

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



Tese

**Respostas fisiológicas e morfoagronômicas a estresse de calor e
capacidade de combinação para aparência e rendimento de tubérculos de
genótipos de batata**

Daiana Döring Wolter

Pelotas, 2022

Daiana Döring Wolter

**Respostas fisiológicas e morfoagronômicas a estresse de calor e
capacidade de combinação para aparência e rendimento de tubérculos de
genótipos de batata**

Tese apresentada ao programa de
Pós-Graduação em Agronomia da
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da
Universidade Federal de Pelotas, como
requisito parcial à obtenção do título de
Doutor em Ciências (área de
conhecimento: Fitomelhoramento)

Orientador: Arione da Silva Pereira, PhD. – Embrapa Clima Temperado
Coorientadora: Caroline Marques Castro, Dra. – Embrapa Clima Temperado

Pelotas, 2022

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

W868r Wolter, Daiana Döring

Respostas fisiológicas e morfoagronômicas a estresse de calor e capacidade de combinação para aparência e rendimento de tubérculos de genótipos de batata / Daiana Döring Wolter ; Arione da Silva Pereira, orientador ; Caroline Marques Castro, coorientadora. — Pelotas, 2022.
122 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

1. *Solanum tuberosum* L. 2. Tolerância ao calor. 3. Qualidade de processamento. 4. CGC. 5. CEC.. I. Pereira, Arione da Silva, orient. II. Castro, Caroline Marques, coorient. III. Título.

CDD : 636.51

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

Daiana Döring Wolter

Respostas fisiológicas e morfoagronômicas a estresse de calor e
capacidade de combinação para aparência e rendimento de tubérculos de
genótipos de batata

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutora em
Ciências, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia
Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 22 de agosto de 2022

Banca Examinadora:

.....
PhD. Arione da Silva Pereira (Orientador)
PhD. em Horticulture pela University of Guelph

.....
Prof. PhD. Antonio Costa de Oliveira
Ph.D. em Genetics pela Purdue University

.....
Dr. Giovani Olegário da Silva
Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

.....
Prof. Dr. Sidnei Deuner
Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras

Agradecimentos

A Deus pelo seu amor e por seu consolo.

Aos meus pais, Elaine e Leonário pela educação e valores transmitidos, por seu amor e apoio fiel. Ao meu Irmão Roberto pelo incentivo e por toda a ajuda.

Ao meu namorado Gelson, por todo o amor e carinho, por toda a ajuda e apoio para concluir mais uma etapa.

Ao meu orientador PhD. Arione da Silva Pereira, por sua estimada orientação. Por todos ensinamentos e experiências compartilhados.

A minha Coorientadora Dra. Caroline Marques Castro por sua valiosa orientação, sua disponibilidade, por todo conhecimento e ensinamento transmitidos e por seu auxílio na obtenção deste trabalho.

À Embrapa Clima Temperado pelo espaço e infraestrutura concedida para o desenvolvimento deste trabalho.

À Universidade Federal de Pelotas e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela formação profissional no curso de doutorado. À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia por toda a dedicação e conhecimentos transmitidos.

Ao Dr. Rogério Oliveira Jorge pelo auxílio e pela infraestrutura concedida para realização de parte desse trabalho.

Aos funcionários da Embrapa Dr. Janni, MSc. Fernanda, Sergio Bonemann, Sergio Silva, Everton e Brenoaldo e demais pelo auxílio durante os experimentos, a amizade e o momentos de descontração.

Aos colegas que passaram pelo Programa de melhoramento Genético de Batata da Embrapa Emerson, Francieli, Raquel, Raissa e Tuane, e também aos estagiários Kauã, Arthur, Matheus e Vinicius por toda a ajuda, amizade e momentos de convivência.

Aos colegas do Laboratório de Recursos Genéticos da Embrapa Clima Temperado Tatieli, Jéssica, Júlia e Marcelo pelas conversas pós almoço e momentos de descontração. Aos demais colegas agradeço por toda a colaboração e ajuda durante as disciplinas realizadas.

As minhas amigas e familiares que sempre estiveram comigo, acreditaram e apoiaram minha jornada.

Enfim, a todos que de alguma forma estiveram presentes e contribuíram para a realização deste trabalho e que de alguma forma me motivaram.

Muito obrigada!

*“A menos que modifiquemos à nossa maneira de pensar,
não seremos capazes de resolver os problemas causados
pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.*
(Albert Einstein)

Resumo

Wolter, Daiana Döring. **Respostas fisiológicas e morfoagronômicas a estresse de calor e capacidade de combinação para aparência e rendimento de tubérculos de genótipos de batata.** 2022. 128f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A batata é uma cultura originária de regiões temperadas, com sensibilidade a temperaturas elevadas durante seu cultivo, as quais podem reduzir seu rendimento e qualidade. Nas áreas tropicais de cultivo do Brasil, alguns meses do ano apresentam temperaturas elevadas, desfavoráveis ao cultivo. Assim, para auxiliar no desenvolvimento de novos genótipos é imprescindível entender como o calor afeta os caracteres morfológicos, fisiológicos e de pós-colheita no germoplasma disponível. Além disso, para atender a demanda da cadeia produtiva por cultivares adaptadas às condições nacionais de cultivo, é fundamental a identificação de genitores para o desenvolvimento de novas cultivares. Nesse sentido, foram desenvolvidos três estudos. O primeiro visou avaliar o desempenho de 65 genótipos de batata quanto às respostas morfológicas e fisiológicas em duas diferentes condições de temperatura: 1) controle, o qual tinha amplitude térmica de 13-25°C (30 dias após o plantio) a 16-29°C (final do ciclo); 2) estresse, com amplitude de 17-29°C a 18-28°C. Nesse estudo, os genótipos apresentaram variabilidade na resposta às diferentes condições de temperatura. A temperatura causou alterações na resposta dos genótipos às variáveis fisiológicas. Com relação às variáveis morfológicas, os genótipos que apresentaram melhor desempenho no controle, também apresentaram melhores resultados no estresse. O segundo estudo visou avaliar os mesmos 65 genótipos com relação ao desempenho em pós-colheita, analisando a qualidade de fritura e o armazenamento dos tubérculos. Os resultados sugerem que os genótipos cultivados sob estresse apresentaram melhores notas para cor de “chips” e maiores períodos de dormência dos tubérculos, associado a menores comprimentos de brotos. O terceiro estudo propôs estimar a capacidade de combinação de genótipos de batata para caracteres de aparência e rendimento de tubérculos. Foram avaliadas oito famílias, em modelo de dialelo parcial (3x3). Dentre as combinações avaliadas, os efeitos gênicos aditivos predominaram no controle dos caracteres de aparência e rendimento de tubérculos.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L. Tolerância ao calor. Qualidade de processamento. CGC. CEC.

Abstract

Wolter, Daiana Döring. **Physiological and morphoagronomic responses to heat stress and combining ability for tuber appearance and yield of potato genotypes**. 2022. 128f. Thesis (Doctorate degree) – Post-Graduate Program in Agronomy. Federal University of Pelotas, Pelotas.

Potato is a crop native to temperate regions, being sensitive to high temperatures during cultivation, which can reduce yield and quality. In the tropical growing areas of Brazil, some months of the year have high temperatures, which are unfavorable to cultivation. To assist in the development of new genotypes it is essential to understand how heat affects morphological, physiological and post-harvest characters in the available germplasm. Moreover, to meet the demand for cultivars adapted to Brazilian growing conditions, the identification of genitors for the development of new varieties is fundamental. In this sense, three studies were developed. The first aimed to evaluate the performance of 65 potato genotypes regarding morphological and physiological responses in two different temperature conditions, the control, which had a temperature range of 13-25°C (30 days at planting) to 16-29°C (end of cycle), and the stress, with ranges 17-29°C to 18-28°C. In this study, the genotypes showed variability in response to different temperature conditions. The temperature caused changes in the response of the genotypes to the physiological variables. Regarding the morphological variables, the genotypes that presented the best performance in the control also presented the best results under stress. The second study aimed to evaluate the same 65 genotypes with respect to post-harvest performance, analyzing the frying quality and storage of the tubers. The results suggest that the genotypes cultivated under stress showed better chip color scores and longer tuber dormancy periods, associated with shorter sprout lengths. The third study proposed to estimate the combining ability of potato genotypes for tuber appearance and yield characters. Eight families were evaluated in a partial diallel model (3x3). The additive gene effects predominated in the control of tuber appearance and yield characters.

Keywords: *Solanum tuberosum* L. Heat tolerance. Processing quality. GCA. SCA.

Lista de Figuras

Capítulo I

Figura 1 - Disposição dos tubérculos em esponjas fenólicas umedecidas (A), planta de batata aos 30 dias em fase de transposição (B), genótipos de batata transplantados e alocados na câmara de crescimento (C). Pelotas, 2022.....	25
Figura 2 - Gradiente de temperatura utilizados nas câmaras de crescimento na condição de controle (A) e estresse (B), durante o desenvolvimento das plantas. Pelotas, 2022.....	26
Figura 3 - Valores genotípicos preditos de 65 genótipos de batata para o parâmetro de eficiência quântica máxima do FSII (Fv/Fm), aos 60 (A) e 75 (B) dias após o plantio dos tubérculos, nas condições de temperatura controle e estresse. Pelotas, 2022.....	31
Figura 4 - Valores genotípicos preditos de 65 genótipos de batata para o parâmetro de rendimento quântico fotoquímico efetivo do FS II (Y (II)), aos 60 (A) e 75 (B) dias após o plantio dos tubérculos, nas condições de temperatura controle e estresse. Pelotas, 2022.....	32
Figura 5 - Valores genotípicos de 17 genótipos de batata para o parâmetro de taxa de assimilação líquida de CO ₂ (A), aos 64 (A) e 78 (B) dias após o plantio dos tubérculos, nas condições de temperatura de controle e estresse, Pelotas, 2022.....	33
Figura 6 - Valores genotípicos preditos de 17 genótipos de batata para o parâmetro de condutância estomática (gs), aos 64 (A) e 78 (B) dias após o plantio dos tubérculos, nas condições de temperatura controle e estresse. Pelotas, 2022.....	34
Figura 7 - Valores genotípicos preditos de 17 genótipos de batata para o parâmetro taxa de transpiração (E), aos 64 (A) e 78 (B) dias após o plantio dos tubérculos nas condições de temperatura de controle e estresse. Pelotas, 2022.....	35
Figura 8 - Valores genotípicos preditos de 65 genótipos para a variável número de hastes (NH), em duas condições de temperatura de cultivo de controle e estresse. Pelotas, 2022.....	36

Figura 9 - Valores genotípicos preditos de 65 genótipos para a variável massa seca de parte aérea (MSP), em duas condições de temperatura de cultivo de controle e estresse. Pelotas, 2022.....	37
Figura 10 - Valores genotípicos preditos de 65 genótipos para a variável número total de tubérculos (NTT), em duas condições de temperatura de cultivo de controle e estresse. Pelotas, 2022.....	38
Figura 11 - Valores genotípicos preditos de 65 genótipos para a variável massa total de tubérculos (MTT), em duas condições de temperatura de cultivo de controle e estresse. Pelotas, 2022.....	38
Figura 12 - Valores genotípicos preditos de 65 genótipos para a variável massa média de tubérculos (MMT), em duas condições de temperatura de cultivo de controle e estresse. Pelotas, 2022.....	39
Figura 13 - Valores genotípicos preditos de 65 (controle) e 58 genótipos (estresse) para a variável massa de tubérculos maiores de 30mm (MT>30), em duas condições de temperatura de cultivo de controle e estresse. Pelotas, 2022.....	40
Figura 14 - Valores genotípicos preditos de 65 genótipos para a variável teor de massa seca (MS), em duas condições de temperatura de cultivo de controle e estresse. Pelotas, 2022.....	41
Figura 15 - Dispersão de 65 genótipos de batata pela análise de componentes principais avaliados sob condições de temperatura controle, para as variáveis: número de hastes (NH), massa seca de parte aérea (MSP), número total de tubérculos (NTT), massa total de tubérculos (MTT), massa média de tubérculos (MMT), massa de tubérculos maiores de 30mm (MT>30), teor de massa seca (MS), rendimento quântico efetivo do FSII (YII) e eficiência máxima do FSII (Fv/Fm). Pelotas, 2022.....	47
Figura 16 - Dispersão de 65 genótipos de batata pela análise de componentes principais avaliados sob condições de temperatura estresse, para as variáveis: número de hastes (NH), massa seca de parte aérea (MSP), número total de tubérculos (NTT), massa total de tubérculos (MTT), massa média de tubérculos (MMT), massa de tubérculos maiores de 30mm (MT>30), teor de massa seca (MS), rendimento quântico efetivo do FSII (YII) e eficiência máxima do FSII (Fv/Fm). Pelotas, 2022.....	48

Figura 17 - Dispersão de 17 genótipos de batata pela análise de componentes principais avaliados sob condições de temperatura controle, para as variáveis: taxa de assimilação líquida de CO ₂ (A) aos 64 e 78DAP, condutância estomática (gs) aos 64 e 78DAP, taxa de transpiração (E) aos 64 e 78DAP. Pelotas, 2022.....	50
Figura 18 - Dispersão de 17 genótipos de batata pela análise de componentes principais avaliados sob condições de temperatura estresse, para as variáveis: taxa de assimilação líquida de CO ₂ (A) aos 64 e 78DAP, condutância estomática (gs) aos 64 e 78DAP, taxa de transpiração (E) aos 64 e 78DAP. Pelotas, 2022.....	50
Figura 19 - Correlação entre variáveis avaliadas na condição de temperatura de controle (A) e estresse (B): número de hastes (NH), massa seca de parte aérea (MSP), número total de tubérculos (NTT), massa total de tubérculos (MTT), massa média de tubérculos (MMT), massa de tubérculos maiores de 30mm (MT>30), teor de massa seca (MS), rendimento quântico efetivo do FSII (YII) e eficiência máxima do FSII (Fv/Fm). Barra de cores indica a magnitude da correlação. Pelotas, 2022.....	52
Figura 20 - Correlação entre variáveis avaliadas na condição de temperatura de controle (A) e estresse (B): taxa de assimilação líquida de CO ₂ (A) aos 64 e 78DAP, condutância estomática (gs) aos 64 e 78DAP, taxa de transpiração (E) aos 64 e 78DAP. Barra de cores indica a magnitude da correlação. Pelotas, 2022.....	53

Capítulo II

Figura 1 –Valores genotípicos preditos de 65 genótipos para a variável cor de “chips”, avaliada após 60 dias de armazenamento em câmara fria, de amostras cultivadas em duas condições de temperatura, controle e estresse. Pelotas, 2022.....	65
Figura 2 - “Chips” de batata dos genótipos C1740-11-95, C2514-05-06, BRS Pérola, F21-09-07 e Ludmilla provenientes de tubérculos armazenados em câmara fria, oriundos de amostras de plantas cultivadas sob duas condições de temperatura, controle e estresse. Pelotas, 2022.....	66
Figuras 3 - “Chips” de batata dos genótipos Todo Ano, 2CRI11-49-78 e Agata provenientes de tubérculos armazenados em câmara fria, oriundos de amostras	

de plantas cultivadas sob duas condições de temperatura, controle e estresse. Pelotas, 2022.....	67
Figura 4 - Valores genotípicos preditos de 65 genótipos para a variável período de dormência de tubérculos, em condição de armazenamento a frio (7,5°C), oriundos de cultivo em duas condições de temperatura, controle e estresse. Pelotas, 2022.....	69
Figura 5 - Valores genotípicos preditos de 65 genótipos para a variável comprimento de brotos, em condição de armazenamento a frio (7,5°C), oriundos de cultivo em duas condições de temperatura, controle e estresse. Pelotas, 2022.....	71
Figura 6 - Dispersão de 65 genótipos de batata pela análise de componentes principais para as variáveis analisadas em tubérculos cultivados sob condição de temperatura de controle: cor de “chips”, período de dormência de tubérculos (PDD) e comprimento de broto (CB). Pelotas, 2022.....	76
Figura 7 - Dispersão de 65 genótipos de batata pela análise de componentes principais para as variáveis analisadas em tubérculos cultivados sob temperatura de estresse: cor de “chips”, período de dormência de tubérculos (PDD) e comprimento de broto (CB). Pelotas, 2022.....	78

Lista de Tabelas

Capítulo I

Tabela 1 – Identificação dos genótipos, ano e semestre de avaliação, genealogia e país de origem dos 65 genótipos avaliados quanto comparação entre duas temperaturas de cultivo de batata. Pelotas, 2022.....	23
Tabela 2 - Redução relativa (%) de 65 genótipos de batata para de variáveis morfoagronômicas e de inflorescência da clorofila. Pelotas, 2022.....	43
Tabela 3 - Redução relativa (%) de 17 genótipos de batata para de variáveis fisiológicas. Pelotas, 2022.....	46
Tabela 4 - Valores de autovetores de 11 variáveis, avaliadas na condição de temperatura controle e estresse. CP1= primeiro componente principal; CP2=segundo componente principal. Pelotas,2022.....	49

Tabela 5 - Valores de autovetores de seis variáveis, avaliadas na condição de temperatura controle e estresse. CP1= primeiro componente principal; CP2=segundo componente principal. Pelotas, 2022.....	51
---	----

Capítulo II

Tabela 1 – Identificação dos 65 genótipos de batata avaliados, ano e semestre de cultivo, genealogia e país de origem. Pelotas, 2022.....	60
Tabela 2 - Experimentos de cultivo das amostras de tubérculos e as temperaturas nas câmaras de armazenamento refrigerado. Pelotas, 2022.....	63
Tabela 3 - Redução relativa (%) de 65 genótipos de batata quanto as variáveis de pós-colheita. Pelotas, 2022.....	73
Tabela 4 - Valores de autovetores de três variáveis avaliadas em amostras de tubérculos cultivados em condição de temperaturas controle e estresse. CP1= primeiro componente principal; CP2= segundo componente principal. Pelotas, 2022.....	79

Capítulo III

Tabela 1 – Genealogia e país de origem dos genitores do programa de melhoramento da Embrapa (grupo I) e genitores da Europa (grupo II). Pelotas, 2022.....	86
Tabela 2 - Progênies geradas a partir de dois grupos de genitores, cruzados em modelo de dialelo parcial. Pelotas, 2022.....	86
Tabela 3 - Resumo da análise de variância, com decomposição de efeitos dialélicos, para caracteres de aparência e rendimento de tubérculos de batata, avaliados na safra de primavera de 2019. Pelotas, 2022.....	90
Tabela 4 - Capacidade geral de combinação de genitores de batata para caracteres de rendimento e aparência de tubérculos na primeira geração clonal. Pelotas, 2022.....	91

Sumário

1. INTRODUÇÃO GERAL	16
2. CAPÍTULO I – Efeito da temperatura em caracteres fisiológicos e morfoagronômicos em genótipos de batata.....	21
2.1 Introdução.....	21
2.2 Material e métodos.....	22
2.3 Resultados.....	29
2.4 Discussão.....	53
2.5 Conclusão.....	57
3. CAPÍTULO II – Desempenho de genótipos de batata cultivados em distintas temperaturas quanto a caracteres de pós-colheita.....	58
3.1 Introdução.....	58
3.2 Material e Métodos.....	59
3.3 Resultados.....	64
3.4 Discussão.....	79
3.5 Conclusão.....	83
4. CAPÍTULO III- Capacidade combinatória de genótipos de batata para caracteres de aparência e rendimento de tubérculos.....	84
4.1 Introdução.....	84
4.2 Material e Métodos.....	85
4.3 Resultados.....	88
4.4 Discussão.....	91
4.5 Conclusão.....	93
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94
REFERÊNCIAS.....	95
APÊNDICE.....	109

1. INTRODUÇÃO GERAL

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma hortaliça de origem sul-americana, que foi incorporada à alimentação europeia pelos colonizadores espanhóis no século XVI. Ela foi vastamente estudada e melhorada para as condições edafoclimáticas da Europa (FAO, 2008) e, posteriormente, através dos imigrantes introduzida na região Sul do Brasil, onde se popularizou e expandiu para outras regiões brasileiras à medida que novas fronteiras agrícolas foram abertas. A expansão de seu cultivo pelo mundo deve-se, principalmente, à qualidade nutricional e ampla aptidão culinária, que proporcionou à batata um lugar entre as culturas mais consumidas no mundo (FAOSTAT, 2022).

No Brasil é a hortaliça com a maior área plantada, ultrapassando 125 mil hectares, com uma produção em 2019 de cerca de 3,9 milhões de toneladas (CEPEA, 2019; IBGE, 2019). O cultivo da batata ocorre em

sete estados: Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul, Bahia, Goiás e Santa Catarina, e no Distrito Federal (SILVA; PEREIRA, 2019). A maioria da produção é destinada para comercialização *in natura*, entretanto, o mercado e o consumo de alimentos processados é crescente, pela conveniência, palatabilidade e praticidade dos produtos (FIOLET et al., 2018).

A cadeia brasileira da batata utiliza principalmente cultivares oriundas de regiões de clima temperado (Holanda e Estados Unidos). Essas cultivares, em geral, apresentam ótima aparência de tubérculos e alcançam altas produtividades na safra de inverno quando as condições se assemelham mais às condições daqueles países, o que lhes garante boa aceitação tanto de produtores como do mercado. Em contrapartida, nas safras das águas e da seca, da região tropical, onde as condições são pouco favoráveis para o cultivo, elas apresentam menor período vegetativo e com isso têm uma menor produção de fotossintetizados, conseqüentemente uma menor produtividade (SILVA et al., 2014). As diferenças entre as condições do clima temperado e tropical são acentuadas, sobretudo em relação à temperatura noturna, que na região tropical é mais alta, o fotoperíodo mais curto e tem maior pressão de pragas e doenças. Dessa maneira ocorre um acréscimo no custo de produção pela maior quantidade de insumos, queda na produtividade e na qualidade da batata

quando se utilizam cultivares não adaptadas às condições tropicais (RIBEIRO, 2014).

Altas temperaturas, sejam transitórias ou constantes, afetam o crescimento e desenvolvimento de plantas de batata, pois causam uma série de mudanças morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, podendo levar a uma redução drástica no rendimento (WAHID et al., 2007). O desenvolvimento dos tubérculos é sensível às temperaturas elevadas, pois o sinal de tuberização pode ser inibido em temperaturas mais altas (EWING 1981; HANCOCK et al., 2014), assim como o transporte e o acúmulo de fotoassimilados para os tubérculos diminui (WOLF et al., 1991), pois a temperatura elevada causa um acúmulo de sacarose nos órgãos fonte, reduzindo assim o transporte de sacarose para o tubérculo em desenvolvimento. A atividade fotossintética é fortemente afetada pela temperatura (BERRY; BJORKMAN, 1980). O calor excessivo provoca danos nas membranas dos tilacóides, diminuindo a quantidade de luz absorvida que é traduzida do fotossistema II (FSII) para o fotossistema I (FSI) (SOUZA et al., 2011). As consequências causadas por elevadas temperaturas são um desequilíbrio entre a fotossíntese e a respiração, em geral, as taxas fotossintéticas diminuem e a fotorrespiração aumenta com a elevação da temperatura (WAHID et al., 2007). Também, aceleram a senescência da planta, perda da clorofila, redução da condutância estomática e inibições de reações enzimáticas (REYNOLDS et al., 1990). Assim, sob estresse de calor, genótipos de batata que possuem maior eficiência fotossintética e menor taxa de degradação da clorofila são os mais tolerantes (REYNOLDS et al., 1990; WOLF et al., 1991).

Além da drástica redução de rendimento, o calor pode ainda acarretar em menor teor de massa seca do tubérculo, que consiste principalmente em amido (BUSSE et al., 2018), desordens fisiológicas tais como embonecamento e rachaduras nos tubérculos (LEVY; VEILLEUX, 2007), causando a depreciação da matéria prima, ou até mesmo tornando o tubérculo inviável para o processamento.

Devido a isso, a produção de batata com maior produtividade e melhor qualidade para a indústria de processamento de palitos pré-fritos congelados é obtida na safra de inverno, em regiões de clima tropical de altitude (quando as temperaturas são mais baixas). Para manter o fornecimento constante de batata,

a indústria depende principalmente de duas estratégias, o desenvolvimento de cultivares com maior adaptação à condição de clima tropical, para ampliar a janela de cultivo, e de cultivares que produzam tubérculos aptos ao armazenamento por cerca de seis meses. A melhor forma de armazenamento é sob a refrigeração e em ambientes de alta umidade relativa (98%), os quais reduzem o brotamento, o murchamento e problemas de doenças de armazenamento (PRINGLE et al., 2009).

Entretanto, quando as batatas são armazenadas sob temperaturas inferiores a 10°C, ocorre um processo chamado de adoçamento induzido por frio, que é caracterizado pelo aumento dos níveis de açúcares redutores (glicose e frutose) no tubérculo, este fenômeno é devido à conversão do amido em açúcares (sacarose), através da atividade de várias enzimas hidrolíticas (SOWOKINOS, 2001). A sacarose convertida é transportada para os vacúolos, onde é posteriormente reduzida à glicose e frutose através da atividade do gene *VInv* (invertase ácida vacuolar) (SOWOKINOS, 2001; BHASKAR et al., 2010). Os tubérculos afetados com o aumento dos açúcares redutores, quando utilizados como matéria-prima no processamento, são expostos a altas temperaturas na fritura, e os açúcares redutores e aminoácidos passam por uma reação não-enzimática, conhecida como reação de Maillard, que resulta em uma cor marrom escuro e gosto amargo nas batatas fritas devido à formação de polifenóis, depreciando o produto (BROWN, 1957; HOPE, 1960).

Outro fator relacionado à pós colheita de batatas é a brotação dos tubérculos, os quais geralmente não brotam logo após a colheita, mesmo sob condições ótimas de crescimento, com temperatura, luz e umidade ideais, devido a um estágio fisiológico definido como dormência (SONNEWALD, 2014). No armazenamento a longa dormência é necessária para tubérculos com alta qualidade de processamento, uma vez que a brotação leva ao aumento da respiração e ao início do processo de envelhecimento do tubérculo e adoçamento senescente (DELAPLACE et al., 2008).

Apesar da relevância do efeito do calor no desenvolvimento das plantas de batata, menos atenção tem sido dada aos efeitos que as altas temperaturas podem causar na pós-colheita e na qualidade do processamento dos tubérculos (BUSSE et. al., 2018). As condições ambientais de cultivo aliado ao momento da colheita interagem para afetar a qualidade pós-colheita e a capacidade de

armazenamento dos tubérculos (ZOMMICK et al., 2014). O calor pode levar a um aumento do acúmulo de aminoácidos livres nos tubérculos (GEORGE et al., 2018), também a um estímulo a conversão de amido em açúcares redutores, promovendo a reação de Maillard (MINHAS, 2012; WANG PRUSKI E SCHOFIELD, 2012). Além disso, altas temperaturas durante a maturação do tubérculo impactam na dormência do tubérculo e podem resultar na brotação pré-colheita (DAHALL et al., 2019). Assim, existe um conjunto complexo de respostas ao estresse térmico, que podem afetar o rendimento e a qualidade geral dos tubérculos.

O desenvolvimento de cultivares adaptadas às regiões brasileiras produtoras de batata, com tolerância ao calor e elevada produtividade, é estratégico para impulsionar o setor de cultivo de batata nessa região (SILVA et al., 2018). Assim escolha de genitores é uma etapa importante em programas de melhoramento, a qual deve ser realizada de acordo com os objetivos de cada programa, para isso é imprescindível conhecer as características dos genitores, como: capacidade de transferência de caracteres de interesse e habilidade ou capacidade de cruzamento. Além disso, é interessante que os genitores sejam geneticamente distantes, possibilitando o aumento da heterose, que poderá ser mantida pela propagação clonal (TAI; YONG, 1984; BISOGNIN; DOUCHES, 2002).

O uso do método dialélico propicia a determinação de estimativas de parâmetros importantes para a seleção de genitores e dos efeitos genéticos envolvidos no controle dos caracteres estudados (CRUZ; REGAZZI, 2001). Com isso, os valores dos genótipos e sua capacidade de produzir boas combinações podem ser preditos em gerações precoces de seleção. Essas estimativas de valores podem ser uma prática incorporada em programas de melhoramento de batata (BROW; DALE, 1998).

Assim sendo, o objetivo geral desta tese foi avançar no conhecimento das respostas de diferentes genótipos de batata perante a distintas condições de temperaturas, aliado ao desenvolvimento de cultivares superiores de batata. Os objetivos específicos foram: 1) avaliar o desempenho de 65 genótipos de batata, quanto à resposta de caracteres morfológicos e fisiológicos em diferentes condições de temperatura; 2) avaliar o desempenho de 65 genótipos de batata, cultivados sob distintas temperaturas, controle e estresse, quanto à resposta nos

caracteres de pós-colheita de tubérculos; 3) estimar a capacidade de combinação de genótipos desenvolvidos no programa de melhoramento genético da Embrapa e genótipos de programas europeus, para caracteres de aparência e de rendimento de tubérculos de batata.

