>D</li> <li>143</li> <li>B</li> </ul>	D 63 91 171 121 38 65 11 23 29 57 118 8 28 77 118 159 55 43 139 4 96 24 39	185 2 42 10 179 62 160 8 124 52 44 169 82 85 168 144 116 95 162 86 76 167 93 319	B           73           13           40           8           67           54           115           C           115           C           117           A           119           B           1177           D           C           A           1145           A           47           D

Checks não vizinhas 🦳 Test lines e/ou checks vizinhas 📃 Test lines repetidas não vizinhas 📃 Test lines não repetidas

**Figura A.2.** Layouts para o Delineamento 2 descritos na Tabela 3.1 em que consideramos p=11%, 160 test lines não duplicadas, 20 test lines duplicadas, 4 checks repetidas 10 vezes para  $\phi_g = 0.9$ , ao assumir (a) efeitos aleatórios de test lines e (b) efeitos fixos de test lines no modelo para gerar o delineamento.

																(-)															
				Loc	al 1										Loc	al 2										Loc	al 3				
В	С	29	75	116	А	5	82	С	32	1	D	74	41	137	116	В	150	С	47	A	1	D	116	120	21	A	110	104	86	61	В
88	5	26	133	153	43	112	115	177	23		16	163	61	60	140	131	46	109	13	76		1	147	11	104	150	42	166	131	69	105
18	30	33	28	170	15	102	127	27	19		63	149	157	79	159	170	80	167	D	129		95	12	112	54	110	25	66	C	127	46
54	122	179	93	148	130	70	31	178	105		70	59	87	130	86	D	153	40	144	33		8	103	20	101	26	96	45	10	152	106
76	84	156	151	15	106	47	34	4 62	36		78	175	54	26	174	77	94	34	124	60		63	115	178	165	B	174	81	33	4	85
22	36	95	65	135	121	16	132	155	В		С	134	77	102	24	168	138	166	41	78		59	135	34	99	32	41	29	100	67	С
16 8	119 40	94 80	128 59	114 109	22 53	42 149	13 81	44 143	8 A		65 A	112 135	136 50	108 105	43 132	88 29	23 152	68 147	104 97	73 61		102 31	68 138	126 117	100 60	55 106	129 155	117 102	9 78	A 35	142
9	10	169	6	144	97	39	21	72	20		57	2	27	53	36	43	50	179	1	С		92	16	161	2	176	90	180	112	28	109
20	161 21	7	140 A	39 146	150 D	71	180	41	33 C		68 B	80	73	37	141	52 128	158	69 D	57 75	74 B		A 128	52	91 137	139	89	136	19 99	38	134	92
A	131	38	37	165	172	168	103	74	56		44	98	25	133	52	89	15	65	32	62		24	74	158	179	30	в	122	14	89	47
31	14	164	4	166	134	79	158	118	D		55	В	143	145	106	49	44	45	177	A		105	94	168	75	43	7	56	111	125	В
98 D	48 87	34 111	138	113 124	159 108	11 92	7	28 167	14 C		51 101	121 38	42	176 93	99 49	96 12	28 56	148 127	126 51	115 119	1	79 D	140 123	36 118	В 73	71 111	107 148	70 113	40 121	49	162
83	91	157	67	85	152	162	55	2	3		67	21	45	22	56	35	164	55	59	9		114	149	108	144	113	156	118	3	80	D
3	63 45	13	49	32	120 69	73 6	171	129	17		A	173	110	180	162	48	31 gn	154	142	67		96 145	119 89	5	53	86	154	114	170	130 6	77
35	142	66	27	126	110	12	61	1	26		71	156	10	66	58	122	17	4	111	72		D	18	58	93	39	175	169	82	76	88
25	174	19	175	145	141	57	117	89	147		75	81	39	165	103	85	151	95	114	71		82	177	50	141	167	22	84	94	65	13
B	64 24	11 23	51 90	136 A	176 78	60 D	25 10	29 86	24 B		69 C	18 83	3 62	171 92	91 B	172 58	42 53	64 113	20 82	54 A		83 97	87 44	64 85	84 153	98 90	146 37	97 87	157 120	124 119	A 95
						c	hec	ks n	ão v	izinha	as	T	fest	lines	rep	etida	ns [	_ 1	fest	line	s rep	etida	s nã	o viz	inha	is					
				Loc	al 1	c	hec	ks n	ão v	izinha	as [	1	fest	lines	Loc	etida (b) al 2	ns [	<b>_</b> 1	fest	line	s rep	etida	s não	o viz	inha	Loc	al 3				
				Loc	al 1	c	hec	ks n	ão v	izinha	as	ד <u> </u>	Test	lines	rep Loc	etida (b) :al 2	ns [	1	Test	line	s rep	etida	s não	o viz	inha	Loc	al 3				
D 166	17 B	A 35	1	<b>Loc</b> 37 49	al 1	131 94	D 164	<b>ks n</b> 18 36	<b>ão v</b> C 42	izinh:	D 19	69 44	47 41	C C	59 49	etida (b) al 2	A 126	D 80	11 28	B	s repo	D 113	<b>110</b>	A 57	96 136	PS	B 92	135	100	80	A 95
D 166 126	17 B 154	A 35 33	1 3 162	<b>Loc</b> 37 49 84	A 71 134	131 94 19	D 164 3	18 36 58	ão v C 42 10	izinh:	D 19 75	69 44 87	47 41 130	C 43 118	59 161	etida (b) al 2	A 126 74	D 80 22	111 28 83	B 69 94	s repo	D 1113 52	110 77 40	A 57 44	96 136 105	92 28 172	B 92 94	135 152 17	100 62 145	80 1 27	A 95 D
D 166 126 104	17 B 154 45 75	A 35 33 24 68	1 3 162 95	<b>Loc</b> 37 49 84 129 178	A 71 134 61 30	131 94 199 179	D 164 3 63	18 36 58 123 113	C 42 10 A 5	izinh:	D 19 75 89	69 44 87 61	47 41 130 78	C 43 118 67 88	59 49 161 9 32	etida (b) al 2 3 24 168 49 132	A 126 74 35 63	D 80 22 90	111 28 83 131 71	B 69 94 96	s rep	D 113 52 19 76	110 77 40 56	A 57 44 70 128	96 136 105 69 30	92 28 172 140 75	B 92 94 39 180	135 152 17 127 25	100 62 145 143	80 1 27 109 5	A 95 D 48
D 166 126 104 18	17 B 154 45 75 36	A 35 33 24 68 135	1 3 162 95 168 93	<b>Loc</b> 37 49 84 129 178 133	A 71 134 61 30 56	131 94 19 179 115 31	D 164 3 83 63 96	18 36 58 123 113 143	C           42           10           A           5           77	izinh:	D 19 75 89 4 74	69 44 87 61 155 31	47 41 130 78 107 103	C 43 118 67 88 137	59 49 161 9 32	etida (b) al 2 3 24 168 49 132 121	A [26] 74 35 63 122	D 80 22 90 170 104	11 28 83 131 71 176	B 69 94 96 99 8	s rep	D 1113 52 19 76 C	110 77 40 56 D 175	A 57 44 70 128 A	96 136 105 69 30 93	<b>BS</b> <b>Loc</b> 28 172 140 75 59	B 92 94 39 180 42	135 152 17 127 25 46	100 62 145 143 159 53	80 1 27 109 5 162	A 95 D 48 112 71
D 166 126 104 18 10 16	17 B 154 45 75 36 100	A 35 33 24 68 135 120	1 3 162 95 168 93 82	<b>Loc</b> 37 49 84 129 178 133 54	A 71 134 61 30 56 170 27	131 94 199 115 31 118	D 164 3 83 63 96 70	18 36 58 123 113 143	ão v 42 10 A 5 777 27	izinh:	D 19 75 89 4 74 50	69 44 87 61 155 31 30	47 41 130 78 107 103 159	C 43 118 67 88 137 8	59 49 161 9 32 156 63	etida (b) al 2 <sup>3</sup> <sup>24</sup> <sup>168</sup> <sup>49</sup> <sup>132</sup> <sup>121</sup>	A [126] 74 35 63 122 39	D 80 22 90 170 104 123	111 28 83 131 176 7	B 69 94 96 99 B 76	s rep	D 1113 52 19 76 C 31	110 77 40 56 D 175 99	A 57 44 70 128 A 160	96 136 105 69 30 93 63	<b>S</b> <b>Loc</b> 28 172 140 75 59 118	B 92 94 39 180 42 60	135 152 17 127 25 46 138	100 62 145 143 159 53 142	80 1 277 109 5 162 133	A 95 D 48 112 71 B
D 166 126 104 18 10 16 C 23	17 B 154 45 75 36 100 152 106	A 35 33 24 68 135 120 122 97	1 3 162 95 168 93 82 4 13	37 49 84 129 178 133 54 57 156	A 71 134 61 30 56 170 65 12	131 94 19 179 115 31 118 47 141	D 164 3 63 96 70 161 165	18 36 58 123 113 143 180 1 79	ão v 42 10 A 5 77 27 B 37		D 19 75 89 4 74 50 56 A	69 44 87 61 155 31 30 76 172	47 41 130 78 107 103 159 140 D	C 43 118 67 88 137 8 109 64	59 49 161 9 32 156 63 100 148	etida (b) al 2 3 24 168 49 132 121 10 6 152	A 126 74 35 63 122 39 72 54	D 80 22 90 170 104 123 1 51	111 28 83 131 71 176 7 149 56	B 69 94 96 99 B 76 A 117		D 113 52 19 76 C 31 B 20	110 777 40 56 D 175 99 155 D	A 57 44 70 128 A 160 12 102	96 136 105 69 30 93 63 14 130	<b>S</b> <b>Loc</b> 28 172 140 75 59 <b>118</b> 49 11	B 92 94 39 180 42 60 173 86	135 152 17 127 25 46 138 137 113	100 62 145 143 159 53 142 93 84	80 1 277 109 5 162 133 129 81	A 95 D 48 112 71 B 102 D
D 166 126 104 18 10 16 C 23 15	17 B 154 45 75 36 100 152 106 31	A 335 333 24 68 135 120 122 97 97	1 3 162 95 168 93 82 4 13 157	37 49 84 129 178 133 54 57 156 111	A 71 134 61 30 56 170 65 12 33	131 94 199 115 31 118 47 141 174	D 164 3 83 63 96 70 161 165 78	18 36 58 123 113 143 180 1 79 108	C           42           10           A           5           77           27           B           37           34		D 19 75 89 4 74 50 56 A 91	69 44 87 61 155 31 30 76 172 70	47 41 130 78 103 159 140 D 179	C 43 118 67 88 137 8 109 64 58	59 49 161 9 32 156 63 100 148 147	etida (b) al 2 <sup>3</sup> <sup>24</sup> <sup>168</sup> <sup>49</sup> <sup>132</sup> <sup>121</sup> <sup>10</sup> <sup>6</sup> <sup>152</sup>	A 126 74 35 63 122 39 72 54 62	D 80 22 90 104 123 1 51 173	111 28 83 131 71 176 7 149 56 47	B 69 94 96 99 B 76 A 117 C	s repo	D 113 52 19 76 C 31 8 20 34	110 77 40 56 D 175 99 155 D 171	A 57 44 70 128 A 160 12 102 100	96 136 105 69 30 93 63 14 130 91	92 28 172 140 75 59 118 49 11 117	B 92 94 39 180 42 60 173 86 101	135 152 17 127 25 46 138 137 113 118	100 62 145 143 159 53 142 93 84 23	80 1 27 109 5 162 133 129 81 37	A 95 D 48 112 71 B 102 D 43
D 166 126 104 18 10 16 C 23 15 52 21	17 B 154 45 75 36 100 152 106 31 50 27	A 335 333 24 68 135 120 122 97 99 99 62	1 3 162 95 168 93 82 4 13 157 163	<b>Loc</b> 37 49 84 129 178 133 54 57 156 111 <b>34</b> 151	A 71 134 61 30 56 170 65 12 33 145 6	131 94 19 179 115 31 118 47 141 174 169 32	D 164 3 83 63 96 70 161 165 78 149 59	18 36 58 123 113 143 180 1 79 108 21 24	ão v 42 10 A 5 77 27 B 37 34 110 38		D 19 75 89 4 74 50 56 A 91 115 C	69 44 87 61 155 31 30 76 172 70 53 97	47 41 130 78 107 103 159 140 D 179 153 68	C 43 118 67 88 137 8 109 64 58 45 114	59 49 161 9 32 156 63 100 148 147 80 136	(b) al 2 24 168 49 132 121 10 6 152 45 146 C	A 126 74 35 63 122 39 72 54 62 14 124	D 80 22 90 170 104 123 1 51 173 171 142	111 28 83 131 176 7 149 56 47 79 46	B 69 94 96 99 8 76 A 117 C 15 50		D 113 52 19 76 C 31 8 20 34 116 90	110 77 40 56 D 175 99 155 D 171 67 84	A 57 44 70 128 A 160 12 102 100 111 107	96 136 105 69 30 93 63 14 130 91 109 89	<b>Loc</b> 28 172 140 75 59 118 49 11 117 85 112	B 92 94 39 180 42 60 173 86 101 170 106	1355 152 17 127 25 46 138 137 113 118 89 114	100 62 145 143 159 53 142 93 84 23 117 108	80 1 27 109 5 162 133 129 81 37 134 96	A 95 D 48 112 71 8 102 D 43 103 C
D 166 126 104 18 10 16 C 23 15 52 21 73	17 B 154 45 75 36 100 152 106 31 50 27 112	A 335 33 24 68 135 120 122 97 99 99 62 D	1 3 162 95 168 93 82 4 13 157 163 40 173	37 49 84 129 178 133 54 57 156 111 34 151 55	A 71 134 61 30 56 170 65 12 33 145 6 119	131 94 19 179 115 31 118 47 141 174 169 32 172	D 164 3 83 63 96 70 161 165 78 149 59 8	18 36 58 123 113 143 180 1 1 79 108 21 24 160	C           42           10           A           5           777           27           B           337           34           110           38           40		D 19 75 89 4 74 50 56 A 91 115 C 13	69 44 87 61 155 31 30 76 172 70 53 97 97 79	47 41 130 78 107 103 159 140 D 179 153 68 101	C 43 118 67 88 137 8 109 64 58 45 114 111	59 49 161 9 32 156 63 100 148 147 80 136 66	(b) <b>cal 2</b> 3 24 168 49 132 121 10 6 152 45 146 C A	A 126 74 35 63 122 39 72 54 62 14 124 84	D 80 22 90 170 104 123 1 173 171 142 92	111 28 83 131 176 7 149 56 47 79 46 180	B 69 94 96 99 B 76 A 117 C 15 50 129	s rep	D 113 52 19 76 C 31 8 20 34 116 90 15	110 77 40 56 D 175 99 155 D 171 67 84 36	A 57 44 70 128 A 160 12 102 100 111 107 7	96 136 105 69 30 93 63 14 130 91 109 89 106	P2 28 172 140 75 59 118 49 11 117 85 112 144	B 92 94 39 180 42 60 173 86 101 170 106 87	135 152 17 127 25 46 138 137 113 118 89 114 85	100 62 145 143 159 53 142 93 84 23 84 23 117 108 154	80 1 27 109 5 162 133 129 81 37 134 96 16	A 95 D 48 112 71 B 102 D 43 103 C 131
D 166 126 104 18 10 16 C 23 15 52 21 73 C C	17 B 154 45 75 36 100 152 106 31 50 27 112 44	A 33 24 68 135 120 122 97 99 99 62 D 5 5	1 3 162 95 168 93 82 4 13 157 163 157 163 40 173 66 70	37 49 84 129 178 133 54 57 156 111 34 151 55 55 105	A 71 134 61 30 56 170 65 12 33 145 6 119 139	131 94 19 179 115 31 118 47 141 174 169 32 172 C	D 164 3 83 63 96 70 161 165 78 149 59 8 128 128	18         36         58         123         113         143         180         1         79         108         21         24         160         175         50         <	C           42           10           A           5           777           27           B           337           34           110           38           40           76		D 19 75 89 4 74 50 56 A 91 115 C 13 62 2	69 44 87 61 155 31 30 76 172 70 53 97 79 79 79	47 41 130 78 107 103 159 140 D 179 153 68 101 127 174	C 43 118 67 88 137 8 109 64 58 45 114 111 163	59 49 161 9 32 156 63 100 148 147 80 136 66 20	(b) cal 2 3 24 168 49 132 121 10 6 152 145 146 C A 66 6	A 126 74 35 63 122 39 72 54 62 14 124 84 169	D 80 22 90 170 104 123 1 1 173 171 142 92 48 22	111 28 83 131 171 176 7 149 56 47 79 46 180 182	B 69 94 96 99 8 76 A 117 C 15 50 129 B 8	s rep	D 113 52 19 76 C 31 8 20 34 116 90 15 41 2 5	110 77 40 56 D 175 99 155 D 1771 67 84 36 81	A 57 44 70 128 A 160 122 102 100 111 107 7 146	96 136 105 69 30 93 63 14 130 91 109 89 106 167 95	92 28 172 140 75 59 118 49 11 117 85 112 144 C	B 92 94 39 180 42 60 173 86 101 170 106 87 178 87	1355 152 17 127 25 46 138 137 113 118 89 114 85 126	100 62 145 143 159 53 142 93 84 23 117 108 154 3	80 1 27 109 5 162 133 129 81 37 134 96 16 156 156	A 95 D 48 112 71 8 102 D 43 103 C 131 131 73
D 166 126 104 18 10 16 C 23 15 52 21 73 C 87 48	17           B           154           45           75           36           100           152           106           31           50           27           112           44           136           146	A 335 33 24 68 135 120 122 97 99 99 62 0 0 5 158 30	1 3 162 95 168 93 82 4 13 157 163 157 163 40 173 66 72 74	<b>37</b> 49 84 129 178 133 54 57 156 111 <b>34</b> 151 55 105 <b>29</b> 127	A 71 134 61 30 56 170 65 12 33 145 6 119 139 125 88	131 94 19 179 115 31 118 47 141 174 169 32 172 C 51 150	D 164 3 83 63 96 70 161 165 78 149 59 8 128 117 41	18         36         58         123         113         143         180         1         79         108         21         24         160         175         60         67         67	C           42           10           A           5           77           27           B           37           34           110           38           40           76           9           13		D 19 75 89 4 74 50 56 A 91 115 C 13 62 2 A	69 44 87 61 155 31 30 76 172 70 53 97 79 135 86 102	47 41 130 78 107 103 159 140 D 179 153 68 101 127 174 37	C 43 118 67 88 137 8 109 64 58 45 114 58 45 114 111 163 151 113	59 49 161 9 32 156 63 100 148 147 80 136 66 20 143 112	etida (b) cal 2 3 24 168 49 132 121 10 6 152 45 146 C A 66 64 93	A 126 74 35 63 122 39 72 54 62 14 124 84 169 138 18	D 80 22 90 170 104 123 1 173 171 142 92 48 33 73	11           28           83           131           71           176           7           149           56           47           79           46           180           162           23           158	B 69 94 96 99 B 76 A 117 C 15 50 129 B 55 58	s rep	D 113 52 19 76 C 31 8 20 34 116 90 15 41 61 38	110 77 40 56 D 175 99 155 D 171 67 84 36 81 150 103	A 57 44 70 128 A 160 12 102 100 111 107 7 146 124 108	96 136 105 69 30 93 63 14 130 91 109 89 106 167 95 163	92 28 172 140 75 59 118 49 11 117 85 112 144 C 86 97	B 92 94 39 180 42 60 173 86 101 170 106 87 178 90 153	135 152 17 127 25 46 138 137 113 118 89 114 85 126 168 98	100 62 145 143 159 53 142 93 84 23 117 108 154 3 120 72	80 1 27 109 5 162 133 129 81 37 134 96 16 156 158 33	A 95 D 48 112 71 B 102 D 43 103 C 131 73 1111 58
D 166 126 104 18 10 16 C 23 15 52 21 73 C 87 48 159	17           B           154           45           75           36           100           152           106           31           50           27           112           44           136           146           91	A 35 33 24 68 135 120 122 97 99 99 99 99 62 5 5 158 30 85	1           3           162           95           168           93           82           4           13           157           163           40           173           66           72           74           7	37 49 84 129 178 83 57 156 111 55 105 29 127 116	A 71 134 61 30 56 170 65 12 33 145 6 119 139 125 88 142	131 94 19 115 31 118 47 141 174 169 32 172 C 51 150 101	D 164 3 83 63 96 70 161 165 78 149 59 8 128 117 41 144	18         36         58         123         113         143         180         1         79         108         21         24         160         175         60         67         177         177	C           42           10           A           5           777           27           B           337           34           110           38           400           76           9           13           B		D 19 75 89 4 74 50 56 A 91 115 C 13 62 2 A 26	69 44 87 61 155 31 30 76 172 70 53 97 79 135 86 102 116	47 41 130 78 107 103 159 140 D 179 153 68 101 127 174 37 125	C 43 118 67 88 137 8 109 64 58 45 114 111 163 151 113 73	59 49 161 9 32 156 63 100 148 147 80 136 66 20 143 112 95	etida (b) sal 2 3 24 168 49 132 121 10 6 152 45 146 C A 66 64 93 85	A 126 74 35 63 122 39 72 54 62 14 124 84 169 138 18 18 43	D 80 22 90 170 104 123 1 173 171 142 92 48 33 73 81	11           28           83           131           71           176           7           149           56           47           79           46           180           162           23           158           177	B 69 94 96 99 8 76 A 117 C 15 50 129 8 55 8 105		D 113 52 19 76 C 31 34 116 90 15 41 61 38 115	110 77 40 56 D 175 99 155 D 177 84 36 81 150 103 166	A 57 44 70 128 A 160 122 100 111 107 7 146 124 108 98	96 136 105 69 30 93 63 14 130 91 109 89 106 167 95 163 141	92 28 172 140 75 59 118 49 11 117 85 112 144 C 86 97 51	B 92 94 39 180 42 60 173 86 101 170 106 87 178 90 153 88	135 152 17 127 25 46 138 137 113 118 89 114 85 126 168 98 98 98	100 62 145 143 159 53 142 93 84 23 117 108 154 3 120 72 105	80 1 27 109 5 162 133 129 81 37 134 96 156 156 158 33 4	A 95 D 48 112 71 B 102 D 43 103 C 131 73 111 58 68
D 166 126 104 18 10 16 C 23 15 52 21 73 C 87 48 159 A 28	17 B 154 45 75 36 100 152 106 31 50 27 112 44 136 146 91 86 19	A 33 24 68 135 120 122 97 99 62 5 158 30 85 20 155	1 3 162 95 168 93 82 4 13 157 163 163 163 72 74 7 7 43 130	37 49 84 129 178 133 54 57 156 111 34 151 55 105 29 127 116 6 38	A 71 134 61 30 56 170 65 12 33 145 6 119 125 88 142 29 20	131 94 19 179 115 31 118 47 141 174 169 32 172 C 51 150 101 28 171	D 164 3 83 63 96 70 161 165 78 149 59 8 128 117 41 144 90 46	18 36 58 123 113 143 180 1 79 108 21 24 160 175 60 67 177 98 92	ão v C 42 10 A 5 77 27 B 37 34 110 38 40 76 9 13 B 167 7		D 19 75 89 4 74 50 56 A 91 115 C 13 62 2 A 26 60 C	69 44 87 61 155 31 30 76 172 70 53 97 79 135 86 102 116 48 164	47 41 130 78 107 103 159 140 D 153 68 101 127 174 37 125 157 145	C 43 118 67 88 137 8 109 64 58 45 114 111 163 151 113 73 98 134	59 49 161 9 32 156 63 100 148 147 80 136 66 20 143 112 95 29 133	etida (b) al 2 3 24 168 49 132 121 10 6 152 45 146 C A 66 64 93 85 150 82	A 126 74 35 63 122 39 72 54 62 14 124 84 169 138 18 43 36 108	D 80 22 90 170 104 123 171 142 92 48 33 73 81 144 166	11           28           83           131           71           176           7           149           56           47           79           46           180           162           23           158           177           167           17	B 69 94 96 99 B 76 A 117 C 15 50 129 B 55 58 105 25 78		D 113 52 19 76 C 31 34 116 90 15 41 61 38 115 41 61 318 115 A 101	1110 777 400 566 D 1775 999 1555 D 1771 677 844 366 811 1500 1033 1666 1799 1200	A 57 44 70 128 A 160 12 102 100 111 107 7 146 124 108 98 165 64	96 136 105 69 30 93 63 14 130 91 109 89 106 167 95 163 141 65 13	92 28 172 140 75 59 118 49 11 117 85 112 144 C 86 97 51 139 94	B 92 94 39 180 42 60 173 86 101 170 106 87 178 90 153 88 176 115	135 152 17 127 25 46 138 137 113 118 89 114 85 126 168 98 104 99 125	100 62 145 53 142 93 84 23 117 108 154 3 120 72 105 157 A	80 1 27 109 5 162 133 129 81 37 134 156 158 33 4 148 169	A 95 D 48 112 71 B 102 D 43 103 C 131 103 C 131 131 58 68 8 B 147
D 166 126 104 18 10 16 C 23 15 23 52 21 73 C 87 48 159 A 28 89	17           B           154           45           75           36           100           152           106           31           50           27           44           136           146           91           86           19           176	A 33 33 24 68 135 120 122 97 99 99 62 <b>9</b> 99 99 62 <b>0</b> 5 158 30 85 20 155 80	1 3 162 95 168 93 82 4 13 157 163 76 70 72 74 77 43 130 12	37 49 84 129 178 133 54 157 156 111 151 155 105 29 127 116 6 38 39	A 71 134 61 30 56 170 56 12 33 3145 6 119 125 88 142 29 20 138	131 94 199 115 31 118 47 141 169 32 32 51 172 6 51 150 101 28 171 22	D 164 3 83 63 96 70 161 165 78 149 59 8 128 117 41 144 90 46 103	18           36           58           123           113           143           180           1           79           108           21           24           160           175           60           67           177           98           92           124	C           42           10           A           5           77           27           B           37           34           110           38           40           76           9           13           B           167           7           11		D 19 75 89 4 74 50 56 A 91 115 C 13 62 2 A 26 60 C C B	69 44 87 61 155 31 30 76 172 70 53 97 79 135 86 102 116 48 164 16	47 41 130 78 107 103 159 140 179 153 68 101 127 174 37 125 157 145 175	C 43 118 67 88 137 8 109 64 58 64 58 64 58 114 111 163 151 113 73 98 134 40	59 49 161 9 32 156 63 100 148 147 80 136 66 20 143 112 95 29 133 71	(b) al 2 3 24 168 49 132 121 10 6 5 152 45 146 6 6 64 93 85 150 82 178	A 126 74 35 63 122 39 72 54 62 14 124 84 169 138 18 43 36 108 61	D 80 22 90 170 104 123 1 173 171 142 92 48 33 73 81 144 166 34	111           28           83           131           71           176           7           46           180           162           23           158           177           167           17           165	B 69 94 96 99 8 76 A 117 C 15 50 129 8 55 50 129 8 105 25 78 119		D 113 52 19 76 C 31 8 20 34 116 90 15 41 16 1 38 115 A 101 8	1100 777 400 566 D 1755 999 1555 0 0 1771 67 84 366 841 1500 1033 1666 1799 1200 55	A 57 44 70 128 A 160 12 102 100 111 107 7 146 124 108 98 165 64 83	96 136 105 69 30 93 63 14 130 91 109 89 106 167 95 163 141 65 13 54	P2 28 172 140 75 59 118 49 11 117 85 112 144 6 86 97 51 139 94 74	B 92 94 39 180 42 60 38 6 101 170 106 87 178 90 153 88 176 115 29	135           152           17           127           25           46           138           137           113           118           89           114           85           126           168           98           104           99           125           164	100 62 145 143 159 53 142 93 84 23 117 108 154 3 120 72 105 157 8 4 174	80 1 27 109 5 162 133 129 81 37 134 96 158 33 4 148 169 45	A 95 D 48 112 71 8 102 D 43 103 C 131 131 73 111 58 68 8 8 147 110