2. CAPÍTULO I – Efeito da temperatura em caracteres fisiológicos e morfoagronômicos em genótipos de batata

2.1 Introdução

As mudanças climáticas globais tornaram-se uma enorme ameaça para a segurança alimentar em todo o mundo (BIRCH et al., 2012; MITTLER et al., 2012; FAHAD et al., 2017; GEORGE et al., 2017; LAMAOUUI et al., 2018; DAHAL et al., 2019). Especialmente o aquecimento global, de acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, estima-se que as atividades humanas tenham causado cerca de 1,0°C de aquecimento global acima dos níveis pré-industriais, com uma variação de 0,8°C a 1,2°C, sendo provável que o aquecimento global atinja 1,5°C entre 2030 e 2052 (IPCC, 2019).

As condições climáticas, diferente do ideal para o desenvolvimento das plantas, impactam negativamente no seu crescimento, sobrevivência e rendimento (LESK et al., 2016). As plantas de batata são muito sensíveis a temperaturas elevadas (LAFTA E LORENZEN, 1995; LEVY e VEILLEUX, 2007; HASTILESTARI et al., 2018; TRAPERO-MOZOS et al., 2018). A batata possui um crescimento ótimo em temperaturas entre 17 e 21 °C (STRUICK e EWING, 1995; LEVY e VEILLEUX, 2007) e temperaturas superiores a essas afetam significativamente vários mecanismos fisiológicos relacionados com o rendimento, qualidade dos tubérculos, crescimento da parte aérea das plantas, produção e partição de fotoassimilados, além das taxas fotossintéticas (LEVY e VEILLEUX, 2007).

No Brasil, a batata é cultivada principalmente nas regiões de clima tropical e tropical de altitude (65%) e subtropical (35%) (AGRIANUAL, 2019). Nos ecossistemas tropicais de altitude, pode ser plantada em quase todos os meses do ano, com melhor desempenho nas épocas mais frias (WREGGE et al., 2004). A maioria das cultivares de batata foram desenvolvidas especificamente para

regiões temperadas, quando submetidas ao clima tropical, que é mais quente, não conseguem expressar todo seu potencial produtivo.

As diferenças entre as condições do clima temperado e tropical são acentuadas, sobretudo em relação à temperatura noturna, que é mais alta, fotoperíodo mais curto e há maior pressão de pragas e doenças. Dessa maneira ocorre um acréscimo no custo de produção pela maior quantidade de insumos, queda na produtividade e na qualidade da batata quando se utilizam cultivares não adaptadas às condições tropicais (RIBEIRO, 2014).

Essa crescente expansão da produção de batata principalmente em regiões tropicais e subtropicais, além das alterações na temperatura causadas pelo aquecimento global, trouxe aos programas de melhoramento a necessidade de desenvolver cultivares com maior tolerância ao estresse térmico (DEMIREL et al., 2017). A determinação de características morfológicas e fisiológicas que contribuem para a tolerância de genótipos de batata ao calor é crucial para melhorar a eficiência da seleção cultivares tolerantes (SOUZA et al., 2011).

Geralmente, plantas com tolerância ao calor são aquelas que tem menores danos causados pelo estresse em processos essenciais da planta, como a fotossíntese, já que o aparato fotossintético e o desenvolvimento dos tubérculos são os processos fisiológicos mais sensíveis ao estresse (PRASAD et al., 2008). Uma cultivar tolerante ao calor será geralmente caracterizada por taxas fotossintéticas mais altas, menor dano a clorofila, maior termoestabilidade da membrana e estabilidade de rendimento sob condições de alta temperatura (NAGARAJAN et al., 2010; SCAFARO et al., 2010).

Portanto, esse estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o desempenho de 65 genótipos de batata, quanto à resposta de caracteres morfológicos e fisiológicos em diferentes condições de temperatura.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Material vegetal

O experimento foi realizado em ambiente controlado, na Plataforma de Fenotipagem da Embrapa Clima Temperado-Pelotas/RS. O delineamento experimental foi de blocos aumentados, sendo as cultivares Asterix, Agata e

Markies utilizadas como tratamentos comuns. Foram avaliados 65 genótipos, oriundos do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa (Tabela 1). Foram conduzidos três ensaios, no segundo semestre de 2018 (2018_2) e nos dois semestres de 2019 (2019_1 e 2019_2). Em cada ensaio foram avaliados cerca de 25 genótipos. As parcelas foram compostas de três plantas por genótipo.

Tabela 1. Identificação dos genótipos, ano e semestre de avaliação, genealogia e país de origem dos 65 genótipos avaliados quanto comparação entre duas temperaturas de cultivo de batata. Pelotas, 2022.

ID	Genótipos	semestre	Genitores	Origem
1	BRS Pérola	2018_2	2CRI-1149-1-78 X Granola	Brasil
2	BRS F183 (Potira)	2018_2	BRS Ana X C2372-02-02	Brasil
3	Todo ano	2018_2	desconhecidos	Brasil
4	Iporá	2018_2	Achirana X 7XY.1	Uruguai
5	Purén	2018_2	FA3541-1 X Penobscot	Chile
6	Yagana	2018_2	Hydra X 904/61	Chile
7	C2397-03	2018_2	NYL-235-4 X Ona	Brasil
8	Wa 104	2018_2	LR93.120 X C93.154	Peru
9	BRS Ana	2018_2	C-1750-15-95 X Asterix	Brasil
10	Granola	2018_2	3333/60 X 267.04	Alemanha
11	C2080-03-06	2018_2	C92140 X C93154	Brasil
12	Desiree	2018_2	Urgenta X Despeche	Holanda
13	BRSIPR Bel	2018_2	Rioja X C1740-11-95	Brasil
14	BRS F63 (Camila)	2018_2	C1750-15-95 X C1883-5-97	Brasil
15	C90.170	2018_2	Serrana X XY.4	Peru
16	Innovator	2018_2	Shepody X RZ-84-2580	Argentina
17	Panda	2018_2	UP0.35/17 X W6858/8	Alemanha
18	Achirana	2018_2	MPI61.375/23 X B25.65	Argentina
19	Cota	2018_2	Santo Amor X Santo Amor	Brasil
20	Pampeana	2018_2	MPI59.789/12 X Huinkul	Argentina
21	BRS Clara	2018_2	White Lady X Catucha	Brasil
22	Atlantic	2018_2	Wauseon X Lenape	EUA
23	Pukara	2018_2	Cleopatra X Yagana	Chile
24	Spunta	2019_1	BEA X USDA96-56	Holanda
25	C2553-01-06	2019_1	CIP391.011.17 X C1740-11-95	Brasil
26	White lady	2019_1	KE.40 X 1-71.17/6N+B	Hungria
27	Macaca	2019_1	desconhecidos	Brasil
28	F32-02-06	2019_1	BP-1 X C1730-7-94	Brasil
29	F158-08-01	2019_1	C2389-01-02 X C1730-7-94	Brasil
30	Newen	2019_1	B 86.573.4 X Amanda	Argentina
31	Baronesa	2019_1	Loman X Loman	Brasil
32	C1740-11-95	2019_1	C1226-35-80 X Atlantic	Brasil

33	C2551-02-06	2019_1	CIP391.403.8 X Cristal	Brasil
34	CL 02-05	2019_1	Desconhecidos	França
35	C2514-05-06	2019_1	C1786-9-96 X C1890-1-97	Brasil
36	BR3	2019_1	Record X Record	Brasil
37	2CRI-11-49-78	2019_1	Recent X CI1086-22-75	Brasil
38	Monalisa	2019_1	Bierma X Colmo	Holanda
39	MB 51-02	2019_1	MB9846-01 X Baraka	Brasil
40	C1883-22-97	2019_1	ND860-2 X XY-14	Brasil
41	Cascata	2019_1	Bintje X Baronesa	Brasil
42	Chieftain	2019_1	A-1027-18 X LA1354	EUA
43	Monte bonito	2019_1	Baronesa X Hydra	Brasil
44	Cruza 148	2019_1	Desconhecido	México
45	Frital	2019_2	Serrana X Katahdin	Argentina
46	MB195-10	2019_2	MB-03 X XY-9	Brasil
47	F177-11-20	2019_2	118.1 X Monalisa	Brasil
48	C2400-03	2019_2	P161-3 X Yagana	Brasil
49	F63-10-07	2019_2	Rioja X C1750-15-95	Brasil
50	Catucha	2019_2	CRI1149-1-78 X C999-263-70	Brasil
51	F189-09-06	2019_2	BP-1 X C1883-22-97	Brasil
52	C1730-07-94	2019_2	ND860-2 X ND860-2	Brasil
53	IAC Ibituaçu	2019_2	Jacy X G5264	Brasil
54	F50-08-01	2019_2	Rioja X C1316-8-82	Brasil
55	C1750-15-95	2019_2	C14-85-16-87 X Atlantic	Brasil
56	F21-09-07	2019_2	White Lady X C1730-7-94	Brasil
57	Ludmilla	2019_2	Diana X Innovator	Alemanha
58	C2550-04-06	2019_2	CIP391.011.17 X Cristal	Brasil
59	C2406-03	2019_2	Eliza X N-140	Brasil
60	ORG 14599	2019_2	White Lady X CNPH CIP 072	Brasil
61	F208-01-06	2019_2	C1787-14-97 X Shepody	Brasil
62	Rioja	2019_2	KE.7 X 1-71.17/6N+B	Hungria
63	Asterix	*T	Cardinal X Ve 70-9	Holanda
64	Agata	T	52/72/2206 X Sirco	Holanda
65	Markies	T	Fianna X Agria	Holanda

*T: Testemunhas comuns em todos os experimentos.

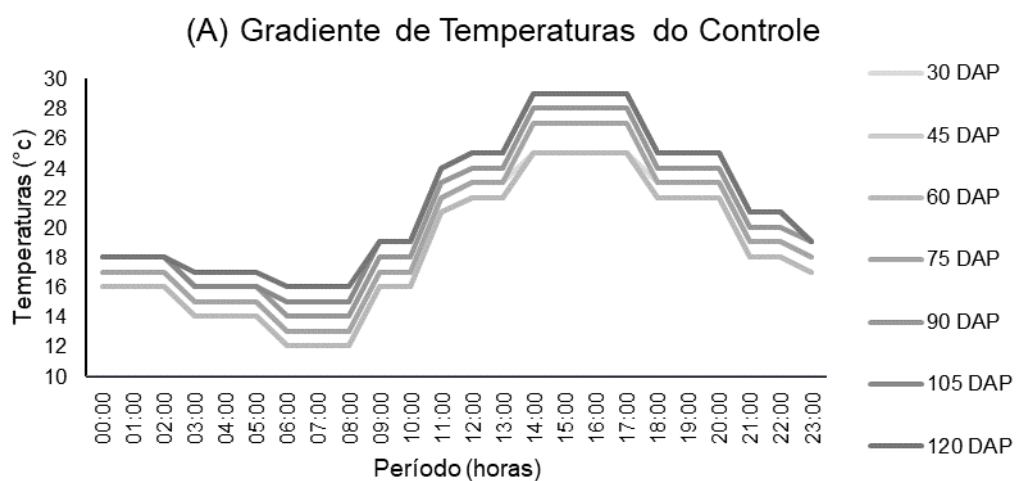
2.2.2 Condições de cultivo das plantas

Primeiramente, tubérculos de cada genótipo, previamente selecionados (tamanho homogêneo e sem danos), foram dispostos sob esponjas fenólicas umedecidas com água (Figura 1A), e foram mantidos em casa de vegetação até as plantas completarem 30 dias (Figura 1B). Posteriormente foram transplantadas para sacos plásticos contendo 3kg de substrato comercial e

adubação indicada. As plantas de cada genótipo foram dispostas em duas câmaras de crescimento, com condições distintas de temperatura (Figura 1C).



Figura 1. Disposição dos tubérculos em esponjas fenólicas umedecidas (A), planta de batata aos 30 dias em fase de transposição (B), genótipos de batata transplantados e alocados na câmara de crescimento (C). Pelotas, 2022.



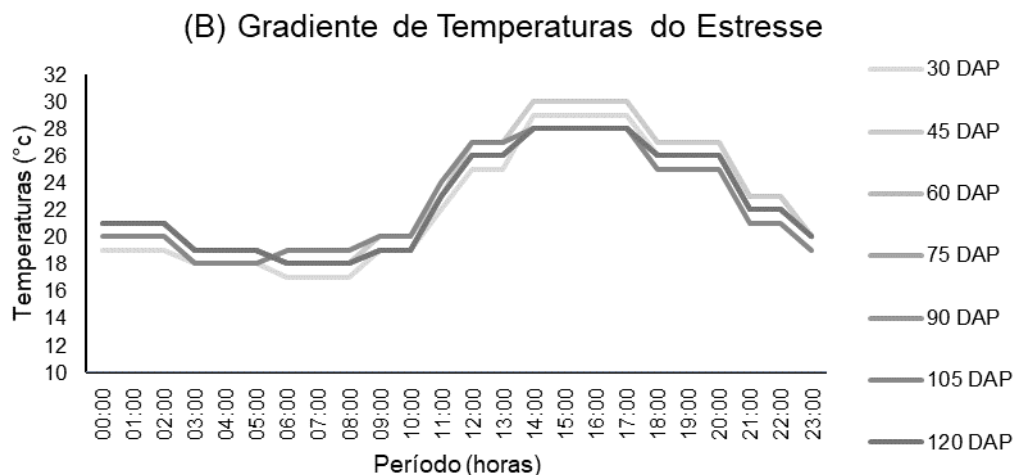


Figura 2. Gradiente de temperatura utilizados nas câmaras de crescimento na condição de controle (A) e estresse (B), durante o desenvolvimento das plantas. Pelotas, 2022.

As câmaras de crescimento foram programadas com dois gradientes de temperatura distintos, o controle, o qual possuía amplitude térmica de 13-25°C (30 dias após o plantio) a 16-29°C (final do ciclo), e o estresse, com amplitude 17-29°C a 18-28°C (Figura 2). As temperaturas utilizadas são referentes a uma série temporal de dados, simulando duas condições de cultivo da principal região produtora de batata Perdizes-MG (Latitude: 19°21'10"S, Longitude: 47°17'34"W e Altitude: 1000m), o controle representa as temperaturas da melhor época de cultivo que se inicia em maio, e o estresse refere-se as temperaturas de cultivo que se inicia em setembro, com temperaturas fora da faixa ideal de cultivo. O fotoperíodo foi de 12 horas (7h00 às 19h00), com intensidade de luz de aproximadamente $400 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, onde permaneceram até a colheita. A colheita foi realizada respeitando o ciclo de cada genótipo, sendo realizada quando as plantas estavam em estágio de senescência foliar, em média 104 dias após o plantio, com amplitude entre os genótipos de 90 a 117 dias.

2.2.3 Análises fisiológicas

2.2.3.1 Análises de fluorescência da clorofila

A fluorescência da clorofila foi medida aos 60 e 75 dias após o plantio, onde foi utilizado o Fluorômetro modelo PAM-2500 (Walz Heinz GmbH, Effeltrich, Alemanha). Antecipadamente às mensurações, as plantas foram adaptadas ao

escuro por pelo menos uma hora, dentro das câmaras de crescimento, que estavam programadas com temperaturas de 18°C no controle e 28°C no estresse.

Foi utilizada a terceira folha expandida a partir do topo da haste principal, da qual se extraiu três discos foliares de 1cm de diâmetro para compor a amostra de cada genótipo. A fluorescência inicial (F_o) nos centros abertos do fotossistema II foi determinada por luz de medição (menos de $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), e a fluorescência máxima (F_m) em centros fechados ou em estado reduzido do FSII foi avaliada após a aplicação de um pulso de 0,8 segundos de luz de saturação ($7000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

A eficiência quântica máxima do FSII (F_v/F_m) foi definida como $(F_m - F_o)/F_m$. As curvas de indução foram feitas por pulso de luz de saturação, aplicada a cada 20 segundos até alcançar o estado estacionário. Durante as medições, a luz actínica (luz vermelha) foi ativada para quantificar o estado estacionário da fluorescência da clorofila. Nas amostras no estado adaptado à luz, a fluorescência máxima (F_m') foi analisada através da aplicação de pulso saturante, enquanto a fluorescência inicial (F_o') foi avaliada desligando a luz actínica durante 2 segundos, após o pulso de saturação e acendendo a luz vermelho-distante. O rendimento quântico fotoquímico efetivo do fotossistema II ($Y(II)$) foi definido como $(F_m' - F_s)/F_m'$ (BAKER, 2008).

2.2.3.2 Análises de trocas gasosas

Os parâmetros de trocas gasosas foram mensurados nos genótipos das duas câmaras de crescimento, controle e estresse, com as plantas adaptadas à luz, utilizando um analisador de gás no infravermelho IRGA (modelo LI- 6400XT LI-COR, Inc., Lincoln, NE, EUA). As plantas quando adaptadas à luz foram mensuradas aos 64 e 78 dias após a emergência, as medições foram realizadas na terceira folha expandida a partir do topo da haste, em uma planta de cada genótipo, previamente irrigada e adaptada por no mínimo 30 minutos à temperatura de 18°C, para plantas da condição de temperatura controle, e 28°C, para plantas da condição de estresse. A concentração de CO_2 utilizada na câmara foi de $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$ e uma densidade de fluxo de fótons de $400 \mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{s}^{-1}$, usando a fonte de luz da LI-COR, anexada na câmara de

medição. Foram mensuradas a taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), a condutância estomática (gs) e a taxa de transpiração (E).

2.2.4 Avaliações morfoagronômicas

As análises morfoagronômicas foram realizadas ao final do ciclo vegetativo das plantas, onde se fez a colheita dos tubérculos. Foram avaliadas as variáveis de número de hastes por planta (NH), a massa fresca de parte aérea (MFP), a qual foi levada a estufa de circulação de ar forçado a temperatura de 65 ±5°C até peso constante, e obtido a massa seca de parte aérea (MSP). Os dados de rendimento das plantas foram o número total de tubérculos (NT), a massa total dos tubérculos (MTT), a massa média de tubérculos (MMT), obtido a partir da divisão do peso total pelo número total de tubérculos, e a partir de uma peneira com abertura inferior a 30mm, se obteve a massa de tubérculos maiores que 30mm (MT>30). O teor de massa seca dos tubérculos (MS) foi obtido através de uma amostra, extraída de pelo menos 3 tubérculos, os quais formaram uma amostra homogênea de 30 g, disposta em placas de metal e colocada em estufa de circulação de ar à 65°C, onde permaneceu até o peso constante. Assim, a porcentagem de massa seca foi determinada através da fórmula:

$$\%MS = (MS/MF) \times 100$$

2.2.5 Análise estatística

Em posse dos dados fisiológicos e morfoagronômicos foram estimados os valores genotípicos. As análises foram realizadas utilizando modelos mistos, através da metodologia da melhor predição linear não viciada (BLUP), utilizando-se o modelo estatístico 75 (RESENDE, 2007; RESENDE, 2016):

$$y = Xf + Zg + Wb + Ti + e$$

em que: “y” é o vetor de dados, “f” é o vetor dos efeitos assumidos como fixos, “b” é o vetor dos efeitos ambientais de blocos (assumidos como aleatórios), “g” é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios), “i” é vetor dos efeitos da interação genótipo x ambiente (aleatórios) e “e” é o vetor de erros ou

resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas (X, Z, W e T) representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Para eliminar o efeito da variação do ambiente e obter os valores fenotípicos dos 65 genótipos, os valores de BLUP foram preditos para cada genótipo, nos dois ambientes, por $u+g+ge$, referentes aos valores genotípicos mais a interação com o ambiente. As análises foram feitas utilizando o software Selegen- REML/BLUP.

Com base nos valores genotípicos estimado dos 65 genótipos em cada uma das duas condições de cultivo, controle e estresse, para cada variável mensurada, fisiológica e morfoagronômicas, foi realizado o ranqueamento dos genótipos. Posteriormente, utilizando os mesmos dados procedeu-se a análise de componentes principais (PCA), para identificar genótipos e variáveis que mais contribuíram para as variações obtidas, no controle e estresse, para realizar a análise utilizou-se o pacote estatístico “Factorshinny” no software R (CORE TEAM, 2022). Adicionalmente, procedeu-se a análise de correlação de Pearson, verificando a associação entre as variáveis analisadas, nas duas condições de cultivo, controle e estresse, utilizou-se o pacote estatístico “Corrplot” no software R (CORE TEAM, 2022).

Para todas as variáveis foi calculada a redução relativa, através da relação entre os valores obtidos na condição de cultivo de controle e estresse, utilizando a equação descrita por Anithakumari et al. (2012):

$$RR\% = (\text{controle} - \text{estresse}) / ((\text{controle}) * 100)$$

2.3 Resultados

2.3.1 Ranqueamento dos genótipos

Com base nos valores genotípicos preditos, os genótipos foram ranqueados em relação a cada variável analisada, nas duas temperaturas de cultivo, controle e estresse. A tabela com os valores genotípicos preditos de cada genótipo e suas respectivas ordenações podem ser consultadas no material suplementar (Apêndice A e B).

2.3.2 Análises fisiológicas

2.3.2.1 Fluorescência da clorofila

Eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (Fv/Fm): Na média os valores de Fv/Fm avaliados aos 60 DAP na condição de controle foi de 0,43, e no estresse 0,45 (Figura 3). Os genótipos tiveram uma amplitude de 0,46 a 0,37, na condição de controle e 0,48 a 0,39 na condição de estresse, em ambos a amplitude se deu entre os genótipos 53 (IAC Ibituaçu) e 62 (Rioja), respectivamente.

Aos 75 DAP as médias de Fv/Fm das duas condições foram muito próximas sendo 0,44 e 0,43 para as condições de controle e estresse, respectivamente. O genótipo 31 (Baronesa) apresentou os maiores valores tanto na condição de controle, como estresse, com valores de 0,46 e 0,45, respectivamente. Já os menores valores de Fv/Fm foram observados no genótipo 37 (2CRI-11-49-78), sendo de 0,41 na condição de controle e 0,40 no estresse.

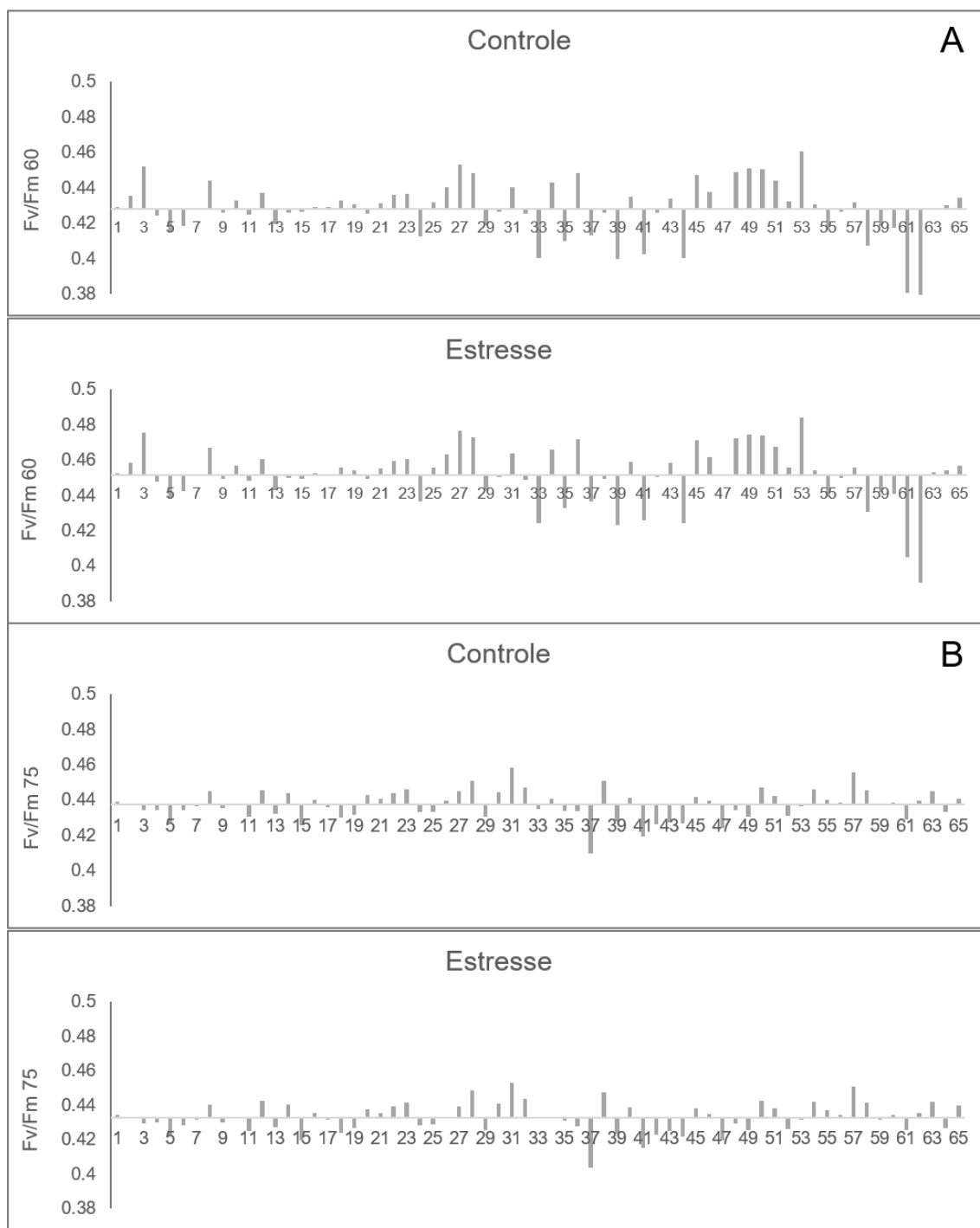


Figura 3. Valores genotípicos preditos de 65 genótipos de batata para o parâmetro de eficiência quântica máxima do FSII (F_v/F_m), aos 60 (A) e 75 (B) dias após o plantio dos tubérculos, nas condições de temperatura controle e estresse. Pelotas, 2022.

2.3.2.2 Rendimento quântico efetivo do fotossistema II ($Y(II)$): Aos 60 DAP os genótipos apresentaram as médias de controle e estresse do parâmetro de $Y(II)$, de 0,75 e 0,76, respectivamente (Figura 4). O genótipo 50 (Catucha)

apresentou o maior valor tanto na condição de controle como estresse, sendo 0,75 no controle e 0,76 no estresse. Já o menor valor nas duas condições, foi observado pelo genótipo 62 (Rioja), de 0,75 na condição de controle e 0,76 no estresse.