D 166 126 104 18 10 16 C 23 15 52 21 73 C 87 48 159 A 28 89 22 2 89 22	17           B           154           45           75           36           100           31           50           27           112           44           136           146           91           86           19           176           32	A 33 24 68 135 120 122 97 99 62 5 5 158 30 85 20 155 80 11	1           3           162           95           168           93           82           4           13           167           163           40           173           66           72           74           7           43           130           12           69           81	37 49 84 129 178 133 54 57 156 111 34 151 55 105 29 127 116 6 38 39 147 64	A 71 134 61 30 56 170 65 12 33 145 6 119 139 125 88 142 29 20 138 142 142	131 94 19 179 115 31 118 47 141 174 169 32 172 6 51 150 101 28 171 22 137	D 164 3 63 96 70 161 165 78 149 59 8 128 117 41 144 90 46 103 2 2	18         36         58         123         113         143         143         143         143         143         143         160         1         79         108         21         24         160         175         60         67         177         98         92         124         25         124         25         26         27         26 <th26< th=""> <th26< th=""> <th26< th=""></th26<></th26<></th26<>	C           42           10           A           5           777           27           B           37           34           110           38           400           76           9           13           B           167           7           11           39           15		D 19 75 89 4 74 50 56 6 7 4 91 115 C 13 62 2 A 26 60 C B 8 65 C 7 0	69 44 87 61 155 31 30 76 172 70 53 97 79 135 86 102 116 48 164 16 120	47 41 1300 78 1037 103 159 140 D 179 153 68 101 127 174 37 125 157 145 175 106	C 43 118 67 88 137 8 109 64 58 45 114 111 163 151 113 73 98 134 40 139	59 49 161 9 32 156 63 100 148 147 80 138 66 20 143 112 95 29 133 71 52	(b) al 2 3 24 168 49 132 121 10 6 152 45 146 C A 66 64 93 85 150 82 178 77 77	A 126 74 35 63 72 54 62 14 122 39 72 54 62 14 124 84 169 138 18 43 36 108 61 141	D 80 22 90 170 104 123 1 173 171 142 92 48 33 73 81 144 166 34 75	111           28           83           131           176           7           149           56           47           79           46           180           162           23           158           177           167           167           165           44           50	B 69 94 96 99 B 76 A 117 C 15 50 129 B 55 58 105 25 78 119 21 21 25 78		D 113 52 19 76 C 31 31 8 20 34 116 90 15 41 34 115 41 38 115 A 101 8 2	110 77 40 56 0 175 99 175 99 175 99 175 99 175 84 36 81 155 103 166 179 120 55 21	A 57 44 70 128 A 160 112 102 102 100 111 107 7 146 124 108 98 165 64 83 82	96 136 69 30 93 63 14 130 91 109 89 106 167 95 163 141 65 13 54 123	92 28 172 140 75 59 118 49 111 117 85 112 144 6 97 51 139 94 74 6 72	B 92 94 39 1800 42 60 173 86 101 173 86 101 170 106 87 178 90 153 88 176 115 29 91	135 152 17 127 25 46 138 137 113 118 89 114 85 126 168 98 104 99 125 164 122	100 62 145 143 159 53 142 93 84 23 142 93 84 23 117 108 154 157 105 157 A 174 132	80 1 27 109 5 162 133 129 81 37 134 96 158 33 4 148 169 45 50 47	A 95 0 48 112 71 8 102 0 43 103 103 103 103 103 103 103 111 58 68 8 8 147 110 79
D 166 126 104 18 10 16 C 23 15 52 21 73 C 87 48 159 A 87 48 89 22 89 22 B 22 2	17           B           154           45           75           36           100           152           106           31           50           27           112           44           136           146           91           86           19           176           32           121           26	A 35 33 24 68 135 120 122 97 99 62 99 62 0 5 158 30 85 30 85 20 155 80 111 25 102	1 3 162 95 168 93 82 4 13 157 163 40 173 66 72 74 7 7 43 130 12 69 81 153	Locc 37 49 129 178 133 54 177 156 111 34 151 55 105 29 127 116 6 38 39 147 64 114	A 71 134 61 30 56 170 65 12 33 145 6 119 139 125 88 142 29 20 20 20 138 14 140 132	131 94 199 179 115 31 118 47 141 174 169 32 172 C 51 150 101 28 171 22 137 107 109	D 164 3 63 63 96 70 161 165 78 149 59 8 128 117 41 144 90 6 103 2 8 8 148	18           36           58           123           113           143           180           1           79           108           21           24           160           175           60           67           177           98           124           25           26           23	C           42           10           A           5           77           27           B           33           100           38           400           76           9           13           B           167           7           113           9           133           167           71           39           15           D		D 19 75 89 4 74 50 56 A 74 56 A 91 115 C 13 62 2 A 26 60 C C B 85 72 55	69 44 87 61 155 31 30 76 172 70 53 97 79 135 86 102 116 48 164 16 120 42 128	47 41 1300 78 107 103 159 140 179 153 68 101 127 174 37 125 157 145 106 154 54	C 43 118 67 88 137 8 109 64 58 45 114 111 163 151 114 113 73 98 134 40 139 57 7 110	59 49 161 9 32 156 63 100 148 147 80 136 66 20 143 112 95 29 133 71 52 38 12	etida (b) al 2 3 24 168 49 132 121 10 6 152 122 110 6 5 5 5 77 70 52	A 126 74 35 30 72 54 63 122 39 72 54 62 14 124 84 169 138 18 18 18 138 18 138 108 61 141 27 53	D 80 22 90 170 123 170 123 171 142 92 48 33 73 81 144 166 34 75 160 41	111 28 33 1311 176 7 149 56 47 156 180 162 23 158 158 1777 167 167 177 165 44 459 60	B 69 94 96 96 99 8 76 76 76 76 129 8 50 129 8 55 8 105 25 78 109 21 67 57		D 113 52 19 76 C 31 8 20 34 116 90 15 41 61 38 115 A 101 8 2 114 119	1110 77 40 56 D 175 99 155 0 177 84 36 81 150 103 166 81 150 120 55 521 161 88	A 57 44 160 128 A 160 111 102 100 1111 107 7 146 124 108 98 165 64 83 82 151 9	96 136 69 30 93 63 14 130 91 109 89 106 167 95 163 141 65 163 13 354 123 149 10	<b>S</b> <b>S</b> <b>S</b> <b>S</b> <b>S</b> <b>S</b> <b>S</b> <b>S</b>	B 92 94 39 180 42 60 173 86 101 170 106 87 178 90 153 88 176 91 121 22	1355 1522 17 127 225 46 138 137 113 118 899 114 85 126 168 98 104 99 99 1225 164 1222 822 26	100 62 145 143 159 53 142 93 84 23 142 93 84 23 117 108 154 3 120 72 105 157 7 4 174 132 35 97	80 1 27 109 5 162 133 129 81 37 134 96 156 158 33 4 148 169 33 4 148 169 550 47 116	A 95 D 48 112 71 B 102 D 43 103 C 131 73 111 58 68 8 8 8 147 110 9 9 66
D 166 126 104 18 10 16 C 23 15 52 21 73 C 87 73 C 87 87 87 87 87 89 22 89 22 89 22 87 22 6 7	17 B 154 45 75 36 100 152 106 31 50 27 112 44 136 146 91 86 19 176 32 121 26 14	A 333 24 68 135 120 97 99 62 99 62 99 62 0 5 5 158 300 155 80 11 255 80 11 255 80 11 255 80 11 255 80 11 22 85 80 135 122 80 135 135 135 135 135 135 135 135 135 135	1           3           162           95           168           93           82           4           13           1657           163           40           173           66           72           43           130           12           69           81           153           A	37 49 84 129 178 133 54 55 105 29 127 116 6 38 39 147 64 114 53	A 71 134 61 30 56 170 65 12 33 145 6 119 139 125 6 119 139 125 88 81 142 29 20 138 142 138 142 138	131 94 19 179 115 31 118 47 141 174 169 32 772 C 51 150 101 28 171 22 137 107 109 4	D 164 3 83 63 96 70 161 165 78 149 59 8 8 128 149 59 8 128 117 41 144 90 46 103 2 8 148 0 5	18           36           58           123           113           143           180           1           79           108           21           24           160           67           175           60           67           177           98           92           124           25           26           23           17	C           42           10           A           5           77           27           33           40           76           9           133           167           7           11           39           15           D           35		D 19 75 89 4 74 50 56 56 60 62 2 4 8 91 115 C 13 62 2 4 8 60 C 8 8 65 72 55 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	69 44 87 61 155 31 30 76 172 70 53 79 79 79 79 135 86 102 116 48 164 16 120 42 128 51	47 41 130 78 107 103 159 140 0 179 153 68 0 101 127 174 37 125 157 145 157 145 154 54 46	C 43 118 67 88 137 8 109 64 58 45 114 111 163 151 151 151 151 151 151 151 151 151 15	<ul> <li>Fep</li> <li>59</li> <li>49</li> <li>161</li> <li>9</li> <li>32</li> <li>156</li> <li>63</li> <li>100</li> <li>148</li> <li>147</li> <li>80</li> <li>66</li> <li>20</li> <li>143</li> <li>112</li> <li>95</li> <li>29</li> <li>133</li> <li>71</li> <li>52</li> <li>38</li> <li>12</li> <li>77</li> </ul>	(b) al 2 3 24 168 49 132 121 10 6 152 45 146 C A 6 6 6 6 6 6 82 178 77 70 52 55	A 126 74 35 63 122 39 72 54 62 14 124 84 124 84 169 138 18 84 169 138 18 84 169 138 61 141 27 53 68	D 80 22 90 170 104 123 1 171 173 171 142 92 48 33 73 81 144 166 34 75 160 41 42	111           28           83           131           71           149           56           47           79           46           180           182           23           158           177           162           23           158           177           165           44           59           60           65	B 69 94 96 99 8 76 A 117 C 15 50 129 B 55 129 B 55 58 105 225 78 119 21 67 57 57		D 1113 52 19 76 C 31 8 20 31 8 20 31 116 61 38 115 41 61 38 115 41 61 13 8 22 114 119 32	110 77 40 56 D 175 99 155 0 177 84 36 81 150 103 166 179 120 55 21 161 88 81 78	A 57 44 70 128 A 160 12 102 100 111 107 7 146 124 108 98 165 64 83 82 151 9 9 18	96 136 105 69 30 93 63 14 130 91 109 106 167 95 163 141 65 13 54 123 149 10 107	92 28 172 140 75 59 118 49 11 117 85 112 114 6 86 97 51 144 6 86 97 51 144 74 6 87 104 87	B 92 94 39 180 42 60 173 86 101 170 176 87 178 90 153 88 176 115 29 91 121 22 24	135 152 17 25 46 138 137 113 118 89 114 89 114 85 126 168 98 104 99 125 164 122 82 26 C	100 62 145 53 142 93 84 23 117 108 154 3 120 72 105 157 A 174 132 35 97 107	80 1 27 109 5 162 133 129 81 37 134 96 158 33 4 148 159 45 50 47 116 83	A 95 D 48 112 71 8 102 D 43 103 C 131 73 111 58 68 8 8 8 147 110 79 119 66 C

**Figura A.3.** Layouts para o Delineamento 3 descritos na Tabela 3.1 consideramos p=22%, 140 test lines não duplicadas, 40 linhas de teste duplicadas, 4 verificações repetidas 5 vezes para  $\phi_g = 0.9$ , ao assumir (a) efeitos aleatórios de test lines e (b) efeitos fixos de test lines no modelo para gerar o delineamento.

																(a)															
				Loc	al 1										Loc	al 2										Loc	al 3				
	109	22	00	5	6	20	07	110	٨		^	116	50	67	47	٨	00		00	٨	1		0	2	02	06	104	22	112	60	00
148	13	82	6	120	47	36	151	A	46		0	99	102	36	25	4	154	135	122	50		60	41	59	112	163	124 A	75	125	A	137
А	49	172	55	102	180	94	177	173	100		۹.	174	49	5	53	169	56	64	94	33		178	84	113	123	A	152	164	83	136	А
23	80	86	140	125	5	156	58	109	114		'1	73	24	21	98	42	37	20	72	58		A	130	155	81	146	10	91	174	105	149
118	59	52	132	67	134	13	166	23	77		0	141	65	55	11	136	10	156	180	A		91	100	148	105	25	67	54	162	103	97
112	19	103	79	30	70	20	164	45	A	1	17	69	75	31	138	49	41	86	151	43		103	45	40	170	89	14	68	142	48	95 64
А	75	158	20	115	174	27	57	16	141		3	125	124	50	19	60	34	118	80	153		2	118	158	A	139	156	65	73	81	84
27	139	Α	149	142	Α	110	50	85	18	1	10	176	84	62	18	147	39	159	150	А		A	135	18	82	140	102	47	131	128	108
A	143	16	153	74	72	96	71	39	29		4 16	119	162	130	60 56	73	166	109	66	105		108	88	34	42	116	62	89	5	118	82
163	124	62	22	179	22 A	120	137	78	9		а А	89	127	68	172	29	70	45	161	37 A		A	17	99	63	93	58	122	153	6	- 55 A
А	56	11	42	68	161	176	144	3	19	1	12	108	148	2	74	79	62	53	96	A		16	95	121	A	29	12	56	159	А	27
12	105	169	28	73	126	2	170	111	Α		۹.	85	171	79	139	83	38	178	15	128		26	107	126	144	145	93	71	15	61	119
A	178	2	131	133	24	127	116	61	51	1	06	126	133	13	76	157	27	59	91	71		114	160	79	39	A	134	35	111	141	107
21 15	26 64	25	121	39 106	43	97 99	76 21	40 60	4		i4	92 146	129 A	40	149 45	35 74	6 107	54	68 140	90 78		111	52 A	33 46	104	13 179	96 104	138	8 30	150 85	38
35	7	147	150	10	130	15	11	93	A		7	78	28	59	121	47	123	163	165	A		117	50	11	87	157	171	165	A	77	94
29	63	154	81	1	104	101	35	33	8		6	42	44	173	52	167	А	160	81	32		110	72	4	49	98	31	87	36	177	117
24	146	8	18	44	91	88	155	37	31		۹.	143	111	72	179	145	134	55	9	A		109	176	180	Α	80	167	28	168	А	166
A	138	48	162	31	135	25	17	175	10	1	04 20	114	177	46	63	175	95	137	26	52		119	132	92	161	1	A	173	106	109	57
84	14	66	4 38	32	171	54	26	129	28		8	80	155	97	144	8	93	7	77	61		90	169	37	23	147	101	70	43	100	86
٨	113	41	36	37	Α	92	53	34	A		4	64	103	1	A	63	48	44	67	76		86	133	101	55	120	98	115	112	78	88
[		Cheo	:ks r	ião v	rizinl	has		Tes	t line	es e/ou	che	ecks	s vizi	inha	s	Т	est li	ines	repe	etida	s nã	o vizi	nha	s [	_ T	est l	ines	não	repe	etida	s
[		Cheo	cks r	ião v	vizinl	has		Tes	t line	es e/ou	che	ecks	s vizi	inha	s	<b>т</b> (b)	est li	ines	repe	etida	s nã	o vizi	nha	6	_ T	est l	ines	não	repe	tida	s
[		Cheo	cks r	ião v Loc	vizini al 1	has		Tes	t line	es e/ou	che	ecks	s vizi	inha	s Loc	<b>T</b> (b)	est li	ines	repe	etida	s nã	o vizi	nha	6	_ T	est l	ines al 3	não	repe	etida	s
13	44	<b>Cheo</b>	ks r	112	vizinl al 1	has 47	A	<b>Tes</b>	t line	es e/ou	che	ecks	5 <b>viz</b>	20	s Loc	<b>T</b> (b) al 2	est li	A	<b>rep</b> e	etida A	s nã	o vizi	nha	<b>3</b>	<b>T</b>	est l Loc	nes al 3	<b>não</b> 47	repe	etida	S
13 A	44 26	46 117	A 48	112 114	vizini cal 1	47 49	A 150	<b>Tes</b>	A 14	es e/ou	<b>che</b> 4	5 135	75 127	20 69	<b>Loc</b>	(b) al 2	est li	A 132	2 113	A 52	s nã	0 vizi	93 169	A 65	177 154	Loc A 126	nes al 3	<b>não</b> 47	<b>repe</b> A 49	88 61	A 120
13 A 4	44 26 155	46 117 135	A 48 108	112 114 138	<b>al 1</b>	47 49 95	A 150 144	130 145 45	A 14 23	es e/ou	<b>Che</b> A 6	5 135 A	75 127	20 69 73	A 124 139	<b>T</b> (b) (b) <b>al 2</b> 51 146 4	est li ) 119 168 141	A 132 48	2 113 180	A 52 A	s nã	A 105	93 169 160	A 65 99	177 154 10	<b>Loc</b> A 126	al 3	47 11 35	A 49 161	88 61 90	A 120 91
13 A 106 A	44 26 155 116	46 117 135 141 A	A 48 108 98 76	112 114 138 37 124	<b>rizini</b> <b>cal 1</b> 111 64 19 63	47 49 95 134 101	A 150 144 51 110	130 145 45 171 127	A 14 23 94 A	es e/ou	Che 6 55 A	5 135 A 164 116	75 127 128 22 179	20 69 73 58 57	A 124 139 41 170	<b>T</b> (b) <b>al 2</b> 51 146 4 98 159	119 168 141 165 45	A 132 48 64 17	2 113 180 27 47	A 52 A 101 56	s nã	A 105 113 16 4	93 169 160 62 179	A 65 99 143 A	177 154 10 158 173	<b>E L C C A</b> 126 157 <b>A</b> 134	nes al 3 111 34 8 12 132	47 11 35 52 67	A 49 161 167 36	88 61 90 150 149	A 120 91 56 40
13 A 4 106 A 19	44 26 155 116 168 55	46 117 135 141 A 146	A 48 108 98 76 36	112 114 138 37 124 20	<b>rizinl</b> <b>al 1</b> 1111 64 19 63 152	47 49 95 134 101 128	A 150 144 51 110 159	130 145 45 171 127 86	A 14 23 94 A 38	es e/ou	A 6 55 A 7 7 2	5 135 A 164 116 156	75 127 128 22 179 117	20 69 73 58 57 42	A 124 139 41 170 133	<b>T</b> (b) <b>al 2</b> 51 146 4 98 159 <b>A</b>	119 168 141 165 45 115	A 132 48 64 17 145	2 1113 180 27 47 144	A 52 A 101 56 100	s nã	A 105 113 16 4 26	93 169 160 62 179 13	A 65 99 143 A 136	1777 154 100 1588 1773 1666	A 126 157 A 134 116	nes al 3 111 34 8 12 132 20	47 11 35 52 67 129	<b>A</b> 49 161 167 36 7	88 61 90 150 55	A 120 91 56 40 A
13 A 4 106 A 19 54	44 26 155 116 168 55 81	46 117 135 141 A 146 38	A 48 108 98 76 36 129	112 114 138 37 124 20 149	<b>xizinl</b> <b>cal 1</b> 1111 64 199 63 152 170	47 49 95 134 101 128 115	A 150 144 51 110 159 120	130           145           45           171           127           86           5	A 14 23 94 A 38 80	es e/ou	A 6 55 A 77 2 3	5 135 A 164 156 9	75 127 128 22 179 117 76	20 69 73 58 57 42 45	A 124 139 41 170 133 61	<b>T</b> (b) <b>al 2</b> 51 146 4 98 159 <b>A</b> 149	est I ) 119 168 141 165 45 115 147	A 132 48 64 17 145 89	2 113 180 27 47 144 6	A 52 A 101 56 100 53	s nã	A 105 113 16 4 26 74	93 169 160 62 179 13 80	A 65 99 143 A 136 142	1777 154 100 1588 1733 1666 164	Est 1 Loco 126 157 A 134 116 25	nes al 3 111 34 8 12 132 20 71	47 111 35 52 67 129 78	A 49 161 167 36 7 116	88 61 90 150 149 55 18	A 120 91 56 40 A 170
13 A 106 A 19 54 78	44 26 155 116 168 55 81 75	46 117 135 141 46 38 16 190	A 48 108 76 36 129 57	<b>Loc</b> 112 114 138 37 124 20 149 93	<b>A</b> <b>A</b> 111 64 19 63 152 170 34 19	47 49 95 134 101 128 115 59 22	A 150 144 51 110 159 120 10	130 145 45 171 127 86 5 13	A 14 23 94 A 38 80 A	es e/ou	Che A 6 555 2 3 3	5 135 A 164 116 156 9 52	75 127 128 22 179 117 76 8 152	20 69 73 58 57 42 45 99	A 124 139 41 170 133 61 43	<b>T</b> (b) <b>al 2</b> 51 146 4 98 159 <b>A</b> 149 161 <b>s</b>	119 168 141 165 45 115 147 88	A 132 48 64 17 145 89 16	2 113 180 27 47 144 6 129 77	A 52 A 101 56 100 53 50	s nã	A 105 113 16 4 26 74 38	93 169 160 62 179 13 80 110	A 655 999 143 A 136 142 577 119	1777 154 100 1588 1733 1666 164 1333	A 126 157 A 134 116 25 89 115	<b>al 3</b> 1111           34           8           12           132           20           71           15	47 11 35 52 67 129 78 156	A 49 161 167 36 7 116 76 90	88 61 90 150 149 55 18 152	A 120 91 56 40 A 170 59 40
13 A 106 A 19 54 78 34 A	44 26 155 116 168 55 81 75 14	46 117 135 141 A 146 38 16 180 12	A 48 108 98 76 129 57 10 33	112 114 138 37 124 20 149 93 22 18	rizinl al 1 111 64 19 63 152 170 34 16 165	47 49 95 134 101 128 115 59 32 119	A 150 144 51 110 159 120 10 9 9 42	130 145 45 171 127 86 5 13 174 15	A 14 23 94 A 38 80 A 33 22	es e/ou	A 4 6 55 4 7 7 2 3 3 3 4 9 9	5 135 A 164 116 156 9 52 152 120	75 127 128 22 179 117 76 8 153 67	20 69 73 58 57 42 45 99 15 97	A 124 139 41 170 133 61 43 29 72	<b>T</b> (b) <b>al 2</b> <b>51</b> 146 4 98 159 A 149 161 61 158	119 168 141 165 45 115 147 88 142 95	A 132 48 64 17 145 89 16 157 79	2 113 180 27 47 144 6 129 77 43	A 52 A 101 56 100 53 50 A 148	s nã	A 105 113 16 4 26 74 38 112 111	93 169 160 62 179 13 80 110 27 104	A 65 99 143 A 136 142 57 118 120	177 154 10 158 173 1666 164 133 159 101	A 126 157 A 134 116 25 89 115 153	nes al 3 111 34 8 12 132 20 71 15 69 50	47 11 35 52 67 129 78 156 82 96	A 49 161 167 36 7 116 76 86 94	88 61 90 150 149 55 18 152 110 100	A 120 91 56 40 A 170 59 48 113