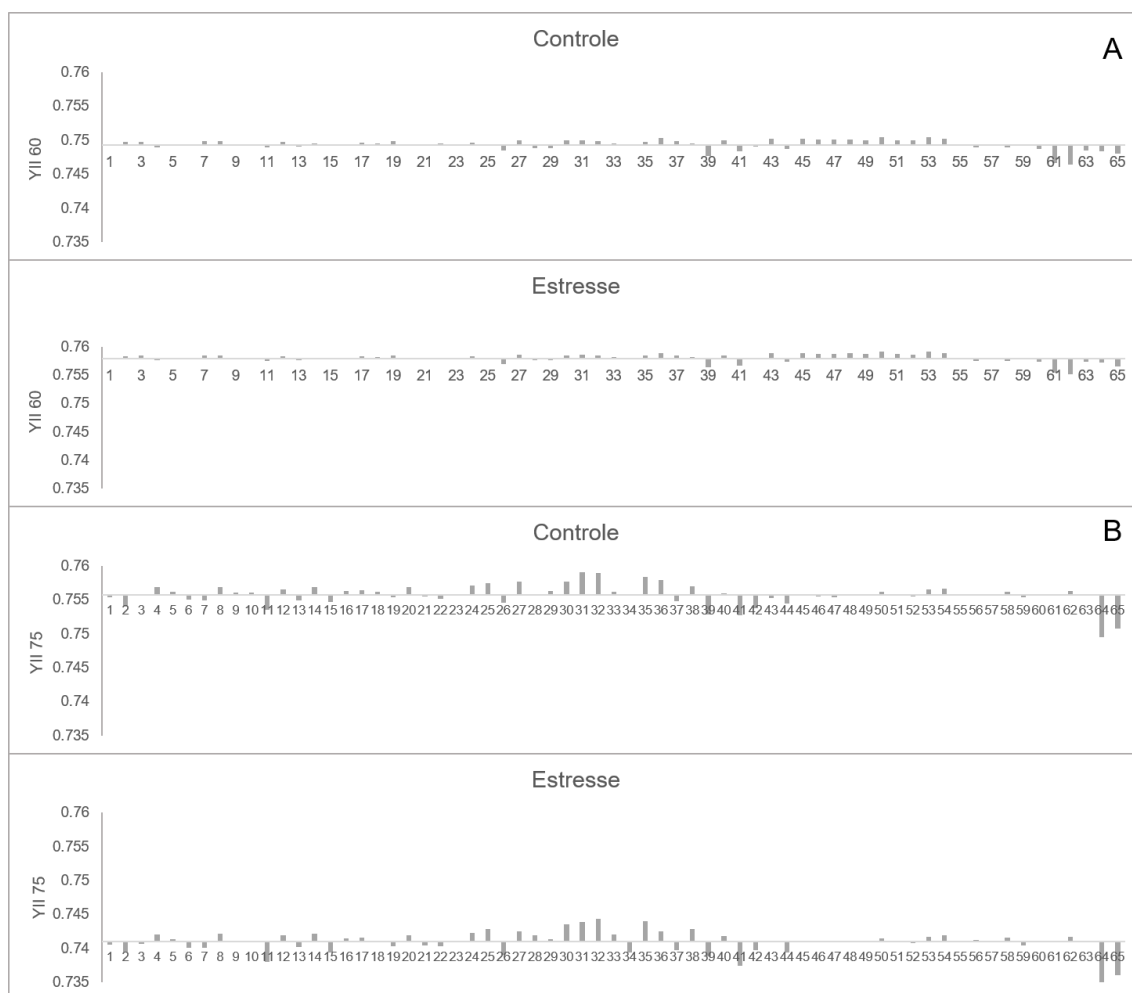


Figura 4. Valores genotípicos preditos de 65 genótipos de batata para o parâmetro de rendimento quântico fotoquímico efetivo do FS II (Y (II)), aos 60 (A) e 75 (B) dias após o plantio dos tubérculos, nas condições de temperatura controle e estresse. Pelotas, 2022.

2.3.2.3 Análise de trocas gasosas

Nas análises de troca gasosa foram avaliados apenas 17 genótipos ao total, os quais foram escolhidos em razão de terem apresentado valores contrastantes na avaliação de fluorescência da clorofila.

2.3.2.3.1 Taxa de assimilação líquida de CO₂ (A): A taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), aos 64 DAP apresentou uma média de 12,98 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na

condição controle, e na condição de estresse $13,02 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Onde o maior e o menor valor foram de $16,39 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para o genótipo Atlantic e $9,03 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, para Chieftain (Figura 5).

Já aos 78 DAP as médias obtidas foram de $10,58 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na condição de controle e $11,82 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no estresse. O maior valor na condição de controle foi apresentado pelo genótipo F21-07-09, sendo de $10,63 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e o menor pelo genótipo F50-08-01 de $10,53 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, já na condição de estresse o maior valor foi do genótipo Markies, $11,93 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, e o menor pelo genótipo White Lady de $11,82 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

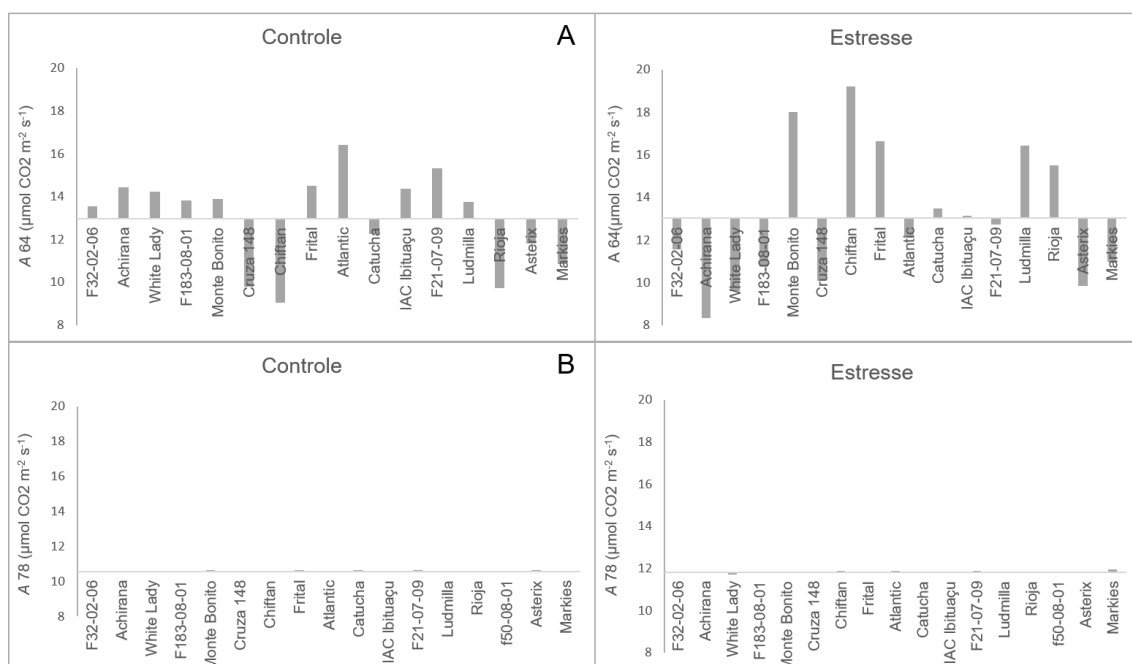


Figura 5. Valores genotípicos de 17 genótipos de batata para o parâmetro de taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), aos 64 (A) e 78 (B) dias após o plantio dos tubérculos, nas condições de temperatura de controle e estresse, Pelotas, 2022.

2.3.2.3.2 Condutância estomática (gs): Os valores médios de *gs* aos 64 DAP na condição de controle foi de $0,26 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e na condição de cultivo sob estresse a média dos genótipos foi de $0,22 \text{ H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Figura 6). O maior valor apresentado na condição de controle foi do genótipo Ludmilla, sendo $0,47 \text{ H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e o menor do genótipo Cruzal 148 de $0,12 \text{ H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Sob a condição de estresse o genótipo Rioja apresentou o maior valor $0,45 \text{ H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e o genótipo Monte Bonito o menor $0,07 \text{ H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Aos 78 DAP a média entre os genótipos foi de $0,30 \text{ H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no controle e $0,21 \text{ H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no estresse. As amplitudes de valores observados na condição

de controle foram de $0,41 \text{ H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, maior valor para o genótipo IAC Ibituaçu e do menor valor $0,24 \text{ H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ do genótipo Rioja. Já na condição de estresse a variação foi de $0,32 \text{ H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, maior valor observado do genótipo Asterix e o menor do genótipo F32-02-06, $0,15 \text{ H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

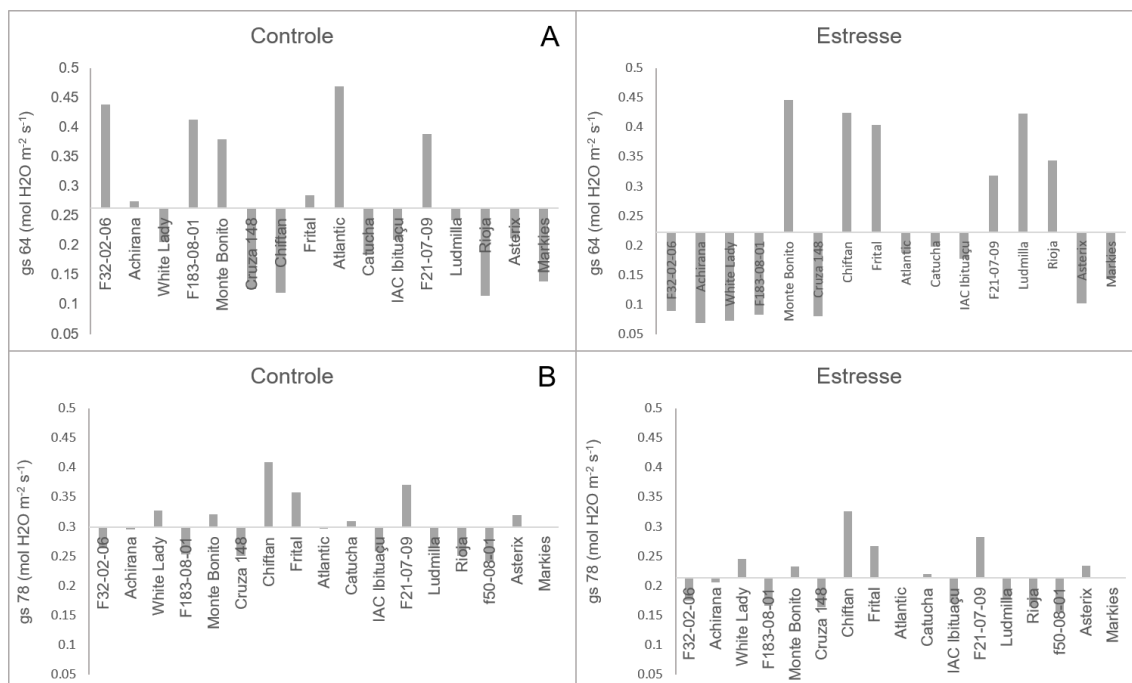


Figura 6. Valores genotípicos preditos de 17 genótipos de batata para o parâmetro de condutância estomática (gs), aos 64 (A) e 78 (B) dias após o plantio dos tubérculos, nas condições de temperatura controle e estresse. Pelotas, 2022.

2.3.2.3.3 Taxa de transpiração (E): As médias para a E aos 64 DAP na condição de controle foram de $2,02 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e na condição de estresse foi de $3,17 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Figura 7). Na condição de controle o genótipo que apresentou o maior valor foi o F32-02-06, $2,93 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e o menor foi Rioja, $1,18 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Na condição de estresse a amplitude foi de $5,36 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, para o genótipo Monte Bonito, a $1,57 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, para a Achirana.

Aos 78 DAP as médias na condição de controle e estresse foram $2,12 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $2,56 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, do controle e estresse respectivamente. O maior valor de E na condição de Controle foi do genótipo Asterix $2,26 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e o menor $2,04 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ do genótipo F50-08-01. Para a condição de estresse os mesmos genótipos apresentaram o maior

e menor valor, sendo Asterix 2,73 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ e F50-08-01 2,48 mmol H₂O m⁻² s⁻¹.

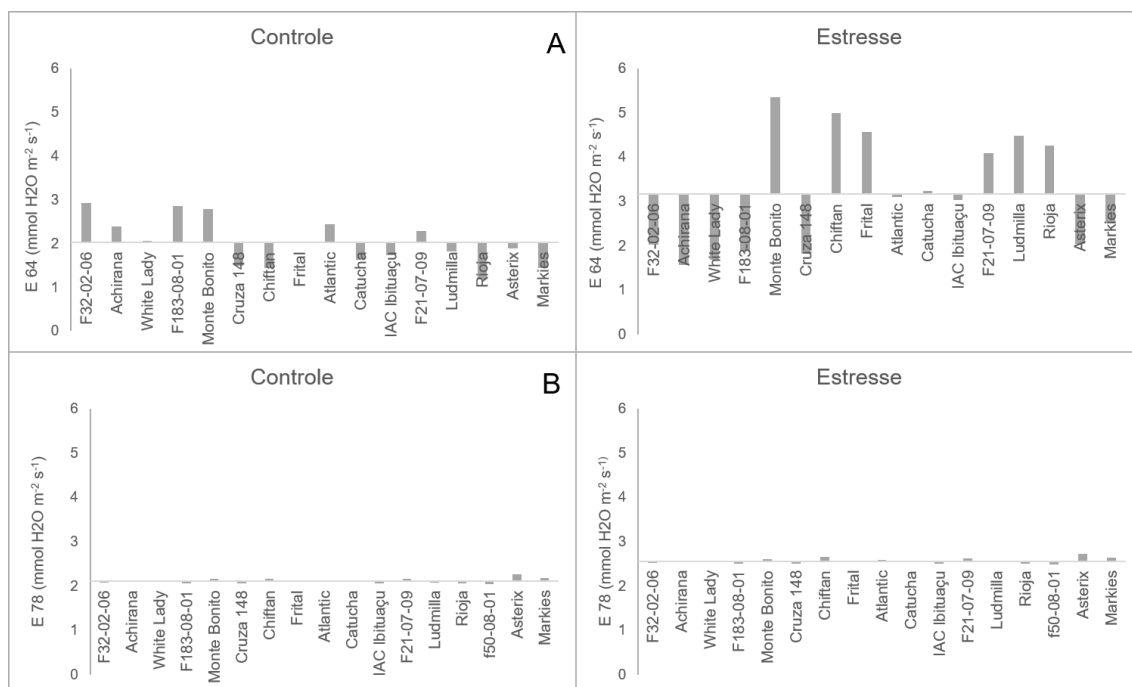


Figura 7. Valores genotípicos preditos de 17 genótipos de batata para o parâmetro taxa de transpiração (E), aos 64 (A) e 78 (B) dias após o plantio dos tubérculos nas condições de temperatura de controle e estresse. Pelotas, 2022.

2.3.3 Avaliações morfoagronômicas

2.3.3.1 Número de hastes (NH): Os valores médios genotípicos preditos de NH por planta foram de 2,65 hastes na condição de controle e 2,59 hastes na condição de estresse (Figura 8). Onde o Genótipo 22 (Atlantic) apresentou o menor NH em ambas condições de temperatura, sendo 1,69 no controle e 1,68 no estresse. Já os maiores valores de NH foram apresentados pelo genótipo 48 (C2400-03) de 6,63 na condição de controle e no estresse o genótipo 54 (F50-08-01) que obteve 4,16 hastes.

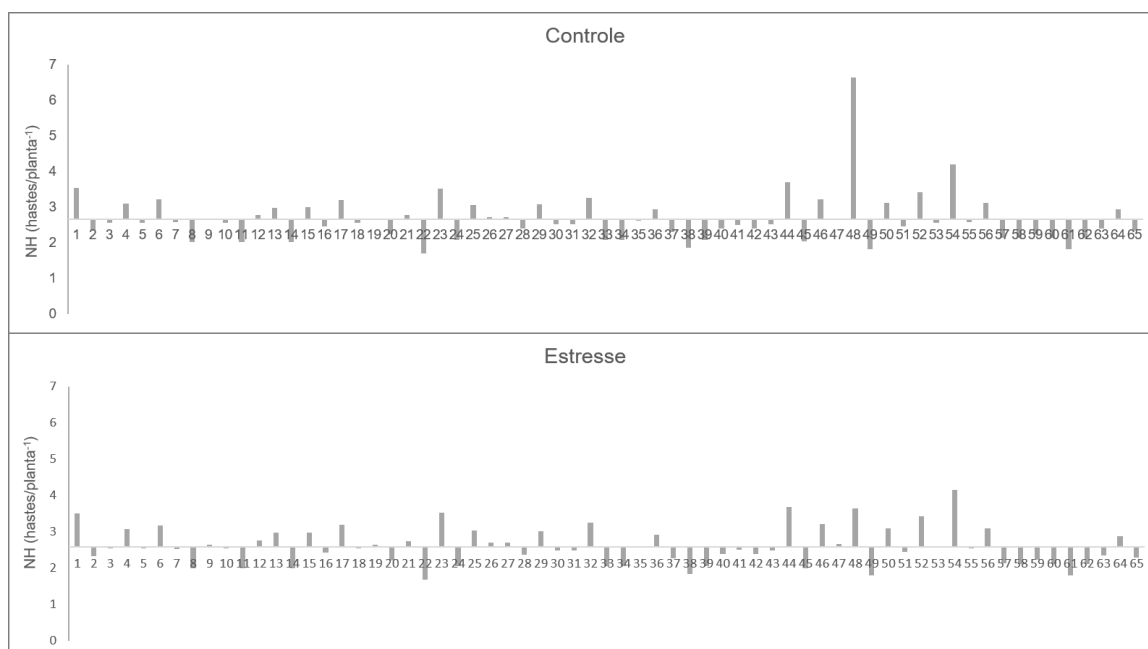


Figura 8. Valores genotípicos preditos de 65 genótipos para a variável número de hastes (NH), em duas condições de temperatura de cultivo de controle e estresse. Pelotas, 2022.

2.3.3.2 Massa seca de parte aérea (MSP): Na média os valores genotípicos preditos de MSP foram de 10,75g na condição de controle e 9,83g no estresse (Figura 9). A amplitude de variação na condição de controle foi de 28,38g do genótipo 47 (F177-11-20) a 3,03g apresentado pelo genótipo 41 (Cascata). Já na condição de estresse, a amplitude de valores, se deu entre os genótipos 54 (F50-08-01) que apresentou 21,80g, e o genótipo 64 (Agata) que foi de 4,00g.

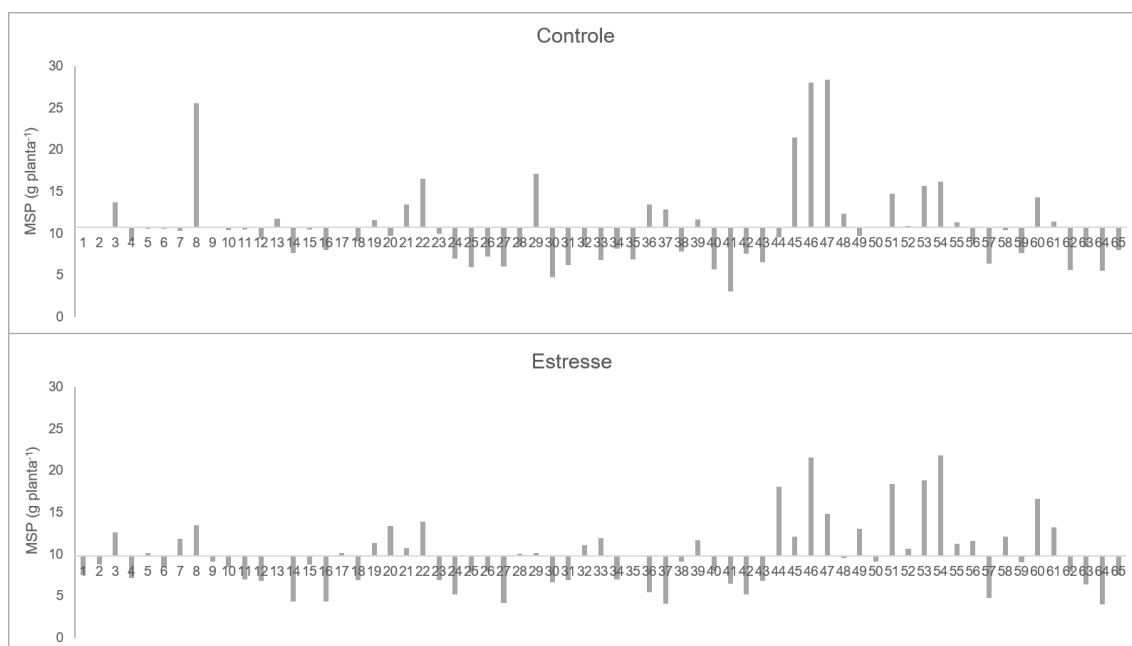


Figura 9. Valores genotípicos preditos de 65 genótipos para a variável massa seca de parte aérea (MSP), em duas condições de temperatura de cultivo de controle e estresse. Pelotas, 2022.

2.3.3.3 Número total de tubérculos (NTT): Os valores médios de NTT na condição de controle foi de 10,68 e na condição de estresse de 10,79 (Figura 10). Nas duas condições de cultivo, controle e estresse, o genótipo 8 (WA 104) apresentou os maiores NTT, sendo 33,67 no controle e 32,80 no estresse. Já o genótipo 14 (Purén) apresentou o menor NTT, em ambas condições, sendo 5,58 no controle e 5,33 no estresse.

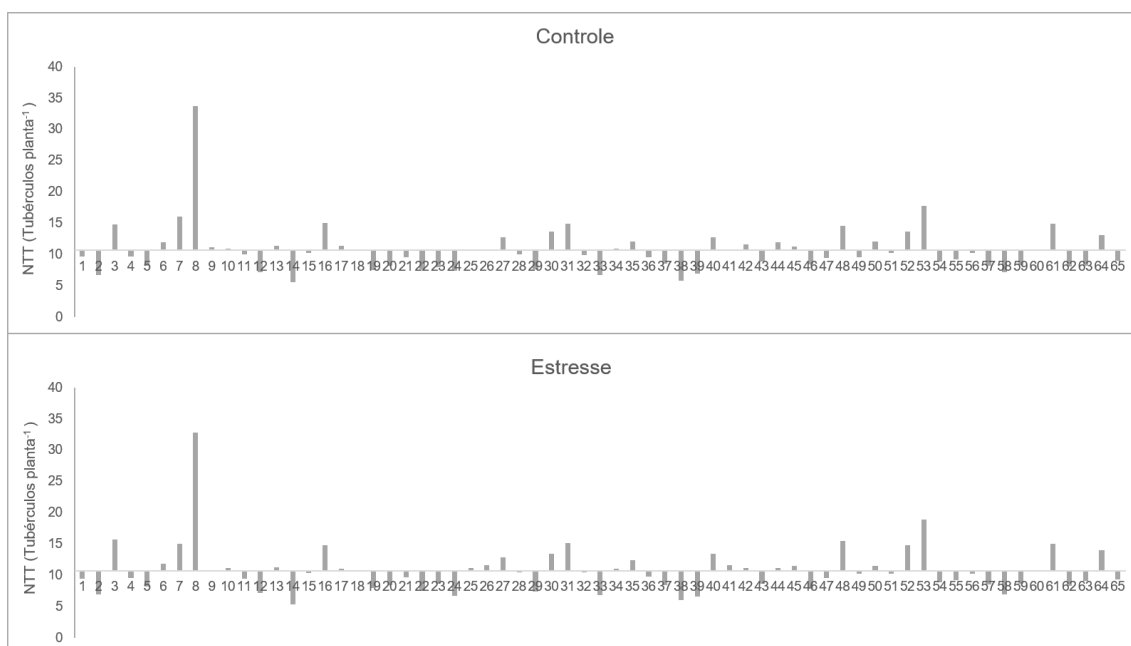


Figura 10. Valores genotípicos preditos de 65 genótipos para a variável número total de tubérculos (NTT), em duas condições de temperatura de cultivo de controle e estresse. Pelotas, 2022.

2.3.3.4 Massa total de tubérculos (MTT): Os valores genotípicos preditos para a variável MTT obtiveram média de 214,58g por planta na condição de temperatura controle e de 134,26g por planta na condição de estresse (Figura 11). A amplitude de variação foi de 254,12g a 179,81g no controle e de 172,90g a 97,52g no estresse, sendo o genótipo 34 (CL02-05) com maior MTT e 46 (MB 195-10) com a menor MTT em ambas as condições de temperatura.

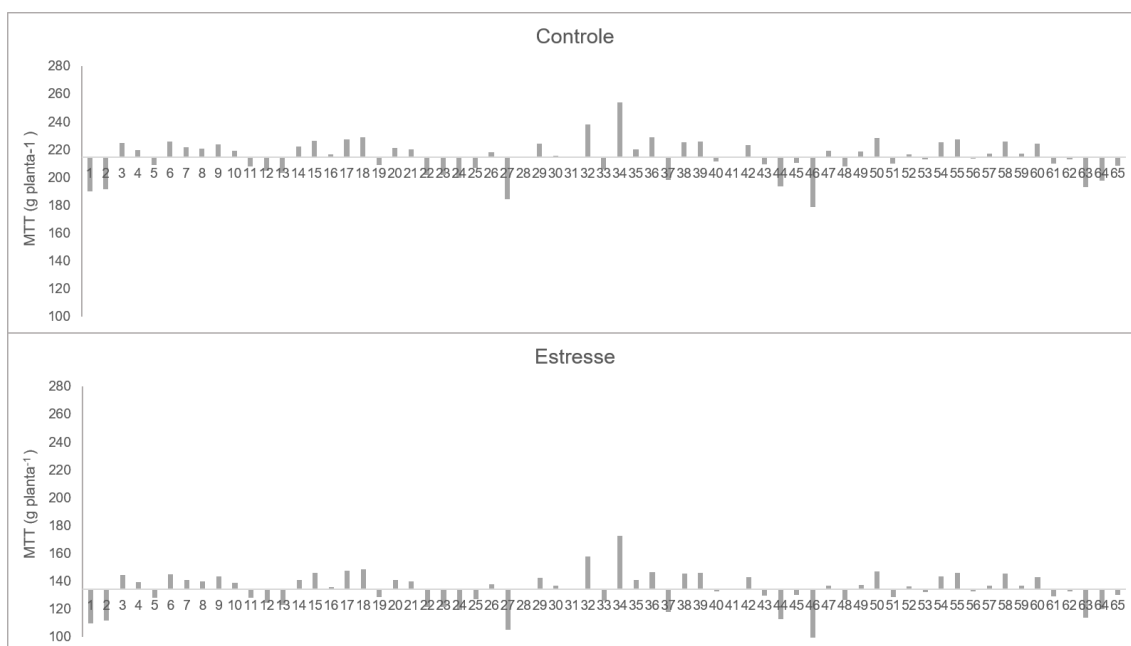


Figura 11. Valores genotípicos preditos de 65 genótipos para a variável massa total de tubérculos (MTT), em duas condições de temperatura de cultivo de controle e estresse. Pelotas, 2022.

2.3.3.5 Massa média de tubérculos (MMT): Com relação à variável MMT os valores genotípicos preditos apresentam média de 22,82g na condição de controle e de 14,31g por planta na condição de estresse (Figura 12). A amplitude de variação foi de 39,23g a 12,47g no controle e de 30,81g a 5,49g no estresse, onde o genótipo 14 (F63(Camila)) obteve os maiores valores, e o genótipo 8 (WA 104) os menores valores com relação à variável MTT em ambas as condições de temperatura.

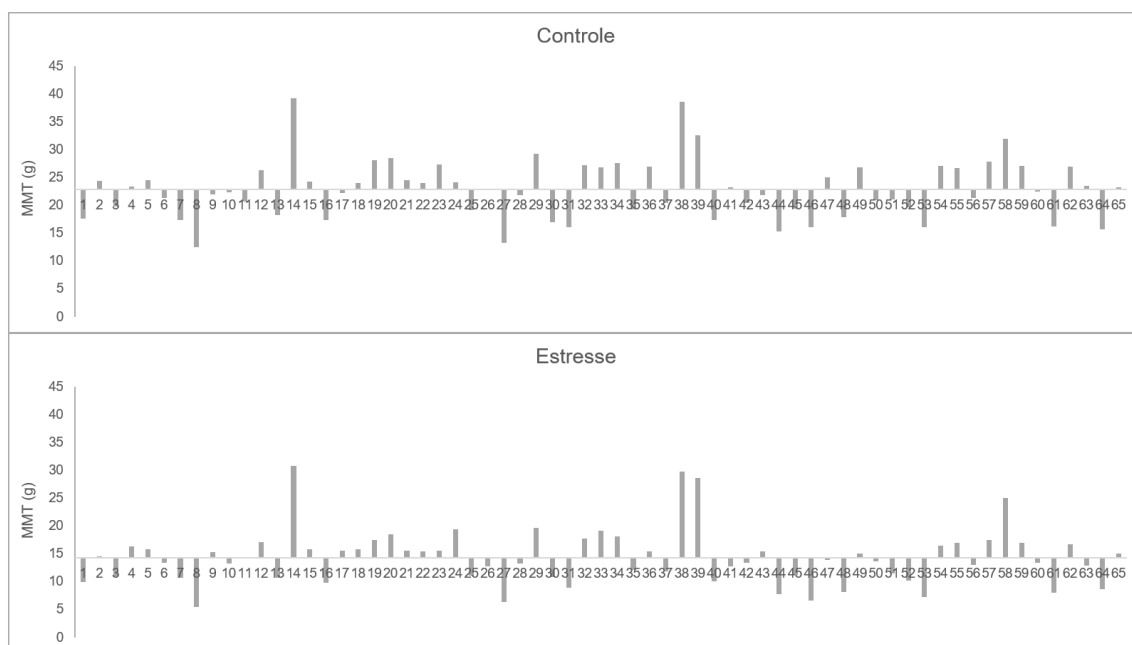


Figura 12. Valores genotípicos preditos de 65 genótipos para a variável massa média de tubérculos (MMT), em duas condições de temperatura de cultivo de controle e estresse. Pelotas, 2022.

2.3.3.6 Massa de tubérculos maiores de 30mm (MT>30): Na média os valores de MT>30 foram de 123,79g na condição de controle e 66,49g por planta na condição de estresse (Figura 13). A amplitude de variação na condição de controle foi de 131,33g observada no genótipo 34 (CL02-05) a 112,05g pelo genótipo 64 (Agata). Na condição de estresse o maior valor foi de 72,90 para o genótipo C1740-11-95 e o menor sendo também para o genótipo 64 (Agata).