13 A 106 A 19 54 34 A 2	44 26 155 116 168 55 81 75 14 11 88	46 117 135 141 A 146 38 16 180 12 21	A 48 108 98 76 36 129 57 10 33 175	112 114 138 37 124 20 149 93 22 18 28	rizinl A 1111 64 19 63 152 170 34 16 165 24	47 49 95 134 101 128 115 59 32 119 87	A 150 144 51 110 159 120 10 9 42 103	130           145           45           171           127           86           5           133           174           15           131	A 14 23 94 A 38 80 A 33 22 29		A 66 77 72 73 73 74 74 74 74 74 74 74 74 74 74 74 74 74	5 135 A 164 116 156 9 52 152 152 120 55	75 127 128 22 179 117 76 8 153 67 178	20 69 73 58 57 42 45 99 15 97 108	A 124 139 41 170 133 61 43 29 72 166	<b>T</b> (b) <b>al 2</b> <b>51</b> 146 4 98 159 <b>A</b> 149 161 <b>61</b> 158 125	119 168 141 165 115 147 88 142 95 114	A 132 48 64 17 145 89 16 157 79 11	2 113 180 27 47 144 6 129 77 43 103	A 52 A 101 56 100 53 50 A 148 A	s nã	A 105 113 16 4 26 74 38 112 111 90	93 169 160 62 179 13 80 110 27 104 107	A 65 99 143 A 136 142 57 118 120 94	1777 154 100 158 173 166 164 133 159 101 162	A 126 157 A 134 116 25 89 115 153 87	al 3           1111           34           8           12           132           20           711           15           69           50           92	47 11 35 52 67 129 78 156 82 96 114	A 49 161 167 36 7 116 76 86 94 140	88 61 90 150 149 55 18 152 110 100 31	A 120 91 56 40 A 170 59 48 113 118
13 A 106 A 19 54 78 34 A 229	44 26 155 116 168 55 81 75 14 11 88 113	46 117 135 141 A 146 38 16 180 12 21 31	A 48 108 98 76 36 129 57 10 33 175 24	<b>Loc</b> 1112 1114 138 37 124 20 149 93 22 18 28 133	A 1111 64 19 63 152 170 34 16 165 24 30	47 49 95 134 101 128 115 59 32 119 87 4	A 150 144 51 110 159 120 10 9 42 103 156	130 145 45 171 127 86 5 13 174 15 131 37	A 14 23 94 A 38 80 A 33 22 29 35	2	Che A 6 55 7 2 3 3 3 3 4 9 9 4 4 3 3	5 135 A 164 116 156 9 52 152 120 55 66	75 127 128 22 179 117 76 8 153 67 178 50	20 69 73 58 57 42 45 99 15 97 108 46	A 124 139 41 170 133 61 43 29 72 166 143	<b>T</b> (b) <b>al 2</b> <b>51</b> 146 4 98 159 A 149 161 61 158 125 23	119 168 141 165 45 115 147 88 142 95 114 142 95	A 132 48 64 177 145 89 16 157 79 11 160	2 113 180 27 47 144 6 129 77 43 103 3	A 52 A 101 56 100 53 50 A 148 A 70	s nã	A 105 113 16 4 26 74 38 112 111 90 3	93 169 160 62 179 13 80 110 27 104 107 85	A 65 99 143 A 136 142 57 118 120 94 131	1777 1544 100 1588 1733 1666 1644 1333 1559 1011 162 888	A 126 157 A 134 116 25 89 115 153 87 17	al 3 1111 34 132 200 711 155 69 500 92 119	47 11 35 52 67 129 78 156 82 96 114 43	A 49 161 167 36 7 116 76 86 94 140 112	88 61 90 150 149 55 18 152 110 100 31 123	A 120 91 56 40 A 170 59 48 113 118 109
13 A 106 A 199 54 78 34 A 29 A	44 26 155 116 168 55 81 75 14 11 88 113 169	46 117 135 141 A 146 38 16 180 12 21 31 43	A 48 108 98 76 36 129 57 10 33 175 24 97 97	112 114 138 37 124 20 149 93 22 18 22 18 28 133 118	A 1111 64 19 63 152 170 34 16 165 24 30 77 77	47 49 95 134 101 128 115 59 32 119 87 4 28	A 150 144 51 110 159 120 10 9 42 103 156 2	130 145 45 171 127 86 5 13 174 15 131 37 52	A 14 23 94 A 38 80 A 33 22 29 35 A	s e/ou	Che A 6 7 2 3 3 3 4 9 9 4 4 5 3 3 4 4 9 9	5 135 A 164 116 156 9 52 152 152 152 152 152 155 66 60	75 127 128 22 179 117 76 8 153 67 178 50 136	20 69 73 58 57 42 45 99 15 97 108 46 21	A 124 139 41 170 133 61 43 29 72 166 143 74	Ti (b) al 2 51 146 4 98 159 A 149 161 61 158 125 23 122	1119 168 141 165 145 147 88 142 95 114 49 35	A 132 48 64 17 145 89 16 157 79 11 160 140	2 113 180 27 47 144 6 129 77 43 103 3 3 7 5	A 52 A 101 56 100 53 50 A 148 A 70 54	s nã	A 105 113 16 4 26 74 38 112 111 90 3 114	93 169 160 62 179 13 80 110 27 104 107 85 100	A 655 999 143 A 136 142 57 118 120 94 131 97	1777 154 100 158 1733 1666 164 1333 159 1011 162 88 88 23	A 126 157 A 134 116 25 89 115 153 87 17 117	nes al 3 111 34 8 12 132 20 71 15 69 50 92 119 41	47 11 35 52 67 129 78 156 82 96 114 43 155	A 49 161 167 36 7 116 76 86 94 140 112 103	88 61 90 150 149 55 18 152 110 100 31 123 70	A 120 91 56 40 A 170 59 48 113 118 109 A
13 A 106 A 19 54 78 34 A 2 29 A 123 62	44 26 155 116 168 55 81 75 14 11 88 113 169 143 4	46 117 135 141 A 146 38 16 180 12 21 31 43 85 23	A 48 108 98 76 36 129 57 10 33 175 24 97 162 109	ão v           112           114           138           37           124           20           149           93           22           18           133           118           153           96	rizini A 111 64 19 63 152 170 34 16 165 24 30 77 77 148 21	47 49 95 134 101 128 115 59 32 119 87 4 28 125 157	A 150 144 51 110 159 120 10 9 42 103 156 2 91 158	130           145           45           171           127           86           5           131           174           15           131           37           52           173           20	A 14 23 94 A 38 80 A 33 22 29 35 A 167 99		Che A 66 77 2 3 3 3 4 9 9 4 4 63 4 63 4 52 1	5 135 A 164 116 156 9 52 152 120 55 66 109 39 84	75 127 128 22 179 117 76 8 153 67 178 50 136 176 136 118	20 69 73 58 57 42 45 99 15 99 15 97 108 46 21 86 78	A 124 139 41 170 133 61 43 29 72 166 143 74 19 79	T (b) al 2 51 146 4 98 159 A 149 161 61 158 125 23 122 57 138	119 168 141 165 45 115 147 88 142 95 114 49 35 38 10	A 132 48 64 17 145 89 16 157 79 11 160 140 96 80	2 113 180 27 47 144 6 129 77 43 103 3 75 71 68	A 52 A 101 56 100 53 50 A 148 A 70 54 92 69	s nã	A 105 113 16 4 26 74 38 112 111 90 3 3 114 53 3 42	93 169 160 62 179 13 80 110 27 104 107 85 100 30 174	A 65 99 143 136 142 57 118 120 94 131 97 96 91	1777 154 100 158 173 166 164 133 159 101 162 88 88 23 64 141	A 126 157 A 134 116 25 89 115 153 87 17 117 2 68	Ines           al 3           111           34           8           12           132           20           71           15           69           50           92           119           41           146           77	47 11 35 52 67 129 78 156 82 96 114 43 155 117 51	A 49 161 167 36 7 116 76 86 94 140 112 103 84 37	88 61 90 150 149 55 18 152 110 100 31 123 70 97 163	A 120 91 56 40 A 170 59 8 8 113 118 109 A 89 A
13 A 4 106 A 19 54 78 34 A 2 29 A 123 62 A	44 26 155 116 168 55 81 75 14 11 88 81 113 169 143 143 179	46 117 135 141 146 38 16 180 12 21 31 43 85 23 164	A 48 108 98 76 36 129 57 10 33 175 24 97 162 109 69	112 114 138 37 124 20 149 93 22 18 28 133 118 153 96 139	rizini al 1 111 64 19 63 152 170 34 16 165 24 30 777 148 21 53	47 49 95 134 101 128 115 59 32 119 87 4 28 125 157 161	A 150 144 51 110 159 120 10 9 42 103 156 2 91 158 12	130           145           45           171           127           86           5           13           174           15           131           37           52           173           20           65	A 14 23 94 A 38 80 A 33 22 29 35 A 167 99 68		Che AA 66 555 3 3 3 3 3 4 9 9 4 4 5 3 3 4 4 5 3 3 4 4 5 3 3 4 5 3 4 5 5 5 5	5 135 A 164 116 156 9 9 52 152 152 155 66 109 39 84 126	75 127 128 22 179 117 76 8 153 67 178 50 136 176 118 54	20 69 73 58 57 42 45 99 15 97 108 46 21 86 78 150	A 124 139 41 170 133 61 43 29 72 166 143 74 19 79 77	<b>T</b> (b) <b>al 2</b> <b>51</b> 146 4 98 159 <b>A</b> 149 161 61 158 125 23 122 <b>57</b> 138 91	119 168 141 165 115 147 88 142 95 114 49 35 38 10 74	A 132 48 64 17 145 89 16 157 79 11 160 140 96 80 60	2 113 180 27 47 144 6 129 77 43 103 3 103 3 77 43 103 3 75 71 68 30	A 52 A 101 56 100 53 50 A 148 A 70 54 92 69 A	s nã	A 105 113 16 4 26 74 38 112 111 90 3 114 53 42 A	93 169 160 62 179 13 80 110 27 104 107 85 100 30 174 121	A 65 99 143 136 142 57 118 120 94 131 97 94 131 97 96 91	1777 154 100 158 173 166 164 133 159 101 162 88 23 64 23 64 141 147	A 1266 1577 A 1344 1116 255 899 1115 1533 877 177 1177 2 688 922	IIII           34           8           12           132           20           71           15           69           50           92           119           41           146           77           9	47 111 35 52 67 129 78 156 82 96 114 43 155 117 51 124	A 49 161 167 36 7 116 76 86 94 140 112 103 84 37 24	88 61 90 150 149 55 18 152 110 100 31 123 70 97 163 105	A 120 91 56 40 40 40 40 40 40 40 40 40 40 40 40 40
13 A 106 A 19 54 78 34 A 229 A 123 62 A 41	44 26 155 116 168 55 81 75 14 11 88 113 169 143 169 143 79 142	46 117 135 141 44 146 38 16 180 12 21 31 43 85 23 164 79	A 48 108 98 76 36 129 57 10 33 175 24 97 162 109 69 30	Locc 112 114 138 37 124 20 149 93 22 18 28 133 118 153 96 139 176	<b>Figure 1</b> <b>A</b> 1111 64 19 63 152 170 <b>34</b> 16 165 <b>24</b> <b>30</b> 77 148 <b>21</b> 53 151	47 49 95 134 101 128 115 59 32 119 87 4 28 125 157 161 74	A 150 144 51 110 159 120 10 9 42 103 156 2 91 158 12 92	130           145           45           171           127           86           5           13           174           15           131           37           52           173           20           65           160	A 14 23 94 A 38 80 A 33 22 29 35 A 167 99 68 A		Che A A A A A A A A A A A A A	5 135 A 164 116 156 9 52 152 152 120 55 66 109 39 84 126 64	75 127 128 22 179 117 76 8 153 67 178 50 136 176 118 54 171	20 69 73 58 57 42 45 99 15 97 108 46 21 86 78 150 47	A 124 139 41 170 133 61 43 29 72 166 143 74 19 79 77 90	Ti (b) 146 4 98 159 A 149 161 61 158 125 23 122 57 138 91 26	<ul> <li>119</li> <li>168</li> <li>141</li> <li>165</li> <li>45</li> <li>115</li> <li>147</li> <li>88</li> <li>142</li> <li>95</li> <li>114</li> <li>49</li> <li>35</li> <li>38</li> <li>10</li> <li>74</li> <li>78</li> </ul>	A 132 48 64 17 145 89 16 157 79 11 160 140 96 80 60 137	2 113 180 27 47 144 6 129 77 43 103 3 77 43 103 3 75 71 68 30 59	A 52 A 101 56 100 53 50 A 148 A 70 54 92 69 A 24	s nã	A 105 113 16 4 26 74 38 112 111 90 3 114 53 42 A 102	93 169 180 62 179 13 80 110 27 104 107 85 100 30 174 121 21	A 65 99 143 A 136 142 57 118 120 94 131 97 96 91 127 73	1777 154 10 158 173 166 164 133 159 101 162 88 23 64 141 147 63	A 126 157 A 134 116 25 89 115 153 87 17 117 2 68 92 75	III         34           34         8           12         132           200         71           155         69           500         92           119         41           146         77           9         87	47 11 35 52 67 129 78 156 82 96 114 43 155 117 51 124 165	A           49           161           167           36           7           116           76           86           94           140           112           103           84           37           24           22	88 61 90 150 155 18 152 110 100 31 123 70 97 163 105 39	A 120 91 56 40 A 170 59 48 113 118 118 118 119 A 89 A 89 A 58 54
13 A 4 106 A 19 54 78 34 A 22 29 A 123 62 A 411 A	44 26 155 116 168 55 81 75 14 11 88 113 169 143 A 179 142 166	46 117 135 141 A 146 38 16 180 12 21 31 43 85 23 164 79 50	A 48 108 98 76 36 129 57 10 33 175 24 97 162 109 69 30 8	International           112           114           138           37           124           20           149           93           22           18           28           133           118           153           96           139           176           154	rizinl A 111 64 19 63 152 170 34 165 165 24 30 77 148 21 53 151 151 1	47 49 95 134 101 128 115 59 32 119 87 4 28 125 157 161 74 147	A 150 144 51 110 159 120 10 9 422 103 156 2 9 9 1 158 12 9 9 1 158 12 9 9 0	130           145           45           171           127           86           5           131           37           52           173           20           65           160           105	A 14 23 94 A 38 80 A 33 22 29 35 A 167 99 68 A 83		Che 6 6 6 5 7 2 3 3 4 9 9 6 3 4 9 9 6 3 4 5 2 1 1 8 8 4 2 2 1 1 8 8 4 4 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	5 135 A 164 116 156 9 52 152 120 55 66 109 39 84 126 64 134	75 127 128 22 179 117 76 8 153 67 178 50 136 176 178 50 136 176 178 54 171 34	20 69 73 58 57 42 45 99 15 97 108 46 21 86 78 150 47 94	A 124 139 41 170 133 61 43 29 72 166 143 74 19 79 77 90 82	Ti (b) al 2 51 146 4 98 159 A 149 161 159 A 149 161 158 125 23 122 57 138 91 26 42	119 168 141 165 45 115 147 88 142 95 114 49 35 38 10 74 78 85	A 132 48 64 17 145 89 16 157 79 11 160 140 96 80 60 137 111	2 113 180 27 47 144 6 129 77 43 103 3 77 43 103 3 77 68 30 59 55	A 52 A 101 56 100 53 50 A 148 A 70 54 92 69 A 24 24 72	s nã	A 105 113 16 4 26 74 38 112 111 90 3 114 53 42 A 102 109	93 189 180 62 179 13 80 110 27 104 107 85 100 30 174 121 21 21 21 13	A 65 99 143 A 136 142 57 118 120 94 131 97 94 131 97 96 91 127 73 148	1777 154 10 158 173 166 164 133 159 101 162 88 23 64 141 147 63 81	A 126 157 A 134 116 25 89 115 153 87 17 117 2 68 92 75 66	IIII           34           8           12           132           20           71           15           69           50           92           119           41           146           777           9           87           178	47 11 35 52 67 129 78 156 82 96 114 43 155 117 51 124 165 32	A 49 161 167 36 7 116 76 86 94 140 112 103 84 37 24 22 144	88 61 90 150 149 55 18 152 110 100 31 123 70 97 183 105 39 171	A 120 91 56 40 A 170 59 48 113 113 113 113 113 113 113 113 113 11
13 A 4 106 A 19 54 A 29 A 123 62 A 411 A 72 562 A 411 A 72 562 A	44 26 155 116 168 55 81 75 14 11 88 113 169 143 169 143 179 142 166 89	46 1117 135 141 746 38 164 180 12 21 31 43 85 23 164 79 50 70 70	A 48 108 98 76 36 129 57 10 33 175 24 97 162 109 69 30 8 126 8 126	Loc 112 114 138 37 124 20 149 93 22 18 28 133 118 153 96 139 176 154 172	A A 1111 64 19 63 152 170 34 165 24 300 77 148 21 53 151 1 4 0 77 148 21 53 151 1 7 152 153 151 152 153 155 155 155 155 155 155 155	47 49 95 134 101 128 115 59 32 119 87 4 28 125 157 161 74 147 31	A 150 144 51 110 159 120 10 9 42 103 156 2 91 158 12 91 158 12 92 90 66	130           145           45           171           127           86           5           131           37           52           173           20           65           160           105           82           172	A 14 23 94 A 38 80 A 33 22 29 35 A 167 99 68 A 83 35 A 167 99 68 A 31 22 29 35 5 5 5 5 8 7 8 9 5 8 8 8 9 4 8 9 4 8 8 8 8 8 8 8 9 8 8 8 8		Che A 66 55 7 2 3 3 7 7 2 3 3 7 7 2 3 3 3 7 7 2 3 3 3 7 7 2 3 3 3 7 7 2 3 3 3 7 7 2 3 3 3 7 7 2 3 3 3 7 7 2 3 3 3 7 7 7 9 9 7 8 4 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	5 135 A 164 116 156 9 55 152 152 152 152 152 120 55 66 61 109 39 84 126 64 134 134	75 127 128 22 179 117 76 8 153 67 178 50 136 176 118 54 171 34 56	20 69 73 58 57 42 45 99 15 97 108 46 21 86 78 150 47 94 174	A 124 139 41 170 133 61 43 29 72 166 143 74 19 79 77 90 82 151	T           (b)           al 2           51           146           4           98           159           A           149           161           158           125           23           122           57           138           91           26           42           31	119 188 141 165 147 88 142 95 114 49 35 38 10 74 78 85 177 85	A 132 48 64 17 145 89 16 157 79 11 160 140 96 80 60 137 111 169	2 113 180 27 47 144 6 129 777 43 103 3 77 71 68 30 59 55 131	A 52 A 101 56 100 53 50 A 148 A 70 54 92 69 A 24 72 A 24 72 A 97	s nã	A 105 113 16 4 26 74 38 112 111 90 3 114 53 42 A 102 109 44	93 169 160 62 179 13 80 110 27 104 107 85 100 30 174 121 121 139 79 79	A 65 99 143 A 136 142 57 118 120 94 131 97 96 91 127 73 148 103	1777 154 100 158 173 166 164 133 159 101 162 88 23 64 141 147 63 81 147 63 192	Loco A 126 157 A 134 116 25 89 115 153 87 17 117 2 68 92 75 66 60 00	Ines           111           34           8           12           132           20           71           15           69           50           92           119           41           146           77           9           87           178           1455	47 11 35 52 67 129 78 156 82 96 114 43 155 117 51 124 165 32 32 32	A 49 161 167 36 7 116 76 86 94 140 112 103 84 37 24 22 144 81 22 144	88 61 90 150 149 55 18 152 110 100 31 123 70 97 183 105 39 171 95	A 1200 91 566 400 A 1700 559 488 1113 1188 1019 A 899 A 899 A 588 54 A 586 54 A 6 6 90
13 A 4 106 A 19 54 78 34 A 229 A 123 62 A 41 A 72 58 61	44 26 155 116 168 55 81 75 14 11 88 113 169 143 169 143 4 79 142 166 89 9 163 39	46 117 135 141 46 38 16 180 12 21 31 43 85 23 164 79 50 50 70 84 32	A 48 108 98 76 36 129 57 10 33 175 24 97 162 109 69 30 8 8 126 104 40	Loc           112           114           138           37           124           20           149           93           21           18           133           118           153           96           139           176           154           136	A 1111 64 19 63 152 170 34 165 24 30 77 148 21 53 151 1 1 40 40 77 136	47 49 95 134 101 128 115 59 32 119 87 4 28 125 157 161 74 147 7 18	A 150 144 51 110 159 120 10 10 9 42 103 156 2 91 158 12 91 158 12 92 90 66 66 1777 17	130           145           45           171           127           86           5           131           37           52           173           20           65           160           105           82           178           A	A 14 23 94 38 80 A 33 222 29 35 A 167 99 68 A 83 132 60 25		A 66 77 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	5 135 A 164 116 156 9 52 152 152 152 152 152 152 152 152 152	75 127 128 22 179 117 76 8 153 67 178 50 136 176 176 136 176 118 54 171 34 56 121 48	20 69 73 58 57 42 45 99 15 97 108 46 21 86 21 86 21 86 78 150 97 108 46 21 37 47 4 7 34 4 5 7 8 15 9 7 108 46 107 108 108 109 108 109 107 108 109 107 108 109 107 108 109 107 108 109 107 108 109 107 108 109 107 108 109 107 108 109 107 108 109 107 108 109 109 109 109 109 109 109 109 109 109	A 124 139 41 170 133 61 43 29 72 166 143 74 19 79 77 90 82 151 33 130	T           (b)           al 2           51           146           4           98           159           A           149           161           158           125           23           125           57           138           91           26           31           1           102	119 168 141 165 45 115 147 88 142 95 114 49 35 38 10 74 49 35 38 10 74 78 5 5 41	A 132 48 64 17 145 89 16 157 79 11 160 140 96 80 60 137 111 169 66 66	2 113 180 27 47 144 6 129 77 43 103 3 75 71 68 30 55 5 5 5 5 5 5 131 131 13 13 13	A 52 A 101 56 100 53 50 A 148 A 70 54 92 69 A 24 24 72 A 87 24	s nã	A 105 113 16 4 26 74 38 112 111 90 3 114 53 42 A 102 109 44 A 28	93 169 160 62 179 13 80 110 27 104 107 85 100 30 174 121 21 139 79 79 175 84	A 65 99 143 142 136 142 57 118 120 94 131 97 96 91 127 73 96 91 127 73 148 103 119 1	1777 154 10 158 173 166 164 133 159 101 162 88 23 64 141 147 63 81 147 83 81 172 180 82	A 126 157 A 134 116 25 89 115 153 87 17 117 2 68 92 75 66 60 106 130	nes al 3 1111 34 8 12 20 71 15 69 50 92 119 41 146 77 9 87 178 87 178 87 122 83	47 11 35 52 67 129 78 156 82 96 114 43 155 117 51 124 165 32 106 72 93	A 49 161 167 36 7 6 86 94 140 112 103 84 37 24 22 144 37 24 142 103 84 37 5	88 61 90 150 149 55 18 152 110 155 31 123 70 97 163 105 39 171 125 128	A 1200 91 56 40 A 1700 59 48 1113 118 119 A 899 A 58 54 4 58 54 54 4 58 54 58 54 58 54 58 54 6 58 54 58 54 58 55 58 55 58 55 58 55 58 55 58 55 58 56 58 56 58 58 58 58 58 58 58 58 58 58 58 58 58
13           A           106           A           19           54           78           34           229           A           123           62           A           41           A           772           58           61           15	44 26 155 116 168 55 81 14 11 88 113 169 143 143 169 143 179 142 166 89 9 163 39 3	46 117 135 141 4 146 180 12 21 31 43 85 23 164 79 50 50 70 84 32 107	A 48 108 98 76 36 129 57 10 33 175 24 97 162 109 69 30 69 30 8 8 126 104 40 9 9	II2           112           114           138           37           124           20           149           93           22           18           28           133           118           153           96           139           176           172           1           136           137	A 1111 64 199 63 152 1700 34 165 24 30 77 148 21 53 151 1 40 71 36 102	47 49 95 134 101 128 115 59 32 119 87 4 28 125 157 161 74 125 157 161 74 147 7 18 121	A 150 144 51 159 120 10 9 42 103 156 2 91 158 12 91 158 12 92 90 66 1777 177 73	130           145           45           171           127           86           5           131           174           15           131           37           52           173           20           65           160           105           82           178           A           6	A 14 23 94 33 38 80 4 33 22 29 35 A 33 22 29 35 A 167 99 35 A 83 167 99 88 A 83 132 60 25 39		A 66 7 7 7 2 3 3 7 7 7 2 3 3 7 7 7 7 2 3 3 7 7 7 7	5 135 A 164 116 156 9 52 152 152 152 152 152 152 152 152 152	75 127 128 22 179 117 76 8 153 67 178 50 136 178 50 136 178 50 136 178 50 136 178 50 136 50 136 138 50 136 138 50 138 10 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14	20 69 73 58 57 42 45 99 15 97 108 46 21 86 21 86 21 86 78 150 97 108 47 99 15 97 108 46 21 15 97 108 46 21 15 97 108 46 91 15 97 108 46 91 15 97 108 15 91 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15	A 124 139 41 170 133 61 43 29 72 166 143 74 19 77 77 790 82 151 33 130 71	T           (b)           51           146           98           159           A           149           161           158           125           23           122           57           138           91           26           42           31           102           106	119 118 141 165 145 145 145 147 88 142 95 114 49 35 38 10 38 10 74 49 35 38 10 74 78 85 177 65 41 177 65	A 132 48 64 17 145 89 16 157 79 111 160 140 96 80 60 137 111 1169 76 66 167	2 113 180 27 47 144 6 129 77 43 103 3 77 43 103 3 77 71 68 30 55 5 5 5 5 5 5 131 131 133 63 67	A 52 A 101 56 100 53 50 A 148 A 70 54 92 69 A 24 92 69 A 24 24 72 A 87 72 44 110	s nã	A 105 113 16 4 26 74 38 112 111 90 3 114 112 109 44 A 28 A A	93 169 160 62 179 13 80 110 27 104 107 85 100 30 0 30 30 174 121 121 139 79 175 84 125	A 65 99 143 136 142 57 118 120 94 131 97 94 131 97 96 91 127 73 148 103 119 119 1	1777 154 100 158 173 166 164 133 159 101 162 88 23 64 141 162 88 23 64 141 147 63 81 147 122 180 82 83	Locc A 126 157 A 134 116 25 153 89 115 153 87 17 117 2 68 92 75 66 60 106 130 14	nes 111 34 8 12 132 20 71 15 69 50 92 119 41 146 177 9 87 178 145 122 83 33	47 111 35 52 67 129 156 82 96 114 43 155 117 51 124 165 117 51 124 165 32 106 72 93 108	A 49 161 167 36 7 116 86 94 140 112 103 84 37 24 22 103 84 37 24 144 81 137 5 101	88 61 90 150 149 55 18 18 152 110 100 31 123 70 97 163 105 39 97 163 105 128 102	A 120 91 56 40 A 110 59 48 1113 118 109 A 89 A 89 A 89 A 54 A 54 A 54 A 55 A 55 A 55 A 55 A 5
13           A           106           A           19           54           78           34           229           A           123           62           A           41           A           123           62           A           41           72           58           61           15           255	44 26 155 116 168 55 81 11 81 113 169 143 169 143 169 143 169 143 169 143 169 143 3 9 3 3 3 3 3 4	46 117 135 141 4 146 38 16 180 12 21 31 43 85 23 164 79 50 70 84 32 107 122	A 48 108 98 76 36 129 57 10 33 175 24 97 162 109 69 30 69 30 69 30 8 8 126 57 109 69 30 0 8 8 126 97 162 109 69 30 9 7 109 109 109 109 109 109 109 109 109 109	II2           112           114           138           37           124           20           149           93           22           18           133           118           153           96           139           176           154           137           100	rizini al 1 111 64 19 63 152 170 34 165 24 30 77 148 21 53 151 1 40 71 36 102 33	47 49 95 134 101 128 115 59 32 119 87 4 28 125 157 161 125 157 161 147 31 147 7 18 121 67	A 150 144 51 159 120 9 10 9 9 42 103 156 2 91 158 12 91 158 12 90 66 1777 177 73 140	130           145           45           171           127           86           5           131           174           15           131           37           52           173           20           65           160           105           82           178           A           6           56	A 14 23 94 A 38 80 A 33 22 29 35 A 167 99 68 A 167 99 68 83 132 60 25 39 A		A 4 6 6 5 5 7 7 7 2 3 3 7 7 7 2 3 3 7 7 7 2 3 3 7 7 7 7	5 135 A 164 156 9 52 152 120 55 66 109 39 39 39 39 39 39 4 126 64 134 126 123 154 123 154 175 44	75 127 128 22 179 117 76 8 153 67 178 50 136 176 136 54 171 34 55 171 34 56 121 34 56 24 9	20 69 73 58 57 42 45 99 15 97 108 46 21 86 78 150 21 86 78 150 97 108 46 21 86 78 150 97 108 46 21 86 78 150 94 174 86 86 86 94 95 95 108 108 108 108 108 108 108 108 108 108	A 124 139 41 170 133 61 43 29 72 166 143 74 19 77 79 77 90 82 151 33 130 71 172	T (b) al 2 51 146 4 98 159 A 149 161 161 158 125 23 122 57 138 91 26 42 31 1 102 106 46	119 188 141 165 45 115 147 147 88 142 95 114 49 35 38 10 74 49 35 38 10 74 78 85 177 65 41 73 173	A 132 48 64 17 145 89 16 157 79 11 160 140 96 80 60 137 111 1159 76 66 167 40	2 113 180 27 47 144 6 129 77 43 103 3 77 43 103 3 77 71 68 30 55 55 131 13 13 63 63 67 58	A 52 A 101 56 100 53 53 50 A 148 A 70 54 92 69 A 24 72 A 87 24 110 25	s nã	A 105 113 16 4 26 74 38 112 111 90 3 114 112 109 44 A 102 109 44 A 28 A 138	93 169 160 62 179 13 80 100 27 104 107 85 100 30 174 121 139 79 175 84 125 19	A 65 99 143 7 136 142 57 118 120 94 131 97 96 91 127 73 96 91 127 73 148 103 119 1 129 5 168	1777 154 100 158 173 166 164 133 159 101 162 88 23 64 141 147 63 81 147 63 81 147 63 81 142 180 82 83 98	Locc A 126 157 A 134 116 255 153 89 115 153 87 17 117 2 68 92 56 66 60 106 130 14 151	al 3           111           34           8           12           132           200           711           15           69           50           92           119           41           146           777           9           87           122           83           333           46	47 111 35 52 67 129 96 114 43 155 117 51 124 165 117 51 124 165 32 106 72 93 108 115	A 49 161 167 36 7 116 86 94 140 112 103 84 37 24 140 112 103 84 137 5 5 101 107	88 61 90 149 55 18 152 110 100 31 123 70 97 163 105 39 171 128 105 128 102 176	A 120 91 56 40 70 59 48 113 118 109 A 89 A 89 A 89 A 58 54 A 58 54 A 58 54 A 58 54 A 58 54 A 58 54 54 55 56 40 59 56 56 56 56 56 56 56 56 56 56 56 56 56