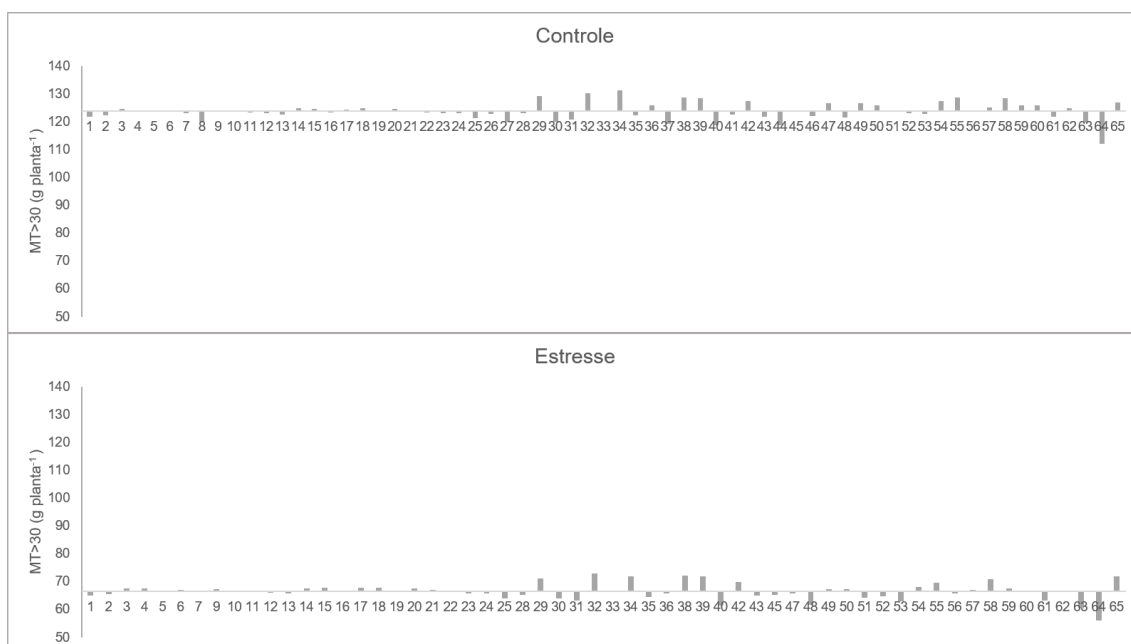


Figura 13. Valores genotípicos preditos de 65 (controle) e 58 genótipos (estresse) para a variável massa de tubérculos maiores de 30mm (MT>30), em duas condições de temperatura de cultivo de controle e estresse. Pelotas, 2022.

2.3.3.7 Teor de massa seca (MS): O teor médio de massa seca dos tubérculos foi de 21,41% na condição de controle e de 20,41% na condição de estresse por temperatura (Figura 14). Os maiores valores de MS foram observados pelo genótipo 5 (Purén), 24,73% no controle, e de 24,71% na condição de estresse. Já os menores valores são do genótipo 34 (CL02-05), tanto na condição de controle como estresse, sendo 16,17% e 15,25%, respectivamente.

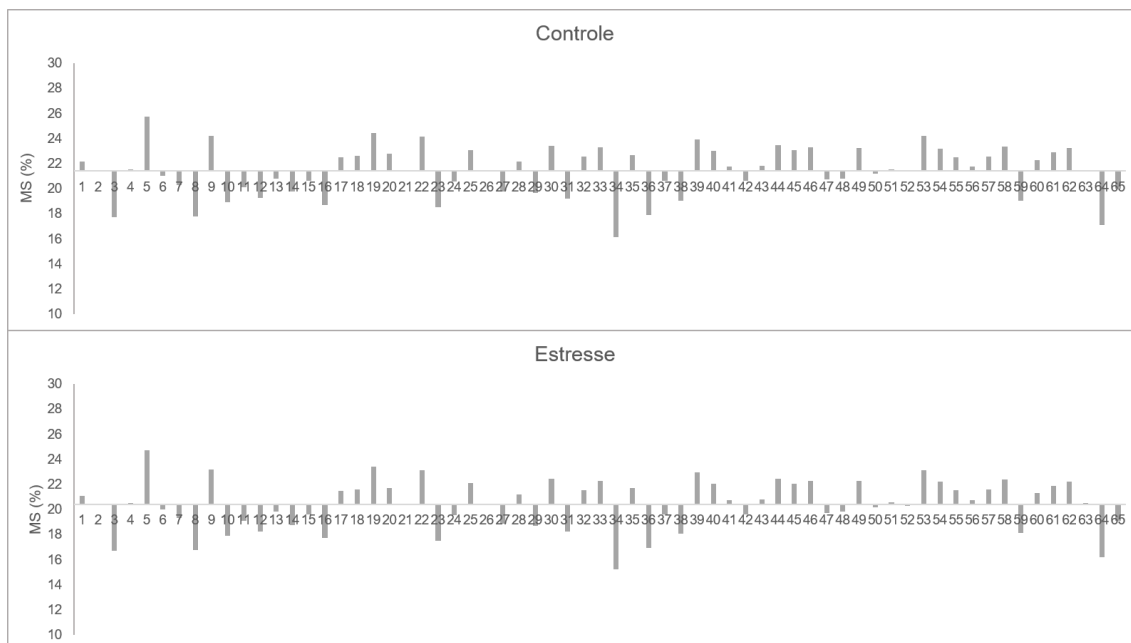


Figura 14. Valores genotípicos preditos de 65 genótipos para a variável teor de massa seca (MS), em duas condições de temperatura de cultivo de controle e estresse. Pelotas, 2022.

2.3.4 Redução relativa

Foi realizado o cálculo de redução relativa em todas as variáveis analisadas, os resultados nos permitem verificar quais variáveis foram mais sensíveis pelo estresse de temperatura e tiveram seus valores alterados (Tabelas 2 e 3). Com relação às variáveis que foram analisadas no conjunto de 65 genótipos (Tabela 2), das variáveis morfoagronômicas, as maiores reduções foram das variáveis massa de tubérculos > 30mm e massa média de tubérculos, com 46,46% e 38,67%, respectivamente. Já número de tubérculos totais e número de hastes por planta, apresentaram as menores reduções de 0,38% e 1,31%, respectivamente.

As variáveis relacionadas à fluorescência da clorofila apresentaram redução negativa quando avaliadas aos 60DAP, sendo de -5,51% para a eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (Fv/Fm) e -1,15% para o rendimento quântico efetivo do fotossistema II (Y(II)), essa redução negativa não foi observada na avaliação aos 75 DAP.

Nas variáveis relacionadas às trocas gasosas, onde foram avaliados o total de 17 genótipos, as reduções foram negativas para taxa de assimilação líquida de CO₂ de -4,37% e -11,73%, aos 64 e 78 DAP respectivamente, a

condutância estomática apresentou redução negativa nas avaliações com -7,14% aos 64DAP e sendo positiva aos 78DAP com 29,54%. A taxa de transpiração apresentou redução negativa de -71,37% e -21,15%, nas duas avaliações.

Tabela 2. Redução relativa (%) de 65 genótipos de batata para de variáveis morfoagronômicas e de inflorescência da clorofila. Pelotas, 2022.

Genótipo	ID	NH	MSP	NTT	MTT	MMT	MT>30	%MS	YII60	YII75	Fv/Fm 60	Fv/Fm 75
BRS Pérola	1	0,43	29,26	2,04	42,16	43,72	46,67	4,70	-1,15	1,96	-5,41	1,12
F183-08-01	2	0,83	19,17	-3,84	41,75	40,22	46,53	4,70	-1,15	1,94	-5,24	1,17
Todo ano	3	0,42	8,34	-6,27	35,72	45,07	45,70	5,74	-1,16	1,98	-5,20	1,17
Iporá	4	0,49	21,17	1,19	36,35	30,26	45,67	4,66	-1,16	1,94	-5,51	0,99
Purén	5	0,76	3,85	0,39	38,52	35,54	46,12	3,94	-1,15	1,96	-5,74	1,12
Yagana	6	0,87	20,30	1,65	35,74	37,26	46,05	5,01	-1,16	1,97	-5,74	1,36
C2397-03	7	1,43	-15,20	6,18	36,29	38,26	46,12	4,78	-1,15	1,96	-5,46	1,12
Wa 104	8	1,17	47,41	2,57	36,42	56,00	-	5,69	-1,15	1,94	-5,18	1,06
BRS Ana	9	0,57	16,40	5,12	35,89	30,09	45,88	4,27	-1,16	2,00	-5,50	1,31
Granola	10	0,76	19,36	-1,99	36,75	40,24	46,03	5,26	-1,15	1,98	-5,45	1,26
C2080-03-06	11	1,17	33,13	4,90	38,42	30,81	45,99	5,19	-1,15	2,04	-5,48	1,32
Desiree	12	0,70	26,97	-0,14	39,23	34,78	46,24	5,22	-1,15	1,92	-5,31	0,72
BRSIPR Bel	13	-0,22	17,33	1,01	39,38	41,27	46,34	4,78	-1,15	1,95	-5,50	1,23
BRS F63 (Camila)	14	0,74	42,80	4,31	36,55	21,47	45,82	4,97	-1,15	1,94	-5,54	0,88
C90.170	15	0,36	15,85	-1,72	35,46	35,02	45,60	4,84	-1,15	2,03	-5,35	1,39
Innovator	16	1,22	45,85	1,59	37,18	43,76	46,22	5,24	-1,15	1,96	-5,41	1,04
Panda	17	0,07	5,04	2,85	35,13	30,08	45,55	4,55	-1,16	1,96	-5,43	1,01
Achirana	18	0,76	24,23	-0,88	35,05	34,12	45,59	4,53	-1,16	2,01	-5,36	1,35
Cota	19	0,57	2,47	-5,65	38,40	37,96	46,12	4,08	-1,16	2,00	-5,46	1,18
Pampeana	20	0,29	-38,49	-3,17	36,37	35,11	45,82	4,64	-1,15	1,97	-5,55	1,22
BRS Clara	21	1,01	20,36	89,86	36,53	36,22	45,93	4,70	-1,15	1,99	-5,52	1,25
Atlantic	22	0,63	15,95	0,42	39,79	35,89	46,16	4,13	-1,15	1,95	-5,39	1,15
Pukara	23	-0,31	30,67	-9,56	39,78	42,98	46,49	5,47	-1,16	1,94	-5,40	1,01
Spunta	24	1,34	26,36	8,31	40,10	19,53	46,56	4,92	-1,16	1,95	-5,82	1,13

C2553-01-06	25	0,78	-30,71	-3,96	38,45	41,98	47,24	4,18	-1,16	1,91	-5,61	1,06
White lady	26	0,39	-10,53	-6,98	36,81	43,92	-	4,76	-1,14	2,04	-5,25	1,55
Macaca	27	0,39	31,84	-0,40	43,03	52,49	-	4,78	-1,16	2,01	-5,18	1,32
F32-02-06	28	0,99	-19,19	-3,82	37,13	38,96	46,86	4,34	-1,18	1,81	-5,47	0,62
F158-08-01	29	1,61	40,58	3,14	36,38	32,79	44,85	4,93	-1,18	1,97	-5,78	1,18
Newen	30	0,77	-39,23	1,15	36,57	36,32	46,70	4,15	-1,15	1,85	-5,61	0,74
Baronesa	31	0,77	-10,88	-1,75	37,08	44,32	47,60	5,02	-1,15	1,99	-5,27	1,16
C1740-11-95	32	-0,06	-30,84	-5,53	33,55	35,10	43,99	4,33	-1,16	1,91	-5,53	0,89
C2551-02-06	33	0,52	-75,03	-0,76	38,66	28,75	46,19	4,47	-1,16	1,86	-5,95	0,34
CL 02-05	34	0,93	14,86	-0,85	31,96	34,17	45,30	5,64	-1,13	2,14	-5,17	1,72
C2514-05-06	35	0,90	-41,73	-3,19	35,90	37,53	47,25	4,28	-1,16	1,90	-5,69	0,65
BR3	36	0,36	59,64	-2,28	35,84	42,96	47,80	5,27	-1,13	2,03	-5,17	1,43
2CRI-11-49-78	37	0,47	67,91	1,34	40,59	41,83	-	4,79	-1,15	1,99	-5,59	1,46
Monalisa	38	0,12	-16,51	-3,74	35,21	22,76	43,90	5,10	-1,16	1,86	-5,54	0,82
MB 51-02	39	0,93	0,21	5,23	35,34	12,43	43,95	4,12	-1,16	1,86	-5,93	1,01
C1883-22-97	40	0,27	-41,34	-4,95	37,24	41,84	48,13	4,21	-1,15	1,87	-5,54	0,66
Cascata	41	-0,61	-113,81	-9,10	37,42	44,93	-	4,68	-1,12	2,02	-5,71	1,00
Chieftain	42	0,63	31,99	4,56	36,06	34,47	45,21	4,87	-1,17	1,86	-5,68	0,77
Monte bonito	43	0,43	-2,62	3,15	38,12	29,72	46,51	4,69	-1,15	1,89	-5,57	0,63
Cruza 148	44	0,41	-89,54	6,21	41,69	49,17	-	4,32	-1,15	1,99	-5,89	1,22
Frital	45	1,17	84,74	-1,19	38,04	41,89	47,25	4,44	-1,16	1,92	-5,30	0,79
MB195-10	46	0,07	81,59	5,59	45,46	58,99	-	4,42	-1,15	1,93	-5,44	1,05
F177-11-20	47	-0,08	88,26	-0,98	37,44	44,60	48,02	4,95	-1,15	1,91	-5,51	1,08
C2400-03	48	-0,42	22,80	-6,38	39,08	54,60	49,25	4,66	-1,16	1,93	-5,21	1,10
F63-10-07	49	0,36	-34,21	-7,48	37,02	43,64	46,75	4,20	-1,16	1,93	-5,19	1,16
Catucha	50	0,76	14,97	4,74	35,45	34,67	46,65	4,76	-1,16	1,94	-5,22	1,01
F189-09-06	51	-0,09	-24,47	0,31	38,76	45,45	48,24	4,55	-1,16	1,93	-5,32	0,88
C1730-0794	52	0,06	2,18	-8,28	37,01	48,43	47,37	4,81	-1,15	1,95	-5,37	1,14

Ibituaçu	53	0,09	-20,20	-6,40	37,89	55,31	48,80	4,37	-1,16	1,96	-5,10	1,05
F50-08-01	54	0,77	-34,34	-0,11	36,27	39,41	46,59	4,29	-1,15	1,93	-5,46	0,96
C1750-15-95	55	0,76	0,80	-1,01	35,62	36,18	45,98	4,30	-1,16	1,93	-5,60	0,75
F21-09-07	56	0,48	-27,34	-0,50	37,65	39,11	46,88	4,67	-1,15	1,92	-5,51	1,00
Ludmilla	57	0,10	25,86	-4,18	36,99	37,20	46,37	4,41	-1,16	1,96	-5,51	1,16
C2550-04-06	58	1,30	-16,50	2,77	35,52	21,82	44,95	4,24	-1,15	1,93	-5,74	0,99
C2406-03	59	0,67	-16,99	-3,60	37,03	37,22	46,25	4,98	-1,15	1,96	-5,59	1,48
ORG 14599	60	0,51	-16,40	1,06	36,24	40,06	47,17	4,38	-1,16	1,94	-5,65	1,07
F208-01-06	61	0,83	-15,98	-1,18	38,39	50,35	48,10	4,44	-1,18	1,91	-6,44	0,84
Rioja	62	0,91	-40,60	-3,73	37,75	37,77	46,81	4,29	-1,18	1,93	-6,54	1,09
Asterix	63	1,19	23,43	-10,68	41,05	45,44	49,64	4,73	-1,18	1,93	-5,81	0,72
Agata	64	2,00	27,98	-6,31	39,34	44,48	50,08	5,39	-1,18	1,93	-5,55	1,50
Markies	65	1,53	6,84	-4,15	37,43	35,16	43,34	4,74	-1,14	1,94	-5,20	0,29
Geral		0,62	4,55	0,38	37,56	38,68	46,47	4,69	-1,15	1,95	-5,51	1,06

Tabela 3. Redução relativa (%) de 17 genótipos de batata para de variáveis fisiológicas. Pelotas, 2022.

Genótipo	ID	A64	gs64	E64	A78	gs78	E78
F183-08-01	2	22,32	79,85	34,11	-11,65	34,32	-21,23
Achirana	18	42,28	75,21	34,29	-11,04	30,17	-20,25
Atlantic	22	26,15	59,88	-27,11	-12,54	28,16	-21,87
White Lady	26	32,54	64,90	18,01	-10,85	25,17	-21,24
F32-02-06	28	14,72	79,64	30,80	-11,48	33,22	-20,86
Chieftain	42	-112,67	-254,72	-247,26	-12,63	20,42	-22,53
Monte Bonito	43	-29,46	-17,34	-92,33	-11,58	27,59	-20,43
Cruza 148	44	-2,98	36,43	-22,59	-11,65	34,64	-21,26
Frital	45	-14,64	-42,06	-127,70	-11,11	25,58	-20,19
Catucha	50	-10,12	-5,71	-98,34	-11,22	28,84	-20,54
Ibituaçu	53	8,44	15,27	-75,49	-11,50	33,53	-21,42
F50-08-01	54	-	-	-	-11,80	35,57	-21,79
F21-09-07	56	16,81	18,10	-79,31	-11,57	23,74	-20,63
Ludmilla	57	-19,40	-74,89	-145,45	-12,21	32,29	-21,62
Rioja	62	-59,42	-198,52	-261,15	-12,12	34,15	-21,88
Asterix	63	16,62	51,93	-8,17	-11,39	26,80	-20,55
Markies	65	-1,09	-2,23	-74,25	-13,07	28,02	-21,19
Geral		-4,37	-7,14	-71,37	-11,73	29,54	-21,15

2.3.5 Análise de componentes principais

2.3.5.1 Variáveis Morfoagronômicas e Fluorescência da clorofila

A análise de componentes principais foi realizada utilizando as variáveis avaliadas na condição de controle e estresse. Na condição de controle os dois componentes principais explicaram 42,35% da variação total, com 21,99% no primeiro componente (CP1) e 20,36% no segundo componente (CP2) (Figura 15).

No primeiro componente as variáveis relacionadas ao rendimento de tubérculos (MTT, MMT e MT>30), foram as mais importantes na dispersão dos genótipos. Já no segundo componente, as variáveis fisiológicas relacionadas a fluorescência da clorofila (YII60, YII75, Fv/Fm60 e Fv/Fm 75) foram as que mais contribuíram (Tabela 4). Quanto aos genótipos, que apresentaram uma ampla distribuição nos quadrantes, no CP1 38 (Monalisa), 34 (CL02-05), 58 (C2550-04-06), 39 (MB5102) e 14 (F63(Camila)) tiveram uma contribuição maior na separação dos genótipos, já no CP2 os genótipos 31 (Baronesa), 36 (BR3) e 50 (Catucha) contribuíram para a separação.

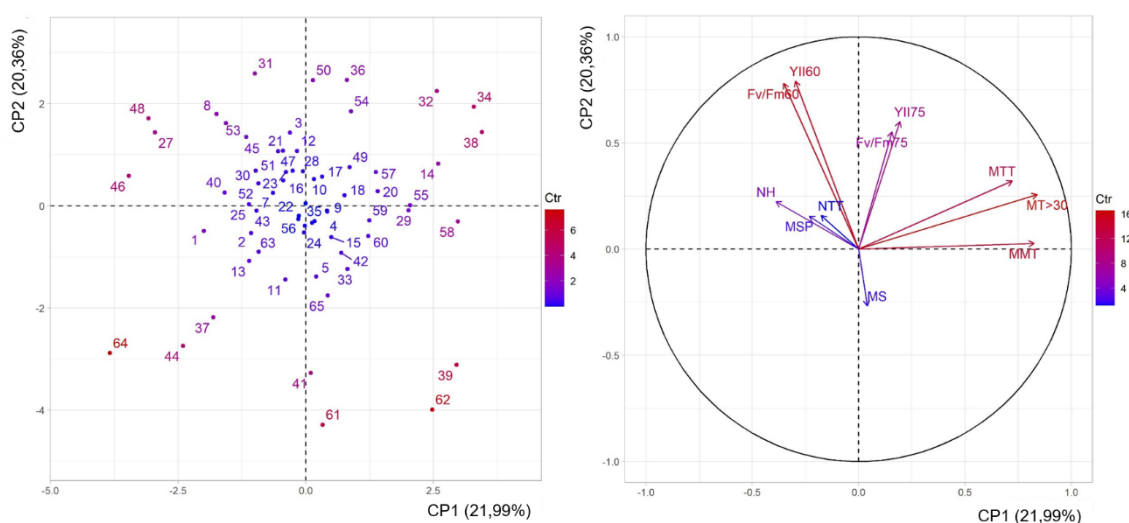


Figura 15. Dispersão de 65 genótipos de batata pela análise de componentes principais avaliados sob condições de temperatura controle, para as variáveis: número de hastes (NH), massa seca de parte aérea (MSP), número total de tubérculos (NTT), massa total de tubérculos (MTT), massa média de tubérculos (MMT), massa de tubérculos maiores de 30mm (MT>30), teor de massa seca (MS), rendimento quântico efetivo do FSII (YII) e eficiência máxima do FSII (Fv/Fm). Pelotas, 2022.

Com relação à análise de componentes principais na condição de temperatura estresse, os dois primeiros componentes explicaram 56,76% da variação, sendo o CP1 responsável por 32,05% da variação, e o CP2 24,71% (Figura 16). No CP1 as variáveis que mais contribuíram para a separação dos genótipos foram NTT, Fv/Fm60 e YII60, e no CP2 as variáveis YII75, Fv/Fm75 e MT>30 tiveram as maiores contribuições para a separação dos genótipos (Tabela 4). Quanto à contribuição dos genótipos, podemos observar que os genótipos 8 (Wa 104), 27 (Macaca) e 53 (IAC Ibituaçu) apresentaram maior separação dos demais. No CP2 os genótipos 38 (Monalisa), 32 (C1740-11-95) e 31 (Baronesa), foram os que mais se separaram dos demais.

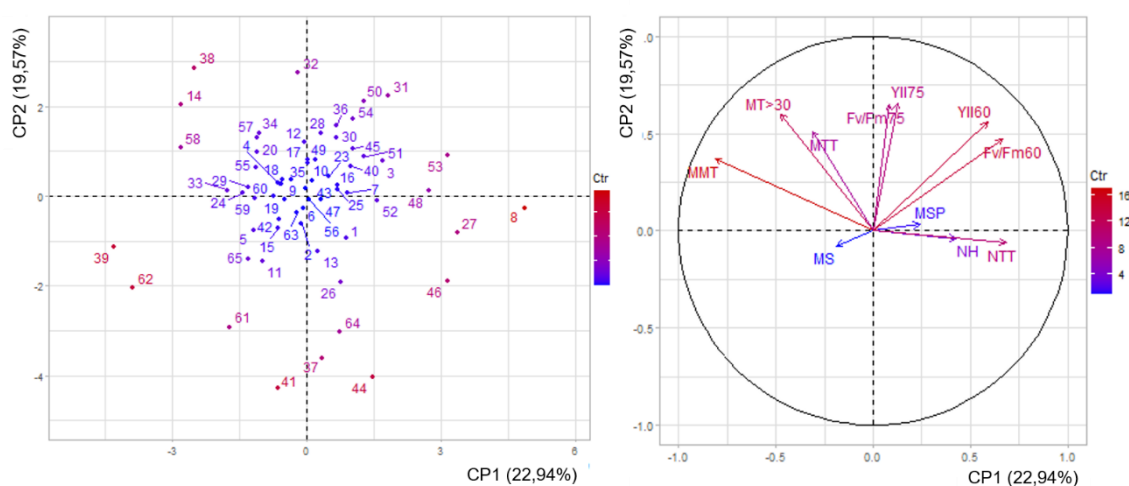


Figura 16. Dispersão de 65 genótipos de batata pela análise de componentes principais avaliados sob condições de temperatura estresse, para as variáveis: número de hastes (NH), massa seca de parte aérea (MSP), número total de tubérculos (NTT), massa total de tubérculos (MTT), massa média de tubérculos (MMT), massa de tubérculos maiores de 30mm (MT>30), teor de massa seca (MS), rendimento quântico efetivo do FSII (YII) e eficiência máxima do FSII (Fv/Fm). Pelotas, 2022.

Tabela 4. Valores de autovetores de 11 variáveis, avaliadas na condição de temperatura controle e estresse. CP1= primeiro componente principal; CP2=segundo componente principal. Pelotas,2022.

	Controle		Estresse	
	CP1	CP2	CP1	CP2
NH	-0,39	0,22	0,43	-0,04
MSP	-0,23	0,16	0,24	0,03
NTT	-0,18	0,16	0,68	-0,06
MTT	0,72	0,32	-0,31	0,51
MMT	0,82	0,03	-0,81	0,37
MT>30	0,84	0,26	-0,47	0,60
MS%	0,04	-0,27	-0,19	-0,08
YII60	-0,30	0,79	0,59	0,56
YII75	0,19	0,60	0,12	0,66
Fv/Fm60	-0,35	0,78	0,66	0,47
Fv/Fm75	0,16	0,55	0,08	0,65

2.3.5.2 Variáveis fisiológicas

A análise de componentes principais para as variáveis fisiológicas relacionadas às trocas gasosas, na condição de temperatura controle, explicaram 80,18% da variação, sendo 46,37,05% no CP1 e 33,81% no CP2 (Figura 17). Com relação as variáveis, no CP1 *gs64* e *E64* tiveram maior contribuição para a separação dos genótipos, e no CP2 as variáveis *E78* e *gs78* apresentaram maior peso para a separação dos genótipos (Tabela 5). No que tange aos genótipos, no CP1 os genótipos 7 (Chieftain) e 13 (Ludmila) foram os que tiveram maior separação, e no CP2 os genótipos 6 (Cruza 148) e 16 (Asterix).

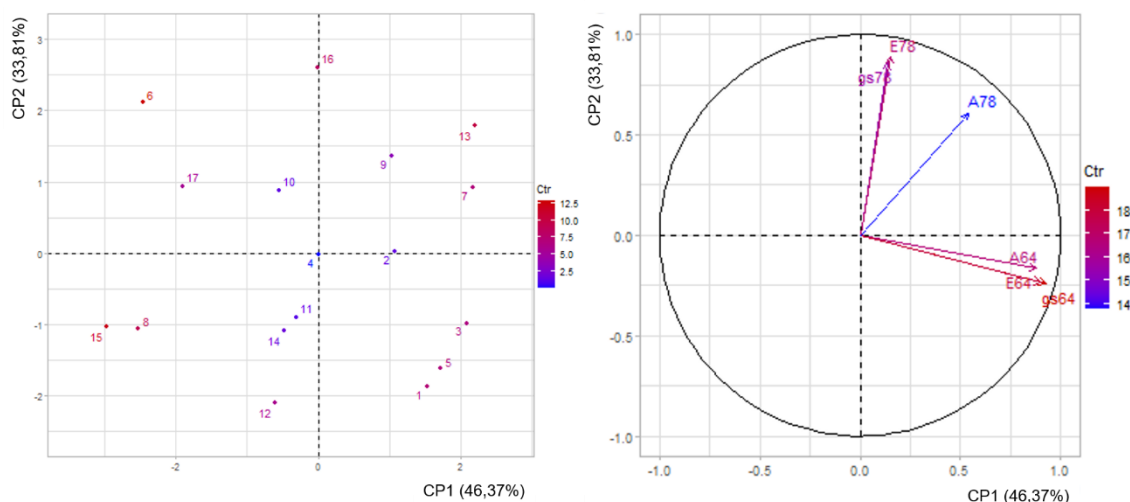


Figura 17. Dispersão de 17 genótipos de batata pela análise de componentes principais avaliados sob condições de temperatura controle, para as variáveis: taxa de assimilação líquida de CO_2 (A) aos 64 e 78DAP, condutância estomática (gs) aos 64 e 78DAP, taxa de transpiração (E) aos 64 e 78DAP. Pelotas, 2022.

Na condição de estresse a análise de componentes principais explicou 85,88% da variação, com 60,33% no CP1 e 25,55% no CP2 (Figura 18). As variáveis que mais contribuíram para a separação dos genótipos no CP1 foram E64 e gs64, e no CP2 as variáveis E78 e gs78 foram as que mais contribuíram a separação entre os genótipos (Tabela 5). Já os genótipos que tiveram maior contribuição no CP1 foram 6 (Cruza 148) e 7 (Chieftain), e no CP2 os genótipos 16 (Asterix) e 17 (Markies) apresentaram a maior separação dos demais.

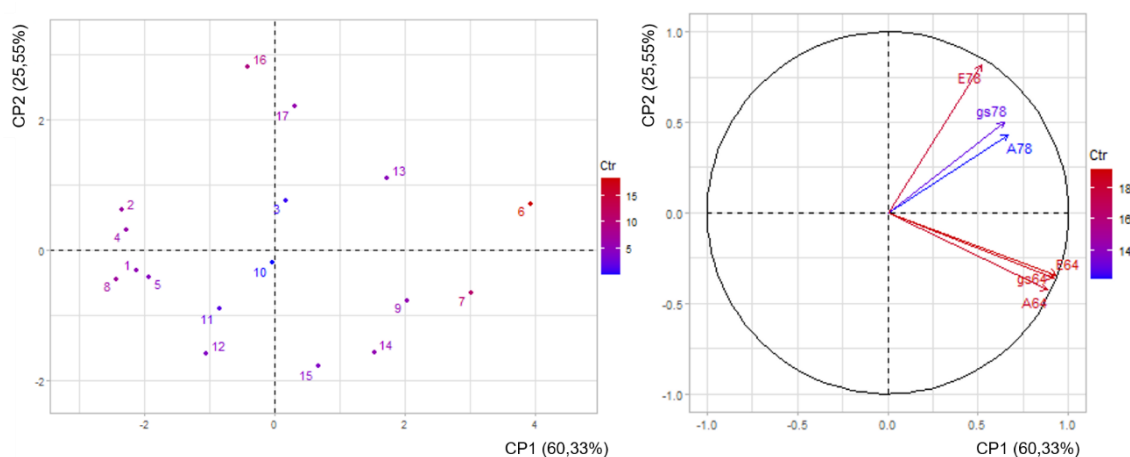


Figura 18. Dispersão de 17 genótipos de batata pela análise de componentes principais avaliados sob condições de temperatura estresse, para as variáveis: taxa de assimilação líquida de CO_2 (A) aos 64 e 78DAP, condutância estomática (gs) aos 64 e 78DAP, taxa de transpiração (E) aos 64 e 78DAP. Pelotas, 2022.

Tabela 5. Valores de autovetores de seis variáveis, avaliadas na condição de temperatura controle e estresse. CP1= primeiro componente principal; CP2=segundo componente principal. Pelotas, 2022.

	controle		Estresse	
	CP1	CP2	CP1	CP2
A64	0,88	-0,17	0,88	-0,43
<i>gs</i> 64	0,93	-0,24	0,92	-0,36
E 64	0,90	-0,23	0,93	-0,34
A 78	0,54	0,61	0,67	0,43
<i>gs</i> 78	0,14	0,86	0,64	0,50
E 78	0,15	0,89	0,52	0,82

2.3.6 Correlações entre as variáveis

Observou-se entre as 11 variáveis analisadas na condição de temperatura controle (Figura 19A) e estresse (Figura 19B), correlações com sentidos e magnitudes diferentes. Na condição de temperatura controle, foram observadas seis correlações significativas e positivas (Apêndice C) que, dentre outras, repetiram-se na condição de estresse, as variáveis relacionadas à produção de tubérculos: MMT com MTT em ambas condições apresentaram correlação média e positiva, já as correlações de MT>30 com MTT, e MT>30 com MMT na condição de controle apresentaram correlação forte e positiva, no entanto, no estresse foram médias e positivas. As variáveis relacionadas à fluorescência da clorofila YII75 com YII60, e Fv/Fm75 com YII75 apresentaram correlação média e positiva e ainda Fv/Fm60 e YII60 em ambas condições apresentaram forte correlação positiva.

Na condição de temperatura de estresse, além das correlações já citadas, ocorreu também correlação forte e negativa entre MMT com NTT, e MS com MSP tiveram correlação média e positiva.

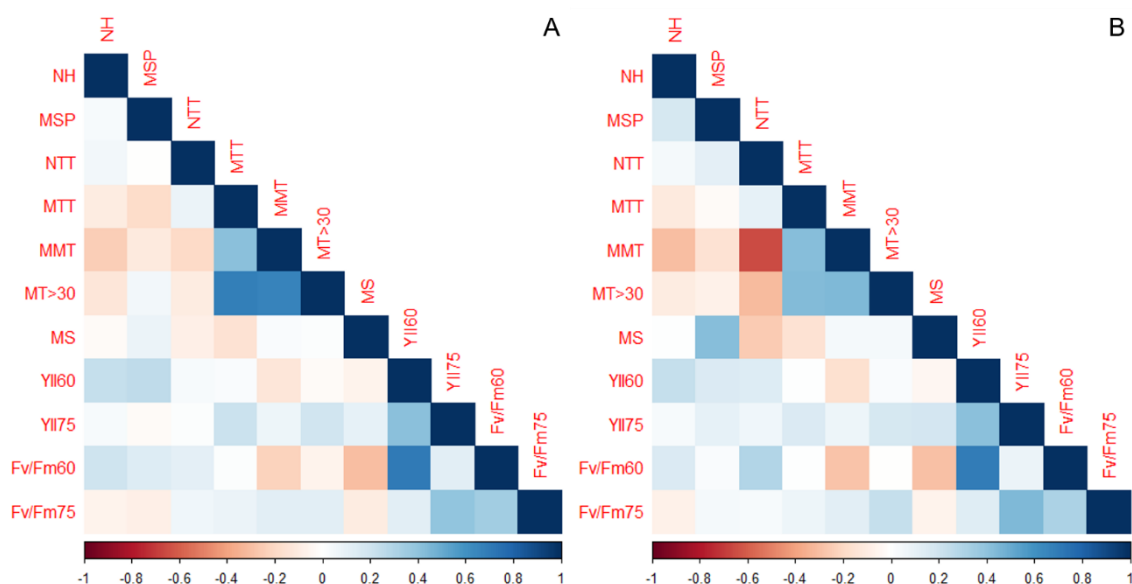


Figura 19. Correlação entre variáveis avaliadas na condição de temperatura de controle (A) e estresse (B): número de hastes (NH), massa seca de parte aérea (MSP), número total de tubérculos (NTT), massa total de tubérculos (MTT), massa média de tubérculos (MMT), massa de tubérculos maiores de 30mm (MT>30), teor de massa seca (MS), rendimento quântico efetivo do FSII (YII) e eficiência máxima do FSII (Fv/Fm). Barra de cores indica a magnitude da correlação. Pelotas, 2022.

Com relação às variáveis relacionadas às trocas gasosas analisadas na condição de temperatura controle (Figura 20A) e na condição de estresse (Figura 20B) apresentaram de modo geral fortes correlações positivas entre si, onde as variáveis avaliadas nas mesmas datas tiveram uma maior magnitude, como *gs64* que se correlacionou com *A64* e *E64*. Foram observadas quatro correlações na condição de controle, que se repetiram na condição de estresse, todas as correlações foram de forte magnitude e positivas (Apêndice D).

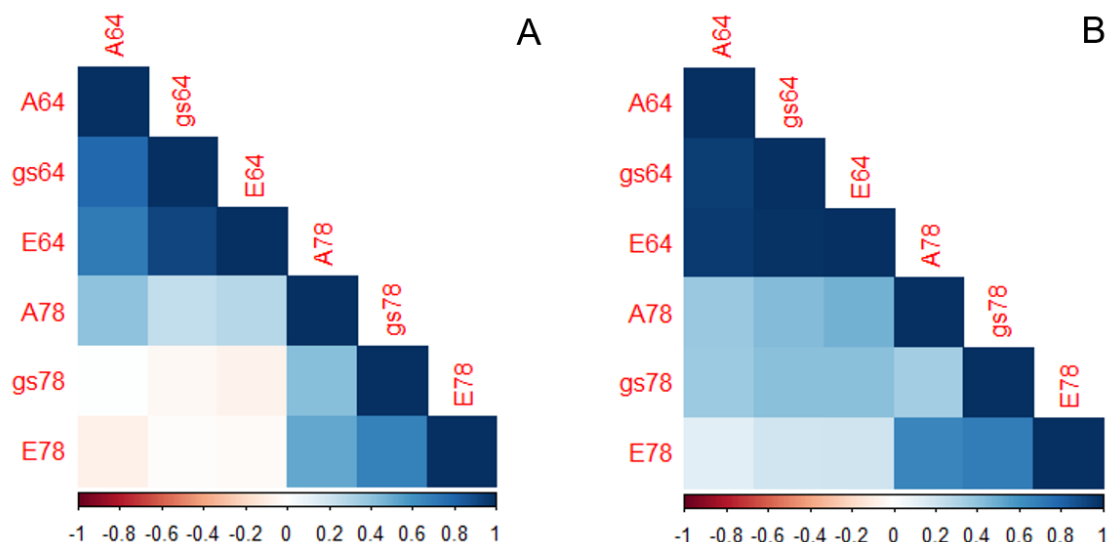


Figura 20. Correlação entre variáveis avaliadas na condição de temperatura de controle (A) e estresse (B): taxa de assimilação líquida de CO₂ (A) aos 64 e 78DAP, condutância estomática (*gs*) aos 64 e 78DAP, taxa de transpiração (*E*) aos 64 e 78DAP, Barra de cores indica a magnitude da correlação. Pelotas, 2022.

2.4 Discussão

Sabe-se da realidade que as mudanças climáticas representam, e da importância em desenvolver genótipos tolerantes ao calor (BIRCH et al., 2012; GEORGE et al., 2017; LAMAOU et al., 2018), principalmente em culturas como a batata, considerada de clima temperado. Embora a tolerância ao calor de algumas cultivares de batata já tenha sido relatada (LEVY et al., 1986; SUSNOSCHI et al., 1987; GOPAL e MINOCHA, 1998; ARVIN e DONNELLY, 2008), existe uma grande variação, quando se avalia um germoplasma de batata, na resposta a tolerância ao calor (LEVY e VEILLEUX 2007), dependendo da temperatura que as plantas são expostas. Neste estudo os genótipos foram expostos a duas diferentes condições, o controle iniciou com uma amplitude de 13 a 25°C e no final do ciclo chegou a 16 a 29°C, enquanto isso as plantas da condição de temperatura estresse iniciaram com a amplitude de 17 a 29°C e no final do ciclo chegaram na amplitude térmica de 18 a 28°C (Figura 2). É possível notar que as temperaturas máximas durante o dia foram próximas em ambas condições, alguns autores relatam que a temperatura noturna desempenha um importante papel durante a tuberização e enchimento do tubérculo, considerando

ideais na faixa de 10 a 17°C (BODLAENDER 1963; MOORBY E MILTHORPE 1975).

No geral, na resposta dos diferentes genótipos quanto às variáveis relacionadas ao rendimento de tubérculos, é possível notar uma redução significativa em 38,67% de MTT e 46,47% de MMT nas plantas que foram cultivadas na condição de temperatura estresse. Demonstrando o efeito que mudanças na temperatura de cultivo exerce sobre o rendimento dos tubérculos através da redução da síntese de carbono e sua subsequente translocação para o enchimento do tubérculo (DAHALL et al., 2019), no entanto, a suscetibilidade das plantas depende em grande parte do genótipo (TANG et al., 2018), estágio de crescimento e duração do estresse (AHN et al., 2004).

Os genótipos MB 51-02, Spunta, BRS F63(Camila), C2550-04-06 e Monalisa apresentaram as menores reduções para a variável MMT, ou seja, apresentaram maior estabilidade, quando comparamos os resultados da temperatura controle com estresse, e ainda de acordo com a análise de componentes principais esses genótipos, exceto Spunta, apresentaram na condição de estresse, associação entre as variáveis MMT, MTT e MT>30, evidenciando a estabilidade produtiva em ambas condições e os maiores resultados perante os outros genótipos. No conjunto de genótipos avaliados quanto as trocas gasosas (*A*, *gs* e *E*), a cultivar Ludmilla apresentou o melhor resultado para MMT, além disso nos parâmetros de trocas gasosas um incremento nos valores, aos 64DAP e 65DAP na condição de estresse por temperatura, essas variáveis também apresentaram fortes correlação positivas entre si, como a *gs*64 que se correlacionou fortemente com *A*64 e *E*64. Já a cultivar IAC Ibituaçu apresentou um dos menores valores de MMT na condição de estresse, e valores abaixo da média em quase todos os parâmetros de trocas gasosas. O que evidencia, portanto, que em genótipos de batata, em geral, a tolerância da planta ao estresse térmico está associada aos danos mínimos ao aparato fotossintético e ao aumento da biossíntese de compostos protetores (BITA e GERATS, 2013), pois a atividade do PSII é muito responsiva à temperatura, podendo ser encerrada sobre estresse de alta temperatura (CAMEJO et al., 2005).

Neste estudo os genótipos que apresentaram maior estabilidade para MMT, já citados, apresentaram valores abaixo da média aos 60DAP e acima da

média na avaliação aos 75DAP nas análises de fluorescência da clorofila (Y(II) e Fv/Fm) as quais apresentaram forte correlação positiva aos 60 e 75DAP. O que mostra que as plantas com melhores resultados de MMT, apresentam um possível potencial de recuperação de seu aparato fotossintético, corroborando com Hüve et al. (2011) que diz que as taxas fotossintéticas geralmente se recuperam rapidamente do estresse térmico moderado.

A consequência das alterações no aparato fotossintético da planta, causada pelo aumento da temperatura, resulta em uma redução na síntese de fotoassimilados essenciais ao seu desenvolvimento, além de reduzir a partição aos tubérculos, consequentemente reduzindo seu rendimento e massa seca (LOPES et al., 2011) o que é perceptível nas reduções das variáveis relacionadas ao rendimento, MSP e MS, que estão ligadas à assimilação de carbono pelas plantas. De acordo com HASTILESTARI et. al. (2018) os genótipos sensíveis às temperaturas altas têm uma redução na assimilação de carbono, acompanhado por uma produção prejudicada de sacarose, menor acúmulo de amido nos tubérculos e alteração do crescimento da parte aérea, a qual pode ser favorecida por estímulos de auxina. Como observado nos genótipos F50-08-01, IAC Ibituaçu e Cruza 148, que na condição de estresse por temperatura, apresentaram maiores valores de MSP comparado à condição de controle, e elevada redução na MMT, esses resultados também foram observados por KNEIB (2019).

Os genótipos Cruza 148 e White Lady que tiveram mais de 40% de redução de MMT na condição de estresse por temperatura, apresentaram também valores abaixo da média nas taxas de A , g_s e E . Sendo esse um padrão fora da tendência geral, pois, quando comparamos os resultados dos parâmetros de trocas gasosas, das duas condições de cultivo, os genótipos tiveram um aumento nas suas taxas, exceto o parâmetro g_s aos 78DAP que apresentou redução. Esse aumento da fotossíntese líquida com o aumento da temperatura, demonstra ser consistente a estudos anteriores que também observaram aumento da taxa de fotossíntese até uma temperatura de 30°C (DWELLE 1981, LAFTA e LOREZEN, 1995, HANCOCK et al., 2014, SINGH et al., 2015). Além disso as taxas de E aos 64 e 78DAP e g_s aos 64DAP em geral apresentaram maiores taxas na condição de estresse e segundo Leakey et al. (2002) e Poons e Welschen (2003), a redução desses parâmetros é dependente da temperatura

e pode ser modulada por características genéticas de cada material, manter o funcionamento da *gs* é altamente importante para reduzir a temperatura foliar em alguns graus abaixo da temperatura do ar, através da *E* sob condições de temperatura elevada, o que pode influenciar na sobrevivência ou morte dos tecidos (TRIBUZY, 2005).

A relação de aumento da *E* está diretamente ligada a *gs*, tanto que apresentam forte correlação positiva em ambas as condições de cultivo, controle e estresse. O consequente aumento das taxas de *E* devido ao efeito do calor, foi observado para a maioria dos genótipos nas avaliações aos 64 e 78DAP, o que já foi observado e descrito anteriormente (HANCOCK et al., 2014; HASTILESTARI et al., 2018), já que sob condições de alta temperatura, as plantas aumentam a suas taxas *E* pra reduzir a temperatura das suas folhas, sendo esse um mecanismo de resfriamento (DEMIREL et al., 2017).

Ao final do ciclo das plantas, as variáveis de produção de tubérculos apresentaram uma alta redução na MTT e MMT que está em acordo com Rykaczewska et al. (2015), no entanto, o NTT de tubérculos apresentou a menor redução dentre todas as variáveis analisadas 0,38%, sendo que outros estudos apresentaram uma diminuição significativa no número de tubérculos (DEMIREL et al., 2017). O que pode ser justificável já que as plantas mantiveram se em temperatura ambiente até os 30DAP, e sabe-se que o número de tubérculos iniciais com potencial de crescimento é determinado principalmente durante o início da tuberização, e a temperatura durante o período tem um efeito profundo no rendimento e distribuição de tamanho dos tubérculos (O'BRIEN et. al., 1998; STRUIK, 2007; ZHOU et al., 2017). O NTT apresentou forte correlação negativa com MMT, corroborando com Kneib (2019) que diz que esse resultado demonstra que plantas com potencial de NTT não conseguem acumular reservas para atingir tamanhos de tubérculos maiores.

A MS dos tubérculos apresentou uma correlação média e positiva com a MSP e redução de 4,69% nos teores de MS dos genótipos quando cultivados sob temperatura de estresse, que está de acordo com a literatura que diz que as altas temperaturas causam uma redução da massa seca dos tubérculos e aumento do nível de glicoalcalóide (STRUIK, 2007). A MS torna-se importante pois é um dos parâmetros que define a aptidão dos genótipos de batata para o processamento. Associar a tolerância ao calor com teores satisfatórios de MS é

fundamental para a indústria de batata processada brasileira, pois essa característica determina a qualidade e o rendimento de produtos fritos, quanto maior (>20%), menor será a absorção de óleo durante a fritura, resultando em um melhor rendimento, e em produtos de textura crocante (BHERING et al., 2009; WAYUMBA et al., 2019). Nesse sentido muitos genótipos avaliados apresentaram MS acima de 20%, no entanto, dois genótipos se destacaram por apresentar valores acima de 22% de MS e também apresentam maior estabilidade na MMT, que foram os genótipos MB51-02 e C2550-04-06.

2.5 Conclusões

- Genótipos de batata do Banco de Germoplasma da Embrapa diferem quanto a caracteres fisiológicos e morfoagronômicos em resposta a estresse de temperatura.
- Os caracteres de rendimento apresentam, em geral, as maiores reduções relativas na condição de estresse de temperatura em comparação com a condição controle.
- Os genótipos que apresentam uma maior recuperação dos parâmetros de eficiência da clorofila e trocas gasosas $\pm$ aos 75DAP, têm uma menor redução da massa média de tubérculo.
- Os genótipos MB 51-02, Spunta, F63(Camila), C2550-04-06 e Monalisa se destacam por apresentar maior estabilidade de rendimento, com maior massa média de tubérculos. Ainda os genótipos MB 51-02 e C2550-04-06 mantêm altos teores de massa seca nos tubérculos na condição de estresse por temperatura.

3. Cap II. Desempenho de genótipos de batata cultivados em distintas temperaturas quanto a caracteres de pós-colheita

3.1 Introdução

A batata é uma das quatro culturas alimentares mais importantes em todo o mundo, utilizada não somente *in natura*, mas também no processamento industrial (KIKUCHI et al., 2015). No Brasil, a maior parte da produção nacional é comercializada *in natura*, sendo apenas 18% destinada ao processamento industrial, nas formas de “chips”, palha e palitos pré-fritos congelados (PEREIRA, 2019).

Para atender a produção comercial em grande escala, e manter a matéria prima constante, a produção de batata nas principais regiões produtoras do Brasil ocorre durante o ano todo e é dividida em três safras: “safra das águas” colhida entre janeiro a março; “safra da seca” colhida nos meses de abril a julho e a “safra de inverno” colhida nos meses de agosto a novembro (GODOY, 2001).

Na “safra das águas” frequentemente são encontradas altas temperaturas, sendo estas transitórias ou constantes, podendo causar uma série de mudanças morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, que afetam o crescimento e desenvolvimento das plantas de batata e podem levar à uma redução drástica no rendimento econômico (WAHID et al. 2007). O estresse térmico devido ao aumento da temperatura é um problema agrícola em muitas áreas do mundo (BIRCH et al., 2012), afetando negativamente o rendimento e a qualidade do tubérculo, podendo causar defeitos internos, rachaduras, crescimento secundário e deformações nos tubérculos (MINHAS, 2012; PRUSKI e SCHOFIELD, 2012).

Com relação aos cultivos de batata voltados ao processamento dos tubérculos, o estresse por calor pode influenciar no produto final, pois, a coloração das batatas, quando fritas, está ligada às concentrações de açúcares

redutores, glicose e frutose, nos tubérculos (BROWN, 1979; SAONA e WROLSTAD, 1997). Teores mais elevados desses açúcares reagem com os grupos α -amino de aminoácidos livres, em uma reação de Maillard (DALE; BRADSHAW, 2003), produzindo pigmentos de coloração escura e um produto com sabor amargo. O estresse por calor no cultivo estimula no tubérculo a conversão do amido em açúcares redutores, consequentemente resulta em batatas fritas mais escuras e de menor qualidade (MINHAS, 2012; PRUSKI e SCHOFIELD, 2012):

A indústria de processamento de batata também faz uso de tubérculos armazenados em câmaras com baixas temperaturas, visando prolongar a oferta de matéria prima. As baixas temperaturas retardam a brotação e prolongam a dormência dos tubérculos (SONNEWALD, 2001). A duração da dormência ou capacidade de armazenamento é regulada por diversos fatores, incluindo ambiente, fisiologia do tubérculo e o genótipo (SONNEWALD e SONNEWALD, 2014). No entanto, o estresse térmico durante o cultivo, pode atuar causando o encurtamento ou até mesmo eliminando a dormência dos tubérculos a depender do genótipo (LEVY e VEILLEUX, 2007)

Lidar com o estresse térmico envolve uma combinação de várias abordagens, mas a maneira mais eficaz de evitar os problemas causados pelo estresse seria o uso de cultivares tolerantes ao calor (LEVY e VEILLEUX, 2007; SONNEWALD et al., 2015). A criação de novas cultivares tolerantes ao estresse térmico é, portanto, uma necessidade urgente para a produção sustentável de batata, especialmente nas regiões tropicais, assim, fontes de germoplasma com caracteres que confirmem maior tolerância ao calor precisam ser identificadas (PURWITO et al., 2017).

Diante disso, esse estudo teve como objetivo avaliar o desempenho de 65 genótipos de batata, cultivados sob distintas temperaturas, controle e estresse, quanto à resposta nos caracteres de pós-colheita de tubérculos.

3.2 Material e Métodos

Foram avaliados 65 genótipos de batata do Banco Ativo de Germoplasma de Batata (BAG) da Embrapa (Tabela 1), os quais foram cultivados em ambiente controlado, em câmaras de crescimento da Plataforma de Fenotipagem da

Embrapa Clima Temperado, nos anos de 2018 (primavera) e 2019 (outono e primavera).

Tabela 1. Identificação dos 65 genótipos de batata avaliados, ano e semestre de cultivo, genealogia e país de origem. Pelotas, 2022.

ID	Genótipo	semestre	Genitores	Origem
1	BRS Pérola	2018_2	2CRI1149-1-78 X Granola	Brasil
2	BRS F183 (Potira)	2018_2	BRS Ana X C2372-02-02	Brasil
3	Todo ano	2018_2	Desconhecidos	Brasil
4	Iporá	2018_2	Achirana X 7XY.1	Uruguai
5	Purén	2018_2	FA3541-1 X Penobscot	Chile
6	Yagana	2018_2	Hydra X 904/61	Chile
7	C2397-03	2018_2	NYL-235-4 X Ona	Brasil
8	Wa 104	2018_2	LR93.120 X C93.154	Peru
9	BRS Ana	2018_2	C-1750-15-95 X Asterix	Brasil
10	Granola	2018_2	3333/60 X 267.04	Alemanha
11	C2080-03-06	2018_2	C92140 X C93154	Brasil
12	Desiree	2018_2	Urgenta X Despeche	Holanda
13	BRSIPR Bel	2018_2	Rioja X C1740-11-95	Brasil
14	BRS F63 (Camila)	2018_2	C1750-15-95 X C1883-5-97	Brasil
15	C90.170	2018_2	Serrana X XY.4	Peru
16	Innovator	2018_2	Shepody X RZ-84-2580	Argentina
17	Panda	2018_2	UP0.35/17 X W6858/8	Alemanha
18	Achirana	2018_2	MPI61.375/23 X B25.65	Argentina
19	Cota	2018_2	Santo Amor X Santo Amor	Brasil
20	Pampeana	2018_2	MPI59.789/12 X Huinkul	Argentina
21	BRS Clara	2018_2	White Lady X Catucha	Brasil
22	Atlantic	2018_2	Wauseon X Lenape	EUA
23	Pukara	2018_2	Cleopatra X Yagana	Chile
24	Spunta	2019_1	BEA X USDA96-56	Holanda
25	C2553-01-06	2019_1	CIP391.011.17 X C1740-11-95	Brasil
26	White lady	2019_1	KE.40 X 1-71.17/6N+B	Hungria
27	Macaca	2019_1	desconhecidos	Brasil
28	F32-02-06	2019_1	BP-1 X C1730-7-94	Brasil
29	F158-08-01	2019_1	C2389-01-02 X C1730-7-94	Brasil
30	Newen	2019_1	B 86.573.4 X Amanda	Argentina
31	Baronesa	2019_1	Loman X Loman	Brasil
32	C1740-11-95	2019_1	C1226-35-80 X Atlantic	Brasil
33	C2551-02-06	2019_1	CIP391.403.8 X Cristal	Brasil
34	CL 02-05	2019_1	Desconhecidos	França
35	C2514-05-06	2019_1	C1786-9-96 X C1890-1-97	Brasil
36	BR3	2019_1	Record X Record	Brasil

37	2CRI-11-49-78	2019_1	Recent X CI1086-22-75	Brasil
38	Monalisa	2019_1	Bierma X Colmo	Holanda
39	MB 51-02	2019_1	MB9846-01 X Baraka	Brasil
40	C1883-22-97	2019_1	ND860-2 X XY-14	Brasil
41	Cascata	2019_1	Bintje X Baronesa	Brasil
42	Chieftain	2019_1	A-1027-18 X LA1354	EUA
43	Monte bonito	2019_1	Baronesa X Hydra	Brasil
44	Cruza 148	2019_1	Desconhecidos	México
45	Frital	2019_2	Serrana X Katahdin	Argentina
46	Mb195-10	2019_2	MB-03 X XY-9	Brasil
47	F177-11-20	2019_2	118.1 X Monalisa	Brasil
48	C2400-03	2019_2	P161-3 X Yagana	Brasil
49	F63-10-07	2019_2	Rioja X C1750-15-95	Brasil
50	Catucha	2019_2	CRI1149-1-78 X C999-263-70	Brasil
51	F189-09-06	2019_2	BP-1 X C1883-22-97	Brasil
52	C1730-07-94	2019_2	ND860-2 X ND860-2	Brasil
53	IAC ibituaçu	2019_2	Jacy X G5264	Brasil
54	F50-08-01	2019_2	Rioja X C1316-8-82	Brasil
55	C1750-15-95	2019_2	C1485-16-87 X Atlantic	Brasil
56	F21-09-07	2019_2	White Lady X C1730-7-94	Brasil
57	Ludmilla	2019_2	Diana X Innovator	Alemanha
58	C2550-04-06	2019_2	CIP391.011.17 X Cristal	Brasil
59	C2406-03	2019_2	Eliza X N-140	Brasil
60	ORG 14599	2019_2	White Lady X CNPH CIP 072	Brasil
61	F208-01-06	2019_2	C1787-14-97 X Shepody	Brasil
62	Rioja	2019_2	KE.7 X 1-71.17/6N+B	Hungria
63	Asterix	Todos	Cardial X VE 70-9	Holanda
64	Agata	Todos	52/72/2206 X Sirco	Holanda
65	Markies	Todos	Fianna X Agria	Holanda

Tubérculos de cada genótipo, previamente selecionados (tamanho homogêneo e sem danos), foram dispostos sobre esponjas fenólicas umedecidas com água, e mantidos em casa de vegetação até as plantas completarem 30 dias. Após isso, foram transplantadas para sacos plásticos contendo 3kg de substrato comercial adubado com NPK 05-20-10 conforme indicação para a cultura (PEREIRA, 2010). Os vasos foram dispostos em duas câmaras de crescimento, com temperaturas distintas, controle e estresse. As plantas que estavam na câmara do controle foram submetidas à uma amplitude térmica de 17-25°C (na colocação das plantas) até 18-29°C (final do ciclo), enquanto as plantas na câmara de estresse ficaram em temperaturas com

amplitude diária de 19-29°C (colocação das plantas) a 21-28°C (final do ciclo). As temperaturas utilizadas são referentes à uma serie temporal de dados, simulando duas condições de cultivo da principal região produtora de batata do Brasil, Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro (Perdizes-MG). O controle representa as temperaturas da melhor época de cultivo daquela região que se inicia em maio, e o estresse refere-se às temperaturas de cultivo que inicia em setembro, com temperaturas fora da faixa ideal de cultivo. O fotoperíodo foi de 12 horas (7h00 às 19h00), com intensidade de luz de aproximadamente $400 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, onde permaneceram até a colheita, no fim do ciclo das plantas.

O delineamento utilizado foi blocos aumentados, com quatro repetições. As parcelas foram compostas de três plantas por genótipo. As cultivares Asterix, Agata e Markies foram utilizadas como tratamentos comuns, e com isso repetidos em cada bloco do experimento.

Após as plantas completarem o ciclo vegetativo, em média 104 dias após o plantio (DAP), com amplitude entre os genótipos de 90 a 117 dias, foi realizada a colheita dos tubérculos, posteriormente foram separados aleatoriamente seis tubérculos de cada genótipo e de cada condição de temperatura de cultivo. Essas amostras permaneceram em período de cura por 10 dias, em temperatura ambiente, sob ausência de luz.

As amostras do controle e do estresse foram levadas para câmaras de armazenamento refrigerado a $7,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ (Tabela 2). Após 60 dias, três tubérculos de cada amostra foram separados para realizar a avaliação de qualidade de fritura. Os tubérculos foram fatiados, compondo amostras de 12 fatias de 1,5 mm de espessura, as quais foram fritas em fritadeira elétrica, em óleo de girassol, a temperatura inicial de 180°C , até cessar a borbulha. A avaliação da cor de “chips” foi feita por três avaliadores, utilizando uma escala visual de nove pontos, adaptada da “American Potato Chip and Snack Food Association”, onde notas próximas a 9 são desejáveis e atribuídas à cor clara e 1 à cor escura.

Para avaliar o período de dormência dos tubérculos (PDD) foram realizadas checagens em todos tubérculos a cada 10 dias, para verificar o avanço da brotação nos tubérculos. A superação da dormência foi considerada quando o maior broto do tubérculo atingia 2 mm de comprimento (COLEMAN, 1998), as avaliações foram realizadas até o final do período de dormência da

amostra, o qual foi considerado quando pelo menos dois, dos três tubérculos de cada amostra tivessem iniciado a brotação, sendo o número de dias então calculado a partir do início do armazenamento.

O comprimento do maior broto foi obtido ao final do período de armazenamento, 120 dias, onde mediu-se o tamanho do maior broto de cada tubérculo, com a utilização de paquímetro digital em mm.

Tabela 2. Experimentos de cultivo das amostras de tubérculos e as temperaturas nas câmaras de armazenamento refrigerado. Pelotas, 2022.

Semestre de cultivo	Temperatura média de armazenamento
2018/2	7,2°C
2019/1	7,5°C
2019/2	7,5°C

Os dados obtidos foram submetidos à análise de modelos mistos, para estimar os valores genotípicos preditos, através da metodologia da melhor predição linear não viciada (BLUP), utilizando-se o modelo estatístico 75 (RESENDE, 2007; RESENDE, 2016):

$$y = Xf + Zg + Wb + Ti + e$$

em que: y é o vetor de dados, f é o vetor dos efeitos assumidos como fixos, b é o vetor dos efeitos ambientais de blocos (assumidos como aleatórios), g é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios), i é vetor dos efeitos da interação genótipo x ambiente (aleatórios) e e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas (X, Z, W e T) representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Para eliminar o efeito da variação do ambiente e obter os valores genotípicos dos 65 genótipos, os valores de BLUP foram preditos para cada genótipo, nos dois ambientes, por $u+g+ge$, referentes aos valores genotípicos mais a interação com o ambiente. As análises foram feitas utilizando o software Selegen- REML/BLUP.

Com base nos valores genotípicos estimado dos 65 genótipos em cada uma das duas condições de cultivo, controle e estresse, para cada variável mensurada foi realizado o ranqueamento dos genótipos. Posteriormente, utilizando os mesmos dados procedeu-se a análise de componentes principais

(PCA), para identificar genótipos e variáveis que mais contribuíram para as variações obtidas, em cada condição de cultivo, utilizando o pacote estatístico “Factorshinny” no software R (CORE TEAM, 2022).

Ainda se calculou a redução relativa, através da relação entre os valores obtidos das amostras da condição de cultivo de controle e estresse, utilizando a equação descrita por Anithakumari et al. (2012):

$$RR\% = (\text{controle} - \text{estresse}) / ((\text{controle}) * 100)$$

3.3 Resultados

3.3.1 Ranqueamento dos genótipos

3.3.1.1 Cor de “chips”

Os valores genotípicos preditos dos 65 genótipos avaliados para o caráter cor de “chips” apresentaram valores médios para a cor de 3,52 referentes aos tubérculos cultivados sob condição de temperatura de controle e 3,92 referentes aos tubérculos provenientes da condição de temperatura de estresse (Figura 1). Os genótipos que apresentaram as melhores notas para coloração de “chips”, assim como os com as piores notas, se repetiram nas duas condições de cultivo. Destes, os clones C1740-11-95 (32) com notas 6,73 e 7,11, C2514-05-06 (35) com 4,85 e 5,28, BRS Pérola (1) com 4,71 e 5,11, F21-09-07 (56) com 4,53 e 4,91 e Ludmilla (57) com 4,42 e 4,82, de tubérculos da condição de cultivo de temperatura controle e estresse, respectivamente, foram os que se destacaram com cor de “chips” mais claras (Figura 2). Os clones com cor de “chips” mais escuras nos dois ambientes de cultivo, foram os genótipos Todo Ano (3) com 1,67 e 2,07, seguido por 2CRI-11-49-78 (37) com 2,21 e 2,62, e Agata (64) com 2,25 e 2,66, notas referentes ao controle e estresse, respectivamente (Figura 3).

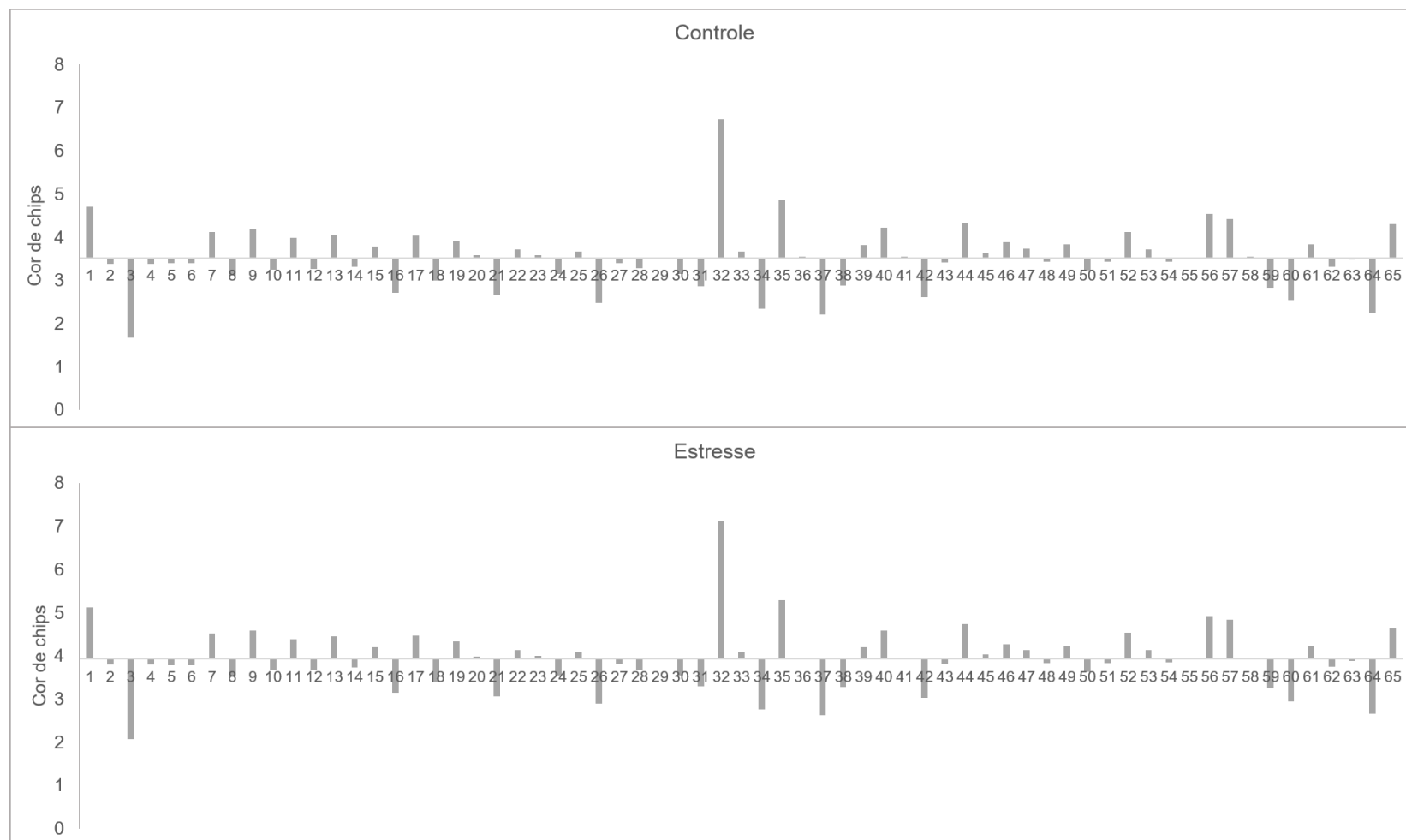


Figura 1. Valores genotípicos preditos de 65 genótipos para a variável cor de “chips”, avaliada após 60 dias de armazenamento em câmara fria, de amostras cultivadas em duas condições de temperatura, controle e estresse. Pelotas, 2022.

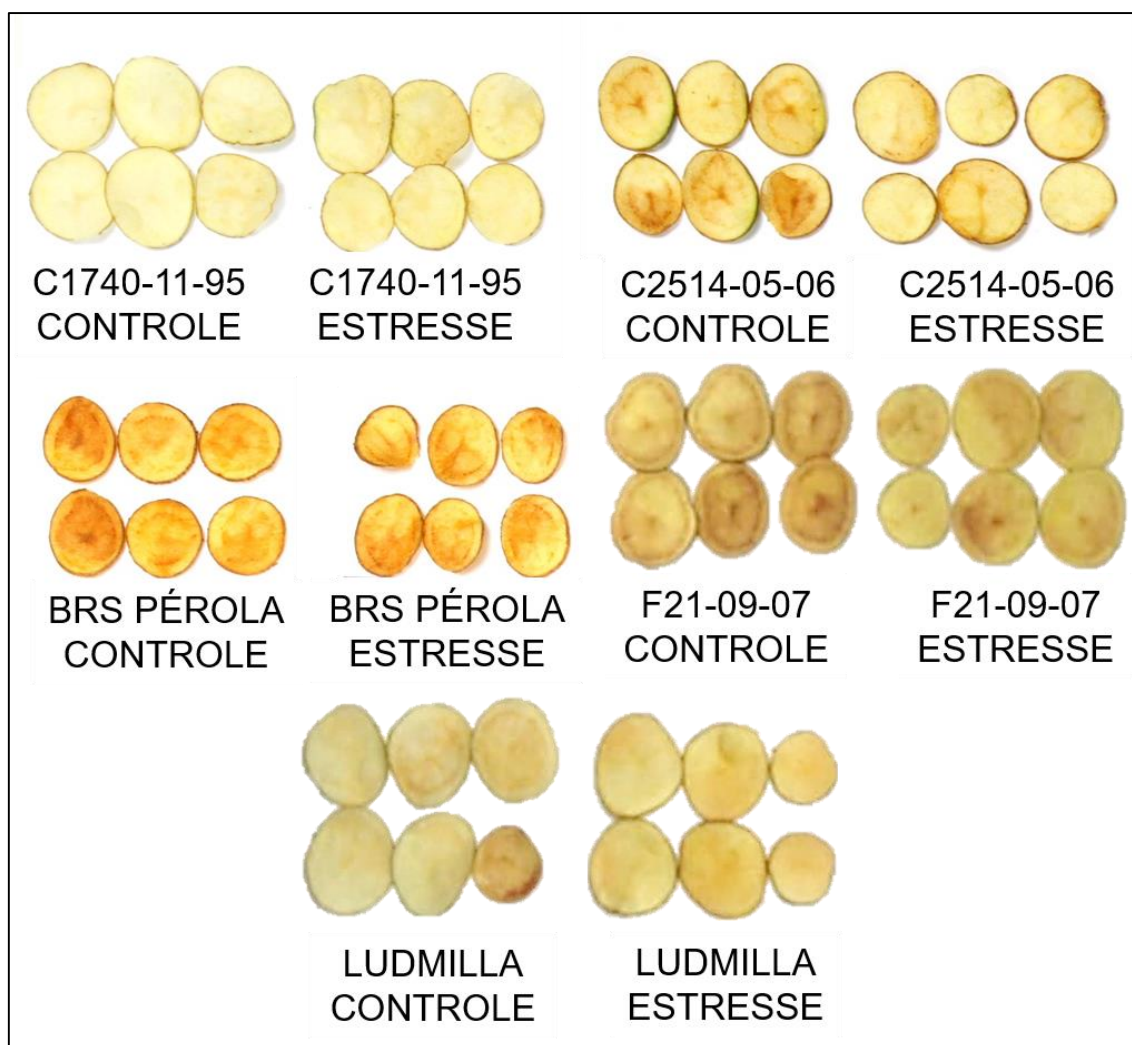


Figura 2. “Chips” de batata dos genótipos C1740-11-95, C2514-05-06, BRS Pérola, F21-09-07 e Ludmilla provenientes de tubérculos armazenados em câmara fria, oriundos de amostras de plantas cultivadas sob duas condições de temperatura, controle e estresse. Pelotas, 2022.

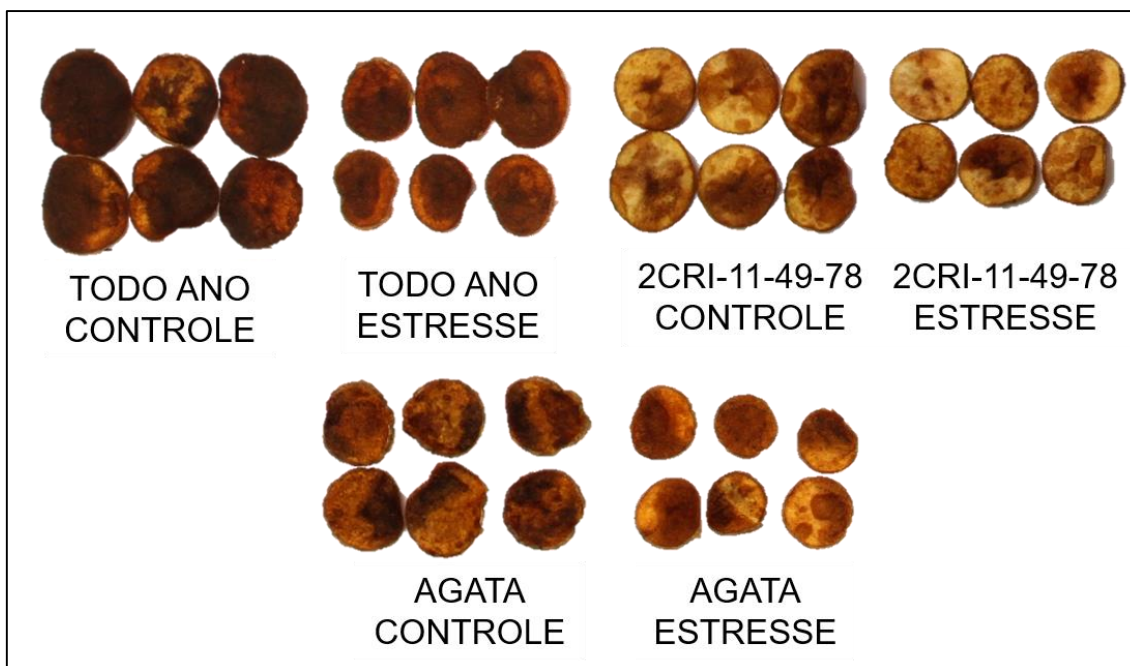


Figura 3. “Chips” de batata dos genótipos Todo Ano, 2CRI11-49-78 e Agata provenientes de tubérculos armazenados em câmara fria, oriundos de amostras de plantas cultivadas sob duas condições de temperatura, controle e estresse. Pelotas, 2022.

3.3.1.2 Período de dormência de tubérculos

Quanto ao período de dormência dos tubérculos, de acordo com os valores genotípicos preditos dos 65 genótipos, na comparação entre os tubérculos armazenados em condição de frio, oriundos de plantas cultivadas sob duas condições de temperatura, controle e estresse, os genótipos cultivados na temperatura controle apresentaram um valor médio de 100,63 e do estresse 108,70 dias até o início da brotação dos tubérculos (Figura 4).

Dentre os tubérculos dos dois tratamentos, controle e estresse, os mesmos genótipos apresentaram os maiores e os menores valores para o período de dormência, onde os maiores valores foram observados nos genótipos Todo Ano (3) e Yagana (6) ambos com 149,92 nos tubérculos do controle e 157,50 dias nos tubérculos do estresse, seguidos pelos genótipos Purén (5) e BRSIPR Bel (13), que os tubérculos do controle se mantiveram dormentes por 142,90 dias e os tubérculos do estresse 150,94 dias.

Os genótipos que apresentaram o menor período de dormência foram Wa 104 (8), BRS Pérola (1), MB 195-10 (46) e F50-08-01 (54), onde seus tubérculos

oriundos do cultivo sob temperaturas de controle apresentaram 16,21, 16,65, 46,09 e 59,94 dias, e tubérculos da condição de estresse 23,82, 24,23, 54,60 e 65,09 dias, respectivamente.

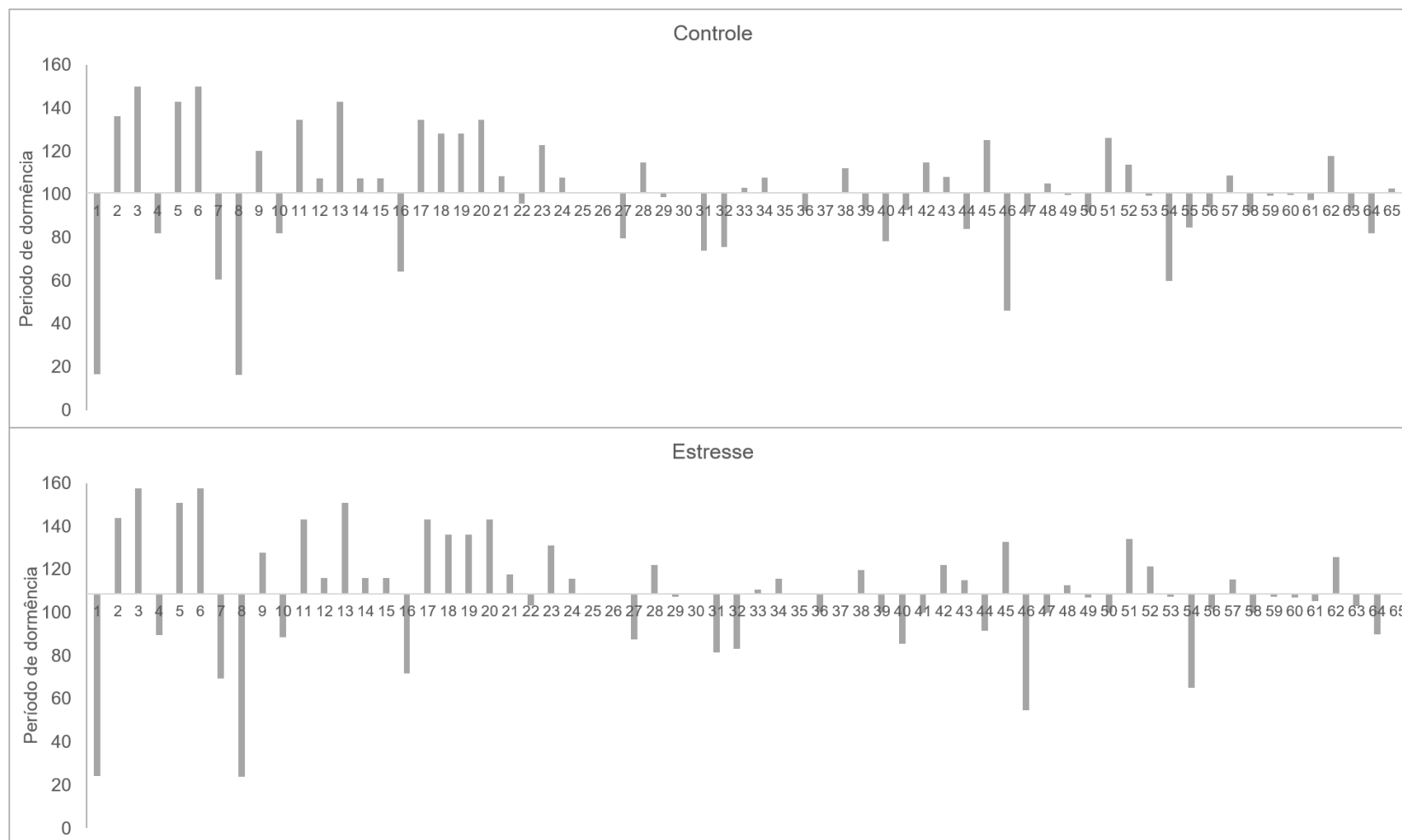


Figura 4. Valores genotípicos preditos de 65 genótipos para a variável período de dormência de tubérculos, em condição de armazenamento a frio (7,5°C), oriundos de cultivo em duas condições de temperatura, controle e estresse. Pelotas, 2022.

3.3.1.3 Comprimento de broto

Com relação ao comprimento de broto, os valores médios genotípicos preditos para as amostras dos genótipos oriundos do cultivo sob temperatura controle foi 30,01 mm, e da condição de estresse 35,65 mm (Figura 5).

A amplitude de variação entre os genótipos na condição de controle foi de 4,45 mm para o genótipo F50-08-01 (54) a 84,68 mm, para o genótipo C2550-04-06 (58). Nas amostras dos genótipos oriundos da condição de estresse por temperaturas, os comprimentos de brotos variaram de 4,26 mm no genótipo IAC Ibituaçu (53) a 101,09 mm no genótipo MB195-10 (46).

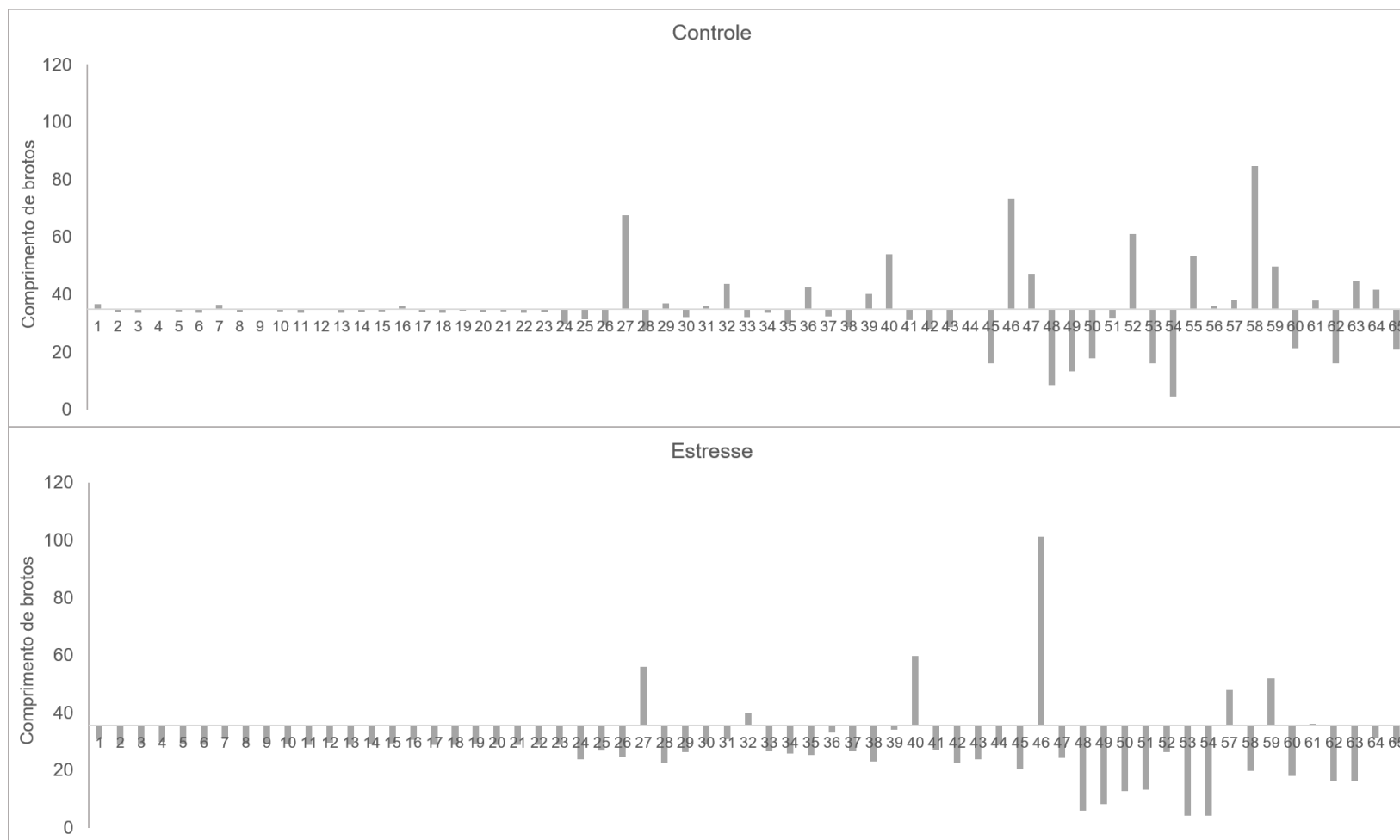


Figura 5. Valores genotípicos preditos de 65 genótipos para a variável comprimento de brotos, em condição de armazenamento a frio (7,5°C), oriundos de cultivo em duas condições de temperatura, controle e estresse. Pelotas, 2022.

3.3.2 Redução relativa

A redução relativa calculada para todos os genótipos avaliados, oriundos das duas condições de temperatura de cultivo, controle e estresse, para as variáveis de cor de “chips”, período de dormência e comprimento de brotos está apresentada na Tabela 3.

Com relação à variável cor de “chips”, a média de redução relativa dos genótipos foi -11,98% (Tabela 3). Esse valor negativo significa que os genótipos cultivados sob condição de temperaturas estresse, em geral, apresentaram maiores valores (mais claros) para a cor de “chips” em comparação à condição de controle. Este resultado indica um favorecimento da condição de estresse para a obtenção de “chips” mais claros de fritura após os 60 dias de armazenamento. Entre os genótipos, o maior aumento no escurecimento dos “chips” foi apresentado pelo genótipo Todo Ano (23,77%) e o menor pelo genótipo C17-40-95 (5,58%).

A redução relativa da variável período de dormência de tubérculo também apresentou resultado negativo entre os genótipos, com uma média de -9,12%, indicando assim, que as amostras de tubérculos de genótipos cultivados na condição de temperaturas de estresse apresentaram um aumento no seu período de dormência, em comparação com os tubérculos oriundos da condição de temperatura controle. O genótipo Yagana apresentou a maior estabilidade entre as duas condições, com um aumento de 5,06%, enquanto o genótipo Wa104 a maior diferença, com aumento 46,97%, que foi o maior período de dormência entre as amostras.

Ao contrário das variáveis anteriores, o comprimento de broto dos tubérculos, apresentou uma redução de 16,38% na média geral entre os genótipos na comparação entre as duas condições de temperatura de cultivo. Nesta variável, os genótipos apresentaram uma grande amplitude nas respostas, onde genótipo IAC Ibituaçu teve a maior redução de comprimento de broto na amostra da condição de estresse, 73,68%, em comparação à amostra oriunda do controle. Em contrapartida, o genótipo Markies apresentou um aumento de 71,39% no comprimento de broto, na amostra oriunda do cultivo sob temperatura estresse.

Tabela 3. Redução relativa (%) de 65 genótipos de batata quanto as variáveis de pós-colheita. Pelotas, 2022.

Genótipo	ID	“Chips”	PDD	CB
BRS Pérola	1	-8,53	-45,56	16,16
BRS F183 (Potira)	2	-12,20	-5,56	15,09
Todo ano	3	-23,78	-5,06	14,72
Iporá	4	-11,87	-9,25	14,59
Purén	5	-11,55	-5,64	15,54
Yagana	6	-11,55	-5,06	14,76
C2397-03	7	-9,97	-14,91	15,65
Wa 104	8	-13,06	-46,97	14,63
BRS Ana	9	-9,88	-6,31	15,50
Granola	10	-12,86	-8,07	14,53
C2080-03-06	11	-9,89	-6,40	14,74
Desiree	12	-12,18	-7,85	14,97
BRSIPR Bel	13	-10,06	-5,64	14,87
BRS F63 (Camila)	14	-12,36	-7,85	14,43
C90.170	15	-10,77	-7,85	14,15
Innovator	16	-15,37	-11,82	14,67
Panda	17	-10,34	-6,40	15,26
Achirana	18	-13,26	-6,36	14,69
Cota	19	-10,83	-6,36	15,59
Pampeana	20	-11,14	-6,40	15,02
BRS Clara	21	-15,44	-8,74	15,41
Atlantic	22	-11,03	-7,93	14,44
Pukara	23	-11,44	-6,92	14,97
Spunta	24	-12,79	-7,49	20,11
C2553-01-06	25	-11,24	-7,51	14,22
White Lady	26	-16,42	-7,51	16,47
Macaca	27	-12,12	-9,89	17,02
F32-02-06	28	-12,44	-6,62	18,78
F158-08-01	29	-11,82	-8,75	29,05
Newen	30	-13,14	-7,51	9,52
Baronesa	31	-14,74	-10,11	14,90
C1740-11-95	32	-5,59	-10,04	8,61
C2551-02-06	33	-11,55	-7,50	17,52
CL 02-05	34	-17,11	-7,49	23,16
C2514-05-06	35	-8,82	-7,51	15,08
BR3	36	-11,20	-8,86	21,87
2CRI1149-1-78	37	-18,39	-7,51	17,63
Monalisa	38	-13,96	-6,93	19,42
MB 51-02	39	-10,42	-7,54	15,21
C1883-22-97	40	-8,79	-9,17	-10,75
Cascata	41	-11,20	-7,54	13,73
Chieftain	42	-15,81	-6,62	19,65

Monte Bonito	43	-11,79	-6,59	17,08
Cruza 148	44	-9,40	-9,03	17,18
Frital	45	-11,16	-6,23	-26,59
MB 195-10	46	-9,76	-18,49	-37,79
F177-11-20	47	-10,75	-9,28	48,26
C2400-03	48	-11,32	-7,22	31,73
F63-10-07	49	-9,94	-7,22	39,00
Catucha	50	-12,53	-9,28	28,59
F189-09-06	51	-11,56	-6,24	57,84
C1730-07-94	52	-9,91	-6,68	56,96
IAC Ibituaçu	53	-11,19	-8,01	73,70
F50-08-01	54	-12,02	-8,58	3,45
C1750-15-95	55	-11,36	-	-
F21-09-07	56	-8,50	-8,06	-32,96
Ludmilla	57	-9,15	-6,10	48,48
C2550-04-06	58	-10,66	-9,28	38,75
C2406-03	59	-14,29	-8,01	63,51
ORG 14599	60	-15,80	-7,22	-69,55
F208-01-06	61	-10,58	-8,03	57,37
Rioja	62	-12,78	-6,69	-1,47
Asterix	63	-11,30	-11,52	30,56
Agata	64	-18,19	-9,48	29,87
Markies	65	-8,06	-5,39	-71,39
Média		-11,98	-9,12	16,38

3.3.3 Análise de componentes principais

3.3.3.1 Controle

De acordo com a análise de componentes principais, com base nas variáveis de cor de “chips”, período de dormência e comprimento de brotos de tubérculos cultivados sob condições de temperaturas de cultivo controle, os primeiros componentes explicaram 73,74% da variação, sendo 44,74 referente ao primeiro componente e 29,00% ao segundo componente (Tabela 4).

No primeiro componente as três variáveis tiveram contribuições semelhantes na distribuição dos genótipos, porém, a cor de “chips” e comprimento de broto no mesmo sentido e o período de dormência em sentido oposto (Figura 6). Os genótipos apresentaram uma ampla distribuição nos quatro quadrantes. No primeiro componente principal os genótipos 32 (C1740-11-95), 46 (MB 195-10), 1 (BRS Pérola) e 58 (C2550-04-06) no mesmo sentido e o 3 (Todo Ano), em sentido oposto, foram os que apresentaram uma maior

separação dos demais genótipos. No segundo componente, os genótipos 32 (C1740-11-95) e 58 (C2550-04-06) foram os que mais se separam.

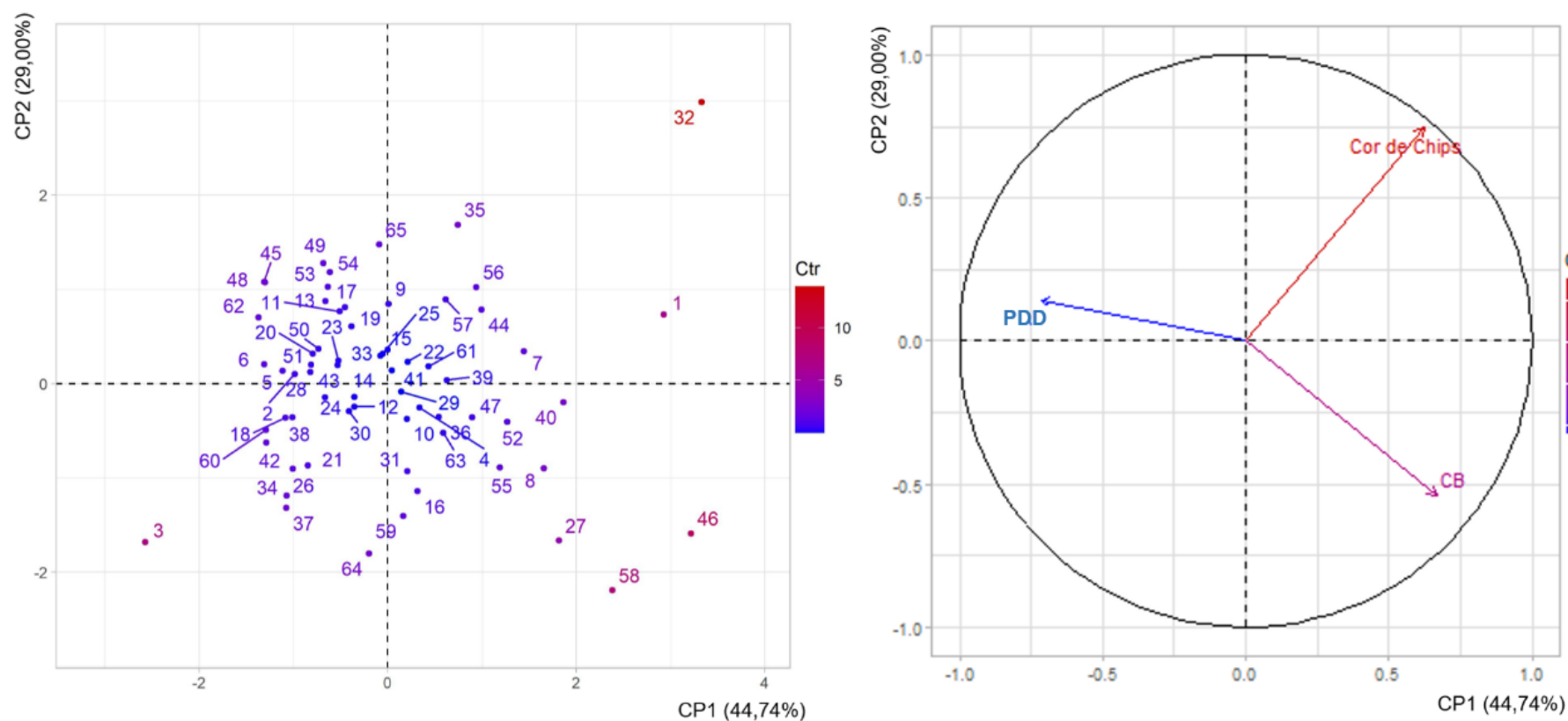


Figura 6. Dispersão de 65 genótipos de batata pela análise de componentes principais para as variáveis analisadas em tubérculos cultivados sob condição de temperatura de controle: cor de “chips”, período de dormência de tubérculos (PDD) e comprimento de broto (CB). Pelotas, 2022.

3.3.3.2 Estresse

Pela análise de componentes principais das variáveis de cor de “chips”, período de dormência e comprimento de brotos, de tubérculos cultivados sob temperaturas de cultivo de estresse, os primeiros componentes explicaram 75,92% da variação, sendo 47,22% referente ao primeiro componente e 28,70% ao segundo componente (Tabela 4). Assim como na análise de componentes principais com base dos resultados obtidos dos tubérculos oriundos de cultivo na condição controle, as três variáveis contribuíram de forma semelhante na distribuição dos genótipos com base no primeiro componente, com o período de dormência em sentido oposto a cor de “chips” e comprimento de broto. No segundo componente, a cor de “chips” foi a variável que mais contribuiu na dispersão dos genótipos (Figura 6).

Os genótipos 46 (MB195-10) e 32 (C1740-1195) foram os que tiveram maior separação dos demais no primeiro componente, assim como o 3 (Todo Ano), mas sendo este em sentido oposto. No segundo componente, os genótipos 32 (C1740-11-95) e 46 (MB195-10), no mesmo sentido, e o 3 (Todo Ano), em sentido oposto, foram os que mais se separaram (Figura 7).

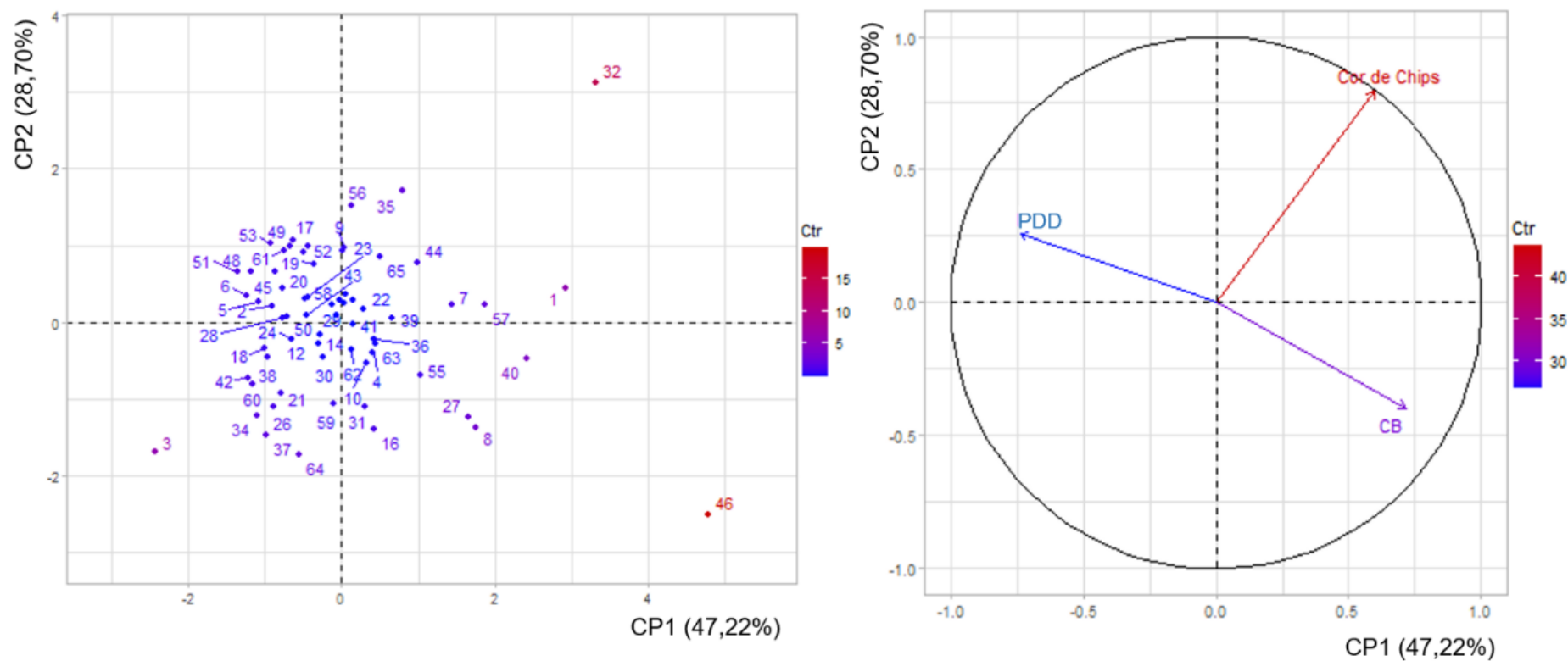


Figura 7. Dispersão de 65 genótipos de batata pela análise de componentes principais para as variáveis analisadas em tubérculos cultivados sob temperatura de estresse: cor de “chips”, período de dormência de tubérculos (PDD) e comprimento de broto (CB). Pelotas, 2022.

Tabela 4. Valores de autovetores de três variáveis avaliadas em amostras de tubérculos cultivados em condição de temperaturas controle e estresse. CP1= primeiro componente principal; CP2= segundo componente principal. Pelotas, 2022.

	Controle		Estresse	
	CP1	CP2	CP1	CP2
Cor de “chips”	0,62	0,75	0,60	0,80
PDD	-0,71	0,14	-0,74	0,26
CB	0,67	-0,54	0,72	-0,40

PDD: Período de dormência de tubérculos; CB: comprimento de brotos.

3.4 Discussão

Os resultados apresentados mostram diferença na resposta entre os genótipos oriundos de duas condições de temperaturas nas variáveis relacionadas à pós-colheita, refletindo nas respostas de qualidade de fritura e nos períodos de dormência dos genótipos armazenados a frio.

A cor de “chips” é um reflexo das características atribuídas para a qualidade de fritura em genótipos que se destinem ao processamento, que são o alto teor de massa seca e baixos teores de açúcares redutores. Para palitos pré-fritos e “chips” são requeridos valores entre 20 e 24% de massa seca (ZORZELLA et al., 2003), e teores de açúcares redutores geralmente abaixo de 0,035% da massa fresca para processamento na forma de “chips” e 0,12% quando processadas na forma de palitos (STARK et al., 2003). Sabe-se que as elevações nas temperaturas de cultivo, acima do ideal para a batata, podem diminuir os teores de massa seca de tubérculos (MARINUS e BODLAENDER, 1975; KEDHER e EDWING, 1985; LEVY, 1985), o que afeta a qualidade de fritura e o rendimento industrial. No entanto, a exposição das plantas a condição de temperaturas estresse, o qual tinha como temperatura máxima 29°C, não afetou negativamente a qualidade de fritura dos tubérculos, pelo contrário, favoreceu um aumento médio entre os genótipos, 11,98% superior à média da cor de “chips” das amostras oriundas do cultivo sob condição de temperatura controle.

Sabe-se que eventos estressantes, como calor, tem uma maior contribuição para a elevação do conteúdo de açúcares redutores nos tubérculos,

e podem causar um maior acúmulo desses açúcares nas extremidades basais dos tubérculos, provocando um “defeito” nos “chips” feitos destas partes (BUSSAN et al., 2009; WANG et al., 2012; BETHKE, 2019), prejudicando a qualidade do produto final. De acordo Zorzella et al. (2003), o grau de maturação química do tubérculo na colheita também é um fator que afeta o teor de açúcares redutores na batata. Por isso, o nível de maturação dos tubérculos entre as amostras da condição de controle e estresse pode ter influenciado significativamente o resultado das variáveis analisadas, isso por que os genótipos de ambas as condições de temperatura foram colhidos no mesmo dia. De acordo com Reynolds et al. (1991), o calor promove um avanço na senescência das plantas, o que culminou em uma diferença entre as plantas da amostra controle e estresse no momento da colheita dos tubérculos, isso pode ter implicado num nível de maturação química maior nesses tubérculos. Bussan et al. (2009) explicam que a colheita no pico da maturação do tubérculo, favorece uma boa capacidade de armazenamento, pois as plantas em estágio de senescência diminuem o movimento de sacarose para os tubérculos e as concentrações se aproximam de níveis mínimos, do contrário, altas concentrações de sacarose podem se decompor em açúcares redutores e resultar em uma coloração escura (ruim) na fritura.

Os tubérculos quimicamente imaturos também apresentam um período de armazenamento mais curto, pois o processo conhecido como adoçamento senescente (SUN et al., 2018) tem início antes (BUSSAN et al. 2009). Nesse processo os açúcares são mobilizados para beneficiar o desenvolvimento e crescimento dos brotos (SOWOKINOS; PRESTON, 1988). Isso explicaria a amostra oriunda do cultivo sob temperatura controle ter apresentado um desempenho inferior nos caracteres de pós-colheita, em comparação a amostra provinda do cultivo sob temperaturas estresse.

Um outro desafio enfrentado durante o armazenamento é o processo de adoçamento induzido pelo frio (AIF) (GUY, 1990; SOWOKINOS, 2001; DALE; BRADSHAM, 2003; KUMAR et al., 2004; PAUL et al., 2016), que ocorre em cultivares suscetíveis, nas quais o conteúdo de açúcares redutores é fortemente influenciado pelas temperaturas baixas (<10°C) utilizadas no armazenamento dos tubérculos. Para contornar esses efeitos indesejáveis é imprescindível identificar materiais genéticos tolerantes. Neste estudo alguns genótipos

apresentaram resultados estáveis nas avaliações de cor de “chips”, nos tubérculos oriundos dos cultivos com condição de temperatura de estresse e controle, foram eles C1740-11-95, C2514-05-06, BRS Pérola, F21-09-07 e Ludmilla (Fig. 2).

O clone C1740-11-95, que em outros estudos foi indicado para a produção de “chips” (KNEIB et al, 2017), é oriundo do cruzamento C1226-35-80 X Atlantic, sendo Atlantic uma das principais cultivares produzidas para o mercado nacional de processamento na forma de “chips” (PEREIRA; SILVA, 2019). O clone também é um dos progenitores da BRSIPR Bel, que possui comprovada aptidão para o processamento nas formas de “chips” e batata palha (PEREIRA et al., 2015). Ainda, segundo BERVALD et al. (2010), os genótipos C1740-11-95 e BRS Pérola apresentam menores concentrações de açúcares redutores depois do armazenamento a baixas temperaturas. Esses resultados corroboram com os resultados obtidos no presente estudo. ‘BRS Pérola’ foi lançada pela Embrapa e indicada para a indústria de batata palha (PEREIRA et al, 2000). O clone C2514-05-06 também foi desenvolvido pela Embrapa, mas ainda não se tem nenhuma informação na literatura. Ludmilla é uma cultivar para o processamento de batatas fritas, que possui excelente cor de fritura e capacidade de adaptação ao armazenamento a frio (SOLANA, 2022).

Outro problema relatado na pós-colheita dos tubérculos, acarretado pelas altas temperaturas, é a influência na brotação dos tubérculos, onde o calor pode desencadear a brotação pré-colheita ou a brotação precoce dos tubérculos (GEORGE et al., 2018), afetando sua qualidade e uso. A capacidade de armazenamento das batatas é fundamental para manter sua aptidão de uso e abastecimento durante todo o ano para indústria, pois os brotos induzidos pelo calor e o encurtamento da dormência podem afetar negativamente a cadeia da batata (ZHANG et al., 2021). Dessa forma é fundamental dispor de materiais genéticos que sejam menos afetados pelo estresse por calor. Neste estudo os tubérculos oriundos da condição de estresse, não apresentaram brotação pré-colheita, e diferentemente do que a literatura relata, após o período de armazenamento a frio (7,5°C) apresentaram um maior período de dormência, com um percentual de 9,11%, ou oito dias de diferença na média geral dos genótipos, comparado aos tubérculos oriundos do cultivo na condição de controle. Esse resultado não era esperado, mas pode ser atribuído a algumas

diferenças entre os lotes de genótipos avaliados como abordado anteriormente, e ainda o fato dos genótipos cultivados na condição de estresse por temperatura apresentarem menor massa média de tubérculo e com isso tubérculos menores precisaram ser usados para compor as amostras que foram para o armazenamento. De acordo com Muthoni et al. (2014), a variação na dormência dos genótipos pode ser atribuída à variação de tamanho, onde tubérculos menores têm uma dormência mais longa do que tubérculos maiores, devido a estes apresentarem um maior envelhecimento fisiológico, demonstrando uma diferença entre tubérculos imaturos e maduros de até semanas.

Dentre os genótipos avaliados, Todo Ano, Yagana, Purén e BRSIPR Bel apresentaram os maiores períodos de dormência. Estes genótipos não apresentaram mais do que 6% de diferença entre as amostras oriundas das condições de controle e estresse. No entanto, apesar de apresentar destaque quanto ao período de dormência, Todo Ano apresentou um dos piores desempenhos quanto à cor de “chips” (Fig. 3). BRSIPR Bel, além de ter demonstrado boa capacidade de armazenamento, possui aptidão ao processamento industrial (PEREIRA et al., 2015), mas não apresentou destaque na resposta de cor de “chips”.

As temperaturas utilizadas no armazenamento de batatas a frio, podem influenciar muito o teor de açúcares redutores em cada genótipo, sendo uma importante característica o baixo acúmulo, que acarreta em maior qualidade de processamento para batatas fritas (LI, 2008). Portanto, é preciso associar em um mesmo genótipo, características de qualidade de fritura, longa dormência e baixa velocidade de brotação. Para identificar os genótipos que apresentaram as características de maior período de dormência, menor comprimento de broto e maiores notas de cor de “chips”, pode-se observar na análise de componentes principais (Fig. 7). Os genótipos C2514-05-06 (35), F21-09-07 (56), BRS Ana (9) e Pukara (23) oriundos da condição de estresse por temperatura apresentaram bom desempenho e estabilidade nos resultados de qualidade de fritura como também, maiores períodos de dormência associado a menor comprimento de brotos.

Deste modo, o desenvolvimento de cultivares voltadas para processamento, visando baixo teor de açúcares redutores, alto potencial de armazenamento, e adaptação a temperaturas de cultivo elevadas, tem um papel

importante no crescimento da cadeia de batata no Brasil. Pois, manter a qualidade dos tubérculos de batata durante o armazenamento é um grande desafio (DATIR et al., 2020) atrelado a obtenção de genótipos com tolerância ao calor torna-se um desafio ainda maior. Com isso, mais pesquisas são necessárias para entender os mecanismos exatos de tolerância ao calor e os efeitos do calor na brotação durante o armazenamento de tubérculos pela indústria de processamento em cada genótipo (ZHANG et al., 2021). Afinal, o desenvolvimento de cultivares de batata tolerantes ao calor não serve apenas para combater as mudanças climáticas, mas também para criar oportunidades para cultivar batata em regiões tropicais em todo o mundo (GEORGE et al. 2018).

3.5 Conclusões

Os genótipos C1740-11-95, C2514-05-06, BRS Pérola, F21-09-07 e Ludmilla apresentam bom desempenho e estabilidade quanto à cor dos “chips”, tanto na condição de cultivo de estresse de calor como condição normal de cultivo.

Os genótipos C2514-05-06, F21-09-07, BRS Ana e Pukara apresentam melhor desempenho na resposta associada entre os caracteres cor de “chips” mais clara, maior período de dormência e menor comprimento de brotos.

4. CAPÍTULO III - Capacidade combinatória de genótipos de batata para caracteres de aparência e rendimento de tubérculos

4.1 Introdução

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma cultura de muita importância comercial, que além do mercado *in natura*, o cultivo para a indústria vem ganhando importância no Brasil (DE PAULA et al., 2021). O processamento está em crescente aumento e não atende todo o mercado, que ainda compra 275 mil toneladas de batata pré-frita congelada no mercado externo (CEPEA, 2020).

Para suprir a limitação de matéria-prima, atendendo as indústrias de batata, os melhoristas vêm dedicando esforços para desenvolver cultivares adaptadas às condições de cultivo brasileiras, associando as características de aptidão à industrialização. Essa tarefa árdua inicia tradicionalmente na realização de cruzamentos em pares de genitores, que possuam características fenotípicas complementares, com a finalidade de gerar indivíduos com características desejáveis (PEREIRA et al., 2016). De acordo com a finalidade do programa de melhoramento, é necessário o conhecimento prévio do comportamento genético dos caracteres de interesse e das relações genéticas envolvidas entre genitores cruzados, auxiliando na escolha correta do método de melhoramento e de seleção empregados, bem como na estimativa do potencial genético das futuras gerações, assim, a análise dialélica vem sendo utilizada em muitas espécies cultivadas, apresentando vantagens na escolha mais eficiente de genitores e populações segregantes, bem como obtendo informações sobre o controle gênico dos caracteres (CRUZ; REGAZZI, 1994).

A metodologia de análise dialélica proposta por Griffing (1956), através da decomposição do desempenho médio de cada genótipo, possibilita obter informações a respeito da estimativa da capacidade geral de combinação (CGC)

e da capacidade específica de combinação (CEC) de genitores (JOHNSON e KING, 1998). Quanto aos efeitos genéticos envolvidos no controle dos caracteres, a CGC diz respeito ao desempenho médio de um genitor em uma série de combinações híbridas e está associada aos efeitos aditivos dos alelos, e às ações epistáticas do tipo aditiva, enquanto a CEC refere-se aos desvios do desempenho de um híbrido em relação ao esperado com base na CGC, estando associada aos efeitos dos desvios de dominância e epistasia, envolvendo dominância (CRUZ; REGAZZI, 2001; RAMALHO et al., 2012). Sendo assim, a seleção de genótipos de batata com base em estimativas de capacidade de combinação é útil para identificar os genitores e famílias mais valiosos para reprodução e desenvolvimento de cultivares (HIRUT et al., 2017) e importantes para a formulação da estratégia de melhoramento (VIKAS et al., 2015).

Com isso, o objetivo deste estudo foi estimar a capacidade de combinação de genótipos desenvolvidos no programa de melhoramento genético da Embrapa e genótipos de programas europeus, para caracteres de aparência e de rendimento de tubérculos de batata.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido no campo experimental da Sede da Embrapa Clima Temperado, em Pelotas-RS (31°42' S, 52°24' O, 60 m a.n.m.). Foram avaliadas oito progênies de batata, que se originaram de cruzamentos controlados entre dois conjuntos de três genitores. Os dois grupos de genitores, três cultivares desenvolvidos pelo programa de melhoramento genético da Embrapa (BRS) e três cultivares de programas europeus (estrangeiros) (Tabela 1), em modelo de dialelo parcial 3x3, semelhante ao modelo do "experimento 2" de Comstock e Robinson (1948). A combinação entre os genitores originou nove progênies, no entanto, uma delas não produziu número de indivíduos (minitubérculos) suficientes e foi desconsiderada (Tabela 2).

Tabela 1. Genealogia e país de origem dos genitores do programa de melhoramento da Embrapa (grupo I) e genitores da Europa (grupo II). Pelotas, 2022.

Grupo	Genitor	Genealogia	Origem
I	BRS Ana	C1750-15-95 X Asterix	Brasil
	BRS F183 (Potira)	BRS Ana X C2372-02-02	Brasil
	BRSIPR Bel	Rioja X C1740-11-95	Brasil
II	Challenger	Aziza X Victoria	Holanda
	Ivory Russet	RZ 93-7105 X Innovator	Holanda
	Dinky	G84TT411.1 X G89D2006.3	França

Tabela 2. Progêniees geradas a partir de dois grupos de genitores, cruzados em modelo de dialelo parcial. Pelotas, 2022.

Progênie	Cruzamento
1	BRS Ana X Challenger
2	BRS F183 (Potira) X Challenger
3	BRSIPR Bel X Challenger
4	BRS F183 (Potira) X Ivory Russet
5	BRS Ana X Ivory Russet
6	BRSIPR Bel X Ivory Russet
7	BRS F183 (Potira) X Dinky
8	BRS Ana X Dinky

Na safra de primavera de 2018 foi produzida a geração de plântula, em casa de vegetação. Para isso, sementes botânicas, oriundas dos cruzamentos, foram germinadas em sementeiras, e posteriormente, 200 plântulas de cada progênie foram transplantadas para vasos de plástico contendo 0,25kg de substrato comercial, para produção de minitubérculos. Ao final do ciclo das plântulas, o minitubérculo maior de cada indivíduo da progênie foi colhido, que juntados compuseram uma única amostra de genótipos da progênie. Após o período de cura, os minitubérculos foram armazenados em câmara refrigerada a $3,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ até o plantio de primavera de 2019.

O experimento em primeira geração clonal dos genótipos de cada progênie, foi realizado na safra de primavera de 2019, utilizando-se 80 minitubérculos (genótipos) de cada progênie, selecionados aleatoriamente. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com quatro repetições. A parcela foi composta por uma amostra aleatória de 20 genótipos de cada progênie. As

plantas foram espaçadas em 0,40m na linha e 0,75m entre linhas. A área experimental foi adubada na linha de plantio, com 3.000 kg ha⁻¹ do formulado de NPK (05-20-10). Após 30 dias do plantio realizou-se adubação nitrogenada de cobertura com aplicação de 100kg ha⁻¹ de ureia, e realizada a amontoa. Os demais tratos culturais e fitossanitários seguiram as recomendações para a cultura na região (PEREIRA, 2010). Após a senescência, as plantas foram colhidas separadamente e os tubérculos foram mantidos à temperatura ambiente durante 10 dias, para cura dos tubérculos.

Em seguida, os tubérculos de cada genótipo foram avaliados quanto a caracteres de rendimento: massa total de tubérculos (g. planta⁻¹), número de tubérculos por planta e massa média de tubérculo (g); e caracteres de aparência de tubérculos: textura da película (1- áspera, 9- lisa); profundidade de gemas (1- profunda, 9- superficial); saliência de sobrelha (1- saliente, 9- superficial); formato de tubérculo (1- arredondado, 9- alongado); uniformidade de formato de tubérculo (1- desuniforme, 9- uniforme); tamanho de tubérculo (1- pequeno, 9- grande); uniformidade de tamanho de tubérculo (1- desuniforme, 9- uniforme); aparência geral de tubérculos (1- péssima, 9- ótima); crescimento secundário (1- crescimento acentuado, 9- ausência de crescimento) e cor de película (1- branca, 9- vermelho intenso).

Os dados obtidos foram transformados por $\sqrt{x} + 0,5$ para obter a normalidade dos dados, e submetidos à análise de variância com informação dentro de parcela, e posterior análise dialélica parcial, para obter a capacidade geral de combinação (CGC) e a capacidade específica de combinação (CEC), utilizando o programa computacional Genes (CRUZ, 2013), através do modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + g'_j + s_{ij} + e_{ij}$$

em que: Y_{ij} : Valor médio da combinação híbrida entre o i-ésimo progenitor do grupo 1 e o j-ésimo progenitor do grupo 2; μ : média geral; g_i : efeito da capacidade geral de combinação do i-ésimo progenitor do grupo 1; g'_j : efeito da capacidade geral de combinação de j-ésimo progenitor do grupo 2; s_{ij} : efeito da capacidade específica de combinação entre progenitores de ordem i e j, dos grupos 1 e 2, respectivamente; e_{ij} : erro experimental médio.

Estimou-se também o coeficiente de determinação (R^2) para todos os caracteres, através da contribuição em termos percentuais das somas dos

quadrados médios, devido às CGC-I, CGC-II e CEC em relação à variação observada entre progênies.

4.3 Resultados

Na tabela 3 estão apresentados os quadrados médios da análise dialética parcial da primeira geração de campo das progênies, assim como seus coeficientes de determinação (R^2) para a capacidade geral de combinação das cultivares desenvolvidas pelo programa de melhoramento da Embrapa (BRS) (CGC-I), das cultivares da Europa (estrangeiras) (CGC-II), e da capacidade específica de combinação (CEC) para todos os caracteres estudados.

A análise de variância revelou diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as progênies para os caracteres massa total de tubérculos, número de tubérculos, textura da película, tamanho de tubérculo, uniformidade de tamanho e aparência geral de tubérculos. A CGC do grupo I (BRS) apresentou significância apenas para massa total de tubérculos, massa média de tubérculos e profundidade das gemas e, a CGC do grupo II (estrangeiras) apenas o caráter profundidade de gemas. Entretanto, para o efeito de CEC, não foi constatada diferença significativa quanto aos 11 caracteres avaliados.

Segundo a tabela 3, observa-se a contribuição em termos percentuais das causas de variação devido à CGC do grupo I (BRS), CGC do grupo II (estrangeiras) e CEC em relação à soma de quadrados de cruzamentos através das estimativas dos coeficientes de determinação R^2 . Baseado nas contribuições relativas, verificou-se que os efeitos da CGC (I+II) foram superiores aos efeitos da CEC em todos os caracteres de rendimento e aparência de tubérculos avaliados, exceto à textura da película, que apresentou superioridade de efeitos da CEC.

Para os caracteres massa total, massa média, formato, tamanho e cor de película de tubérculo, os genitores da CGC I (BRS) apresentaram maior importância. Esse grupo é composto pelos genitores nacionais. Em contrapartida, os caracteres número de tubérculo, saliência de sobrelha, uniformidade de formato, uniformidade de tamanho e crescimento secundário apresentaram maior contribuição relativa da CGC II, ou seja, os genitores estrangeiros apresentaram uma maior contribuição para esses caracteres.

De acordo com a tabela 4, que apresenta a CGC de cada genitor, observa-se que para o caráter massa total de tubérculos, houve diferença significativa apenas para os genótipos do grupo I, em que 'BRS F183' (Potira) apresentou o maior valor positivo, contribuindo para uma maior massa de tubérculos, ao contrário 'BRSIPR Bel' contribuiu para uma menor massa de tubérculos.

Em relação ao caráter massa média de tubérculos, novamente apenas as estimativas do grupo I apresentaram significância. 'BRS F183' (Potira) novamente apresentou maior contribuição para a geração de progênies com maior massa média, enquanto 'BRSIPR Bel' contribuiu para estimativas de menor massa média.

Para o caráter profundidade de gemas, tanto o grupo I como o grupo II apresentaram significância. No grupo I, dentre os genitores da Embrapa, 'BRS F183' (Potira) contribuiu para menor profundidade de gemas, e em contrapartida 'BRSIPR Bel' contribuiu para uma maior profundidade de gemas. No grupo II, 'Ivory Russet' apresentou o maior valor positivo, contribuindo para geração de progênies com menor profundidade de gemas, ao contrário da 'Dinky', que apresentou estimativa oposta.

Tabela 3. Resumo da análise de variância, com decomposição de efeitos dialélicos, para caracteres de aparência e rendimento de tubérculos de batata, avaliados na safra de primavera de 2019. Pelotas, 2022.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio												
		MTT ¹	NT	MMT	TEXT	PROF	SOBR	FOR	UNI	TAM	UNI TAM	APAR	CS	COR
População	8	1102410,81*	390,93*	7967,59*	95,64*	129,95	110,46	84,81	111,03	61,46*	55,18*	61,72*	134,56	59,90
CGC I	2	1555996,53*	415,36	16936,44*	66,78	130,42*	102,98	159,28	104,10	85,97	52,55	79,98	116,46	142,79
CGC II	2	1275552,50	457,19	7699,51	69,26	138,07*	124,01	37,69	128,66	53,81	65,81	80,63	178,23	18,30
CEC	4	789047,11	345,58	3617,2	123,27	125,66	107,42	71,13	105,67	53,03	51,17	43,13	121,77	39,25
Resíduo	562	424610,98	24,70	3209,10	2,85	0,51	0,98	1,01	1,07	1,56	1,21	3,33	1,82	0,97
R ² cgc I (%) ²		35,28	26,56	53,14	17,45	25,08	23,30	46,95	23,44	34,97	23,80	32,39	21,63	59,59
R ² cgc II (%)		28,92	29,24	24,16	18,10	26,56	28,06	11,11	28,97	21,88	29,82	32,66	33,11	7,63
R ² cgc I + II (%)		64,20	55,80	77,30	35,55	51,64	51,36	58,06	52,41	56,85	53,62	65,05	54,74	67,22
R ² cec (%)		35,78	44,20	22,70	64,44	48,34	48,62	41,94	47,59	43,14	46,37	34,94	45,24	32,77
Média Geral		509,18	10,89	46,54	5,70	6,79	6,25	5,29	6,27	4,61	4,38	4,54	6,86	4,28

¹MT: Massa total de tubérculos; NT: Número de tubérculos por planta; MMT: Massa média de tubérculos; TEXT: Textura de película; PROF: Profundidade de gemas; SOBR: Saliência de sobancelha; FOR: Formato de tubérculo; UNI: Uniformidade de formato de tubérculo; TAM: Tamanho de tubérculos; UNI TAM: Uniformidade de tamanho de tubérculo; APAR: Aparência geral de tubérculos; CS: crescimento secundário; COR: Cor de película; ²R: Coeficiente de determinação. *Significativo a 5% de probabilidade do erro.

Tabela 4. Capacidade geral de combinação de genitores de batata para caracteres de rendimento e aparência de tubérculos na primeira geração clonal. Pelotas, 2022.

Genitor	Caráter		
	Massa total	Massa média	Profundidade de gemas
Grupo 1			
BRS Ana	86,64*	4,79*	0,84*
BRS F183 (Potira)	99,17*	13,88*	0,86*
BRSIPR Bel	-185,81	-18,68	-1,70
Grupo 2			
Challenger	165,85	11,05	0,86*
Ivory Russet	-57,89	0,53	0,89*
Dinky	-107,97	-11,59	-1,75

4.4 Discussão

Iniciar uma população em um programa de melhoramento é a primeira etapa, ao passo que a identificação de potenciais genitores e suas combinações são primordiais para o seu sucesso em gerar genótipos promissores. Uma das metodologias empregadas para auxiliar na escolha dos genitores a serem utilizados são os cruzamentos dialélicos, em que os modelos utilizados permitem a estimativa de parâmetros úteis para determinar o mérito relativo à combinação dos genitores em um cruzamento e da ação gênica envolvida na determinação do caráter (CRUZ et al., 2012).

Os efeitos das capacidades de combinação geral (CGC) e específica (CEC) são importantes no controle de caracteres e efeitos aditivos e não aditivos (DARABAD et al., 2020). O resultado das combinações analisadas nesse estudo, demonstraram efeitos de aditividade associados aos caracteres de rendimento e aparência de tubérculos. Portanto, a frequência de genes com efeitos aditivos foi elevada para as cultivares progenitoras, indicando que podem ser utilizadas a partir de sua seleção para uma característica desejada (AHMAD et al., 2009).

Em outros estudos, autores também relataram predomínio de efeitos da CGC em suas progênes, como Darabad et al. (2020), que verificaram efeitos aditivos nos caracteres de aparência (profundidade de sobranças, cor de película e formato de tubérculo). Guedes et al. (2016) relataram efeitos aditivos para profundidade de gemas e formato de tubérculo, enquanto Terres et al. (2017) constataram efeitos superiores da CGC nos caracteres de uniformidade

de formato, curvatura, aparência geral e uniformidade de tamanho, concordando com Silva et al. (2013), que também relataram superioridade dos efeitos da CGC para os caracteres relacionados à aparência de tubérculos.

Quanto a caracteres envolvidos no rendimento de tubérculo, Darabad et al. (2020) também obtiveram efeito superior da CGC em relação à CEC para massa de tubérculos e número de tubérculos. No mesmo sentido, Terres et al. (2017) relataram predomínio dos efeitos aditivos nos caracteres número de tubérculos, massa total de tubérculos e massa média de tubérculos. Silva et al. (2013) e Barbosa e Pinto (1998) também constataram efeitos superiores da CGC para os caracteres de rendimento de tubérculo. Ainda, Ortiz e Golmirzaie (2004) observaram efeito significativo da CGC para a produção de tubérculos em diferentes locais e anos de avaliação.

Bradshaw e Mackay (1994) afirmam que, de modo geral, os valores de CGC e CEC influenciam em proporções variadas todos os caracteres de importância agrônômica em batata. Em contrapartida, Neele et al. (1991) afirmam que a CEC pode ser mais importante quando se utiliza pais relacionados geneticamente. O certo é, que a predominância de efeitos relacionados à CGC ou à CEC, em caracteres de batata, depende da população e dos caracteres em estudo, além do delineamento experimental e das condições ambientais (KILLICK, 1977; MARIS, 1989).

Para os caracteres com maior contribuição da CGC, verifica-se haver uma importância relativa maior do grupo de genitores BRS na massa total, massa média, formato, tamanho e cor de película dos tubérculos, comparado ao grupo das cultivares estrangeiras, indicando sua maior importância na performance dos híbridos obtidos de cruzamentos entre as cultivares BRS, para esses caracteres. Assim, genitores que compõem o grupo de cultivares BRS seriam indicados para cruzamentos que visem produzir progênies com um maior rendimento. É sabido também que a utilização de parentais com ampla adaptação ao ambiente pode ser vantajosa, sendo a melhor estratégia a seleção dentro das progênies mais adaptadas à cada meio ambiente (MENEZES et al., 2001).

Dentre os genitores do grupo de cultivares da Embrapa, BRS F183 (Potira) se destacou, apresentando a maior contribuição para a massa total de tubérculos, massa média de tubérculos e menor profundidade de gemas, além de ter sido o melhor combinador para os principais caracteres de rendimento nas

progênie avaliadas. Esse genótipo possui comprovado potencial de rendimento produtivo e qualidade industrial (LENZ et al., 2020), possuindo em sua genealogia (BRS Ana X C2372-02-02) a cultivar BRS Ana, a qual foi recomendada como um dos melhores genitores para produtividade, com base em avaliação de cruzamentos de cultivares com clones do programa de melhoramento da Universidade Federal de Lavras (GUEDES et al., 2014), consolidando à cultivar BRS F183 (Potira) um papel importante no potencial de agregar características de interesse em sua utilização como genitor.

4.5 Conclusão

Efeitos gênicos aditivos predominam no controle dos caracteres de rendimento e de aparência de tubérculos.

A cultivar BRS F183 (Potira) tem elevado potencial como genitor para incremento de caracteres de rendimento de tubérculos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visto a importância relatada dos efeitos que o calor provoca nas plantas de batata e da busca por cultivares adaptadas às condições climáticas do Brasil, os estudos realizados fornecem novas informações acerca do material genético de batata disponível. Na tese estão apresentados três estudos que se propuseram a avaliar as respostas dos genótipos quanto aos caracteres fisiológicos e morfológicos, posterior desempenho pós-colheita dos tubérculos, bem como avaliar a capacidade combinatória de clones para escolha de genitores.

No âmbito do primeiro estudo, foi avaliado o desempenho de diferentes genótipos de batata em duas condições de temperaturas, controle e estresse, onde todos os genótipos apresentaram diferenças na resposta aos caracteres estudados, dentre as duas condições de cultivo. Os caracteres de rendimento apresentaram reduções na condição de estresse, no entanto os genótipos que apresentaram uma maior recuperação dos parâmetros de eficiência da clorofila e trocas gasosas tiveram uma menor redução da massa média de tubérculo. Além disso, os genótipos MB 51-02, Spunta, BRS F63 (Camila), C2550-04-06 e Monalisa apresentaram uma maior estabilidade de rendimento entre as duas condições de cultivo, enquanto MB 51-02 e C2550-04-06 mantiveram altos teores de massa seca nos tubérculos na condição de estresse por temperatura.

Destaca-se aqui, também, os resultados obtidos no segundo estudo, relacionado aos efeitos que as temperaturas de cultivo desempenham na pós-colheita de tubérculos, as quais não apresentaram resultados conclusivos. Mesmo assim, pode-se destacar os genótipos C2514-05-06, F21-09-07, BRS Ana e Pukara, que apresentaram bom desempenho e estabilidade para os caracteres avaliados.

O terceiro estudo, sobre as capacidades de combinação de seis genitores de batata na geração inicial de seleção mostrou que há predominância de efeitos aditivos dos genes no controle dos caracteres de aparência e de rendimento de tubérculos. E, a cultivar BRS F183 (Potira) apresenta um elevado potencial como genitor na melhoria de caracteres de rendimento.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, S.; QUAMRUZZAMAN, A. K. M.; UDDIN, M. N. Combining ability estimates of tomato (*Solanum lycopersicum*) in late summer. **SAARC Journal of Agriculture**, v. 7, p. 43–56, 2009.
- AHN, Y. J.; CLAUSSEN, K.; ZIMMERMAN, J. L. Genotypic differences in the heat-shock response and thermotolerance in four potato cultivars. **Plant Science**, v. 166, p. 901-911, 2004.
- ANITHAKUMARI, A. M.; NATARAJA, K. N.; VISSER, R. G. F.; LINDEN, C. G. Genetic dissection of drought tolerance and recovery potential by quantitative trait locus mapping of a diploid potato population. **Molecular Breeding**, v. 30, p. 1413-1429, 2012.
- ARVIN, M. J.; DONNELLY, D. J. Screening potato cultivars and wild species to abiotic stresses using an electrolyte leakage bioassay. **Journal Agriculture, Science and Technology**, v. 10, p. 33-42, 2008.
- BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: A probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 1, p. 89-113, 2008.
- BARBOSA, M. H. P.; PINTO, C. A. B. Análise dialélica parcial entre cultivares de batata nacional e introduzidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p. 307-320, 1998.
- BERRY, J.; BJORKMAN, O. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, CA, v. 31, n. 1, p. 491-543, 1980.
- BERVALD, C. M. P.; BACARIN, M. A.; DEUNER, S.; TREVIZOL, F. C. Variação do teor de carboidratos em genótipos de batata armazenados em diferentes temperaturas. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 477-483, 2010.
- BHASKAR, P. B.; WU, L.; BUSSE, J. S.; WHITTY, B. R.; HAMERNIK, A. J.; JANSKY, S. H. Suppression of the vacuolar invertase gene prevents cold induced sweetening in potato. **Plant Physiology**, v. 154, p. 939-948, 2010.
- BHERING, L. L. Caracterização morfofisiológica de clones precoces e tardios de batata visando à adaptação a condições tropicais. **Bragantia**, v. 68, p. 295-302, 2009.

BISOGNIN, D.A.; DOUCHES, D.S. Early generation selection for potato tuber quality in progenies of late blight resistant parents. **Euphytica**, v. 127, p. 1-9, 2002.

BITA, C. E.; GERATS, T. Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops. **Frontiers Plant Science**, v. 4, p. 273, 2013.

BIRCH, P. R. J.; BRYAN, G.; FENTON, B.; GILROAY, E. M.; HEIN, I.; JONES, J. T. Crops that feed the world 8: Potato: Are the trends of increased global production sustainable? **Food Security**, v. 4, p. 477-508, 2012.

BODLAENDER, K. B. A. Influence of temperature radiation and photoperiod on development and yield. In: IVINS, J. D.; MILTHORPE, F. L. (eds.). **The tuber growth of potato**. London: Butterworths, 1963. p. 199-210.

BRADSHAW, J. E.; MACKAY, G. R. Breeding strategies for clonally propagated potatoes. In: BRADSHAW, J. E.; MACKAY, G. R. (eds.). **Potato Genetics**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 467-497.

BROWN, H. A. The role of reducing sugars and amino acids in browning of potato chips. **Food Technology**, v. 1957, p. 85-89, 1957.

BROWN, J.; DALE, J. Identifying superior parents in a potato breeding program using cross prediction techniques. **Euphytica**, v. 104, p. 143-149, 1998.

BUSSAN, A. J.; SABBA, R.; DRILIAS, M. J. Tuber maturation and potato storability: optimizing skin set, sugars, and solids. **Potato Growth & Development**. 2009. Disponível em: <<https://cdn.shopify.com/s/files/1/0145/8808/4272/files/A3884-02.pdf>>. Acesso em 7 de maio de 2022.

BUSSE, J. S.; BRADFORD, A. W.; BETHKE, P. C. Transient heat stress during tuber development alters post-harvest carbohydrate composition and decreases processing quality of chipping potatoes. *Journal of the science of food and agriculture*. **Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 5, p. 2579-2588, 2019.

CAMEJO, D.; JIMÉNEZ, A.; ALARCÓN, J. J.; TORRES, W.; GÓMEZ, J. M.; SEVILLA, F. Mudanças nos parâmetros fotossintéticos e atividades antioxidantes após o tratamento de choque térmico em plantas de tomate. **Functional Plant Biology**, v. 33, p. 177-187, 2006.

CEPEA- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Especial batata: gestão sustentável. **Hortifruti Brasil**, v. 18, n. 194, p. 1-46, 2019.

CEPEA- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Anuário 2019-2020 – Retrospectiva 2019 e Perpespectiva 2020. **Hortifruti Brasil**, (CEPEA) – ESALQ/ USP; Ano 18, n. 196, 2020.

COLEMAN, W. K. Carbon dioxide, oxygen and ethylene effects on potato tuber dormancy release and sprout growth. **Annals of Botany**, v. 82, p. 21-27, 1998.

COMSTOCK, R. E.; ROBINSON, H. F. The components of genetic variance in populations. **Biometrics**, v. 4, p. 254-266, 1948.

CRUZ, C. D. Genes - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2001. 390 p.

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

DAHAL, K.; LI, X. Q.; TAI, H.; CREELMAN, A.; BIZIMUNGU, B. (2019). 'Improving potato stress tolerance and tuber yield under a climate change scenario – a current overview'. **Frontiers Plant Science**, v. 10, p. 1–16, 2019.

DARABAD, G. R.; HASSANDOKHT, M. R.; HASSANPANAH, D.; MOUSAVI, A. Diallel cross in potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) and evaluation of their progenies under deficit water stress. **Acta Agrobotanica**, v. 73, 2020.

DATIR, S. S; YOUSF, S.; SHARMA, S.; KOCHLE, M.; RAVIKUMAR, A.; CHUGH, J. Cold storage reveals distinct metabolic perturbations in processing and non-processing cultivars of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Scientific Reports**, v. 10, p. 6268, 2010.

DELAPLACE, P., BROSTAU, Y., FAUCONNIER, M.L., DU JARDIN, P. Potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber physiological age index is a valid reference frame

in postharvest ageing studies. **Postharvest Biology and Technology**, v. 50. p. 103-106, 2008.

DEMİREL, U.; ÇALIŞKAN, S.; YAVUZ1, C.; TINDA, I.; POLGAR, Z.; VASZILY, Z.; CERNÁK, I.; ÇALIŞKAN, M. E. Assessment of morph physiological traits for selection of heat-tolerant potato genotypes. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 41, 2017.

DE PAULA, B. M. M.; COSTA, E. P.; PENTEADO, R. B.; ALMEIDA, L. F. M. Proposal for reducing raw material waste in a frozen pre-fried potato industry. **Brazilian Journals of Business**, v. 3, p. 579-591, 2021.

DWELLE, R. B.; KLEINKOPF, G. E.; PAVEK, J. J. Stomatal conductance and gross photosynthesis of potato (*Solanum tuberosum* L.) as influenced by irradiance, temperature, and growth stage. **Potato Research**, v. 24, p. 49-59, 1981.

EWING, E. E. Heat stress and tuberization stimulus. **American Potato Journal**, v. 58, p. 31-49, 1981.

FAHAD, S.; BAJWA, A. A.; NAZIR, U.; ANJUM, S. A.; FAROOQ, A.; ZOHAIB, A.; SADIA, S.; NASIM, W.; ADKINS, S.; SAUD, S.; IHSAN, M.Z.; ALHARBY, H.; WU, C.; WANG, D.; HUANG, J. Crop Production under Drought and Heat Stress: Plant Responses and Management Options. **Frontiers Plant Science**, v. 8, p. 1147, 2017.

FAO. Background. **International year of the potato**, 2008. Disponível em: <http://www.fao.org/potato-2008/en/aboutiyp/background.html>. Acesso em: 11 de maio de 2022.

FAO. **FAOSTAT: Statistical database**, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/statistics/databases/en/>. Acesso em: 03 de junho de 2022.

FIOLET, T.; SROUR, B.; SELLEM, L.; KESSE-GUYOT, E.; ALLÈS, B.; MÉJEAN, C.; HERCBERG, S. Consumption of ultra-processed foods and cancer risk: results from NutriNetSanté prospective cohort. **The bmj**, v. 360, p. 322-333, 2018.

GEORGE, T. S.; TAYLOR, M. A.; DODD, I. C.; WHITE, P. J. Climate Change and Consequences for potato production: a review of tolerance to emerging abiotic stress. **Potato Research**, v. 60, p. 239-268, 2018.

GUEDES, M. L.; PINTO, C. A. B. P.; RIBEIRO, G. H. M. R.; LYRA, D. H.; CARNEIRO, O. L. G. Combining abilities for agronomic traits and marker-assisted selection for *Potato virus X* and *Potato virus Y* resistance. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, p. 1-10, 2016.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, v. 9, p. 463-493, 1956.

GODOY, R. C. B. A oferta de batata no Brasil; **Batata Show**, Itapetininga, v. 1, n. 3, p. 30, set. 2001. Disponível em: <http://www.abbabatatabrasileira.com.br>>. Acesso em 20 de janeiro, 2022.

GOPAL, J.; MINOCHA, J.L. Effectiveness of in vitro selection for agronomic characters in potato. **Euphytica**, v. 103, p. 67-74, 1998.

GUY, C. L. Cold acclimation and freezing stress tolerance: Role of protein metabolism. **Annual Review of Plant Physiology Plant Molecular Biology**, v. 41, n. 1, p. 187-223, 1990.

HABIB, A; BROWN, H. Role of reducing sugars and amino acids in the browning of potato chips. **Food Technology**, v. 11, p. 84–9, 1957.

HANCOCK, R. D.; MORRIS, W. L.; DUCREUX, L. J. M.; MORRIS, J. A.; USMAN, M.; VERRALL, S. R.; FULLER, J.; SIMPSON, C. G.; ZHANG, R.; HEDLEY, P. E.; TAYLOR, M. A. Physiological, biochemical and molecular responses of the potato (*Solanum tuberosum* L.) plant to moderately elevated temperature. **Plant, Cell and Environment**, v. 37, p. 439-450, 2014.

HASTILESTARI, B. R.; LORENZ, J.; REID, S.; HOFMANN, J.; PSCHIEDT, D.; SONNEWALD, S. Deciphering source and sink responses of potato plants (*Solanum tuberosum* L.) to elevated temperatures. **Plant Cell Environment**, v. 41, p. 2600-2616, 2018.

HIRUT, B.; SHIMELIS, H.; FENTAHUN, M.; BONIERBALE, M.; GASTELO, M.; ASFAW, A. Combining ability of high land tropic adapted potato for tuber yield and yield components under drought. **Plos One**, v. 12, p. 1-22, 2017.

HOPE, T. L. R. Factors influencing the color of potato chips. **Canadian Journal Plant Science**. v. 40, p. 58-64, 1960.

HÜVE, K.; BICHELE, I.; RASULOV, B.; NIINEMETS, Ü. When it is too hot for photosynthesis: heat-induced instability of photosynthesis in relation to respiratory burst, cell permeability changes and H₂O₂ formation. **Plant, Cell and Environment**, v. 34, n. 1, p. 113-126, 2011.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. **SIDRA**, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa>. Acesso em: 7 de janeiro de 2020.

IPCC, 2019: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/srccl/>>. Acesso em 20 de fevereiro de 2022.

JOHNSON, G.; KING, J. Analysis of half diallel mating designs. **Silvae Genetica**, v. 47, p. 74-79, 1998.

KHEDHER, B. M.; EWING, E. E. Growth analyses of eleven potato cultivars grown in the greenhouse under long photoperiods with and without heat stress. **American Potato Journal**. v. 62, p. 537-554, 1985.

KIKUCHI, A.; HUYNH, H. D.; ENDO, T.; WATANABE, K. Review of recent transgenic studies on abiotic stress tolerance and future molecular breeding in potato. **Breeding Science**, v. 65, p. 85–102, 2015.

KILLICK, R. J. Genetic analysis of several traits in potatoes by means of a diallel cross. **Annals of Applied Biology**, v. 86, p. 279-289, 1977.

KNEIB, R. B.; FERRI, N. M. L.; AZEVEDO, F. Q.; PEREIRA, A. S.; KROLOW, A. C.; CASTRO, C. M. **Caracterização de cultivares e clones de batata quanto ao formato de tubérculo, teor de matéria seca e glicose**. Comunicado Técnico [da] Embrapa. Pelotas, v. 352, dez. 2017.

KNEIB, R. B. **Variabilidade genética, respostas fisiológicas e morfoagronômicas para tolerância ao calor em batata**. 2019. 119p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Pelotas.

KUMAR, D.; SINGH, B. P.; KUMAR, P. An overview of the factors affecting sugar content of potatoes. **Annals of Applied Biology**, v. 145, n. 3, p. 247-256, 2004.

LAFTA, A. M.; LORENZEN, J. H. Effect of high temperature on plant growth and carbohydrate metabolism in potato. **Plant Physiology