Checks não vizinhas 📃 Test lines e/ou checks vizinhas 📃 Test lines repetidas não vizinhas 📃 Test lines não repetidas

**Figura A.4.** Layouts para o Delineamento 5 descritos na Tabela 3.1 consideramos p=22%, 140 test lines não duplicadas, 40 test lines duplicadas, 1 checks repetidas 20 vezes para  $\phi_g = 0.9$ , ao assumir (a) efeitos aleatórios de test lines e (b) efeitos fixos de test lines no modelo para gerar o delineamento.



Test lines vizinhas Test lines repetidas não vizinhas Test lines não repetidas

**Figura A.5.** Layouts para o Delineamento 6 descritos na Tabela 3.1 consideramos p=33%, 120 test lines não duplicadas, 60 test lines duplicadas para  $\phi_g = 0.9$ , ao assumir (a) efeitos aleatórios de test lines e (b) efeitos fixos de test lines no modelo para gerar o delineamento



**Figura A.6.** Média  $\pm$  erro padrão das estimativas dos parâmetros relacionados às variâncias entre ((a) e (b)) linhas, ((c) e (d)) colunas e ((d) e (e)) resíduos do local, ao assumir (((a), (c) e (e))) efeitos aleatórios de *test lines* e ((b), (d) e (f)) efeitos fixos de *test lines* no modelo para gerar o delineamento, para as análises individuais e conjuntas dos diferentes delineamentos ótimos obtidos. A linha tracejada preta indica o valor esperado (suposto) para cada parâmetro.



**Figura A.7.** Média  $\pm$  erro padrão das estimativas dos parâmetros relacionados às variâncias genéticas ((a) e (b)) e a correlação genética ((entre os efeitos da *test lines* em local diferente) ((c) e (d)) das diferentes áreas, ao assumir (((a) e (c))) efeitos aleatórios de *test lines* e ((b) e (d)) efeitos fixos de *test lines* no modelo para gerar o delineamento, para as análises individuais e conjuntas dos diferentes delineamentos ótimos obtidos. A linha tracejada preta indica o valor esperado (suposto) para cada parâmetro.



**Figura A.8.** Média  $\pm$  erro padrão das estimativas dos parâmetros relacionados a ((a) e (b)) correlação residual entre as linhas e ((c) e (d)) correlação residual entre colunas, ao assumir (((a) e (c))) efeitos aleatórios de *test lines* e ((b) e (d)) efeitos fixos de *test lines* no modelo para gerar o delineamento, para as análises individuais e conjuntas dos diferentes delineamentos ótimos obtidos. A linha tracejada preta indica o valor esperado (suposto) para cada parâmetro.

### Apêndice II





**Figura A.9.** Valores das porcentagens das comparações dos delineamentos para a precisão genética referente ao primeiro cenário para a análise individual ((a), (c) e (e)) e conjunta ((b), (d) e (f)). Os painéis (a) e (b) referem-se aos resultados obtidos dos delineamentos gerados considerando a matriz de relacionamento; (c) e (d) referem-se aos resultados obtidos dos delineamentos gerados sem a inclusão da matriz de relacionamento e (e) e (f) aos resultados obtidos dos modelos de análise que não incluiu a matriz de relacionamento.

0.9

p–rep 2 p–rep 4 p–rep 3 p–rep 5

Grid-plot

Grid-pl

0.2

0.0

0.2

0.9

p–rep 4 p–rep 5

p-rep 2

Grid-plot

p-rep 1



70









**Figura A.10.** Valores das porcentagens das comparações dos delineamentos para a precisão genética referente ao segundo cenário para a análise individual ((a), (c) e (e)) e conjunta ((b), (d) e (f)). Os painéis (a) e (b) referem-se aos resultados obtidos dos delineamentos gerados considerando a matriz de relacionamento; (c) e (d) referem-se aos resultados obtidos dos delineamentos gerados sem a inclusão da matriz de relacionamento e (e) e (f) aos resultados obtidos dos modelos de análise que não incluiu a matriz de relacionamento.



**Figura A.11.** Valores das porcentagens das comparações dos delineamentos para a Ganho Genático Relativo Realizado referente ao primeiro cenário para a análise individual ((a), (c) e (e)) e conjunta ((b), (d) e (f)). Os painéis (a) e (b) referem-se aos resultados obtidos dos delineamentos gerados considerando a matriz de relacionamento; (c) e (d) referem-se aos resultados obtidos dos delineamentos gerados sem a inclusão da matriz de relacionamento e (e) e (f) aos resultados obtidos dos modelos de análise que não incluiu a matriz de relacionamento.












**Figura A.12.** Valores das porcentagens das comparações dos delineamentos para a Ganho Genético Relativo Realizado referente ao segundo cenário para a análise individual ((a), (c) e (e)) e conjunta ((b), (d) e (f)). Os painéis (a) e (b) referem-se aos resultados obtidos dos delineamentos gerados considerando a matriz de relacionamento; (c) e (d) referem-se aos resultados obtidos dos delineamentos gerados sem a inclusão da matriz de relacionamento e (e) e (f) aos resultados obtidos dos modelos de análise que não incluiu a matriz de relacionamento.



**Figura A.13.** Valores das porcentagens das comparações dos delineamentos para a Sucesso de Seleção referente ao primeiro cenário para a análise individual ((a), (c) e (e)) e conjunta ((b), (d) e (f)). Os painéis (a) e (b) referem-se aos resultados obtidos dos delineamentos gerados considerando a matriz de relacionamento; (c) e (d) referem-se aos resultados obtidos dos delineamentos gerados sem a inclusão da matriz de relacionamento e (e) e (f) aos resultados obtidos dos modelos de análise que não incluiu a matriz de relacionamento.









**Figura A.14.** Valores das porcentagens das comparações dos delineamentos para a Sucesso de Seleção referente ao segundo cenário para a análise individual ((a), (c) e (e)) e conjunta ((b), (d) e (f)). Os painéis (a) e (b) referem-se aos resultados obtidos dos delineamentos gerados considerando a matriz de relacionamento; (c) e (d) referem-se aos resultados obtidos dos delineamentos gerados sem a inclusão da matriz de relacionamento e (e) e (f) aos resultados obtidos dos modelos de análise que não incluiu a matriz de relacionamento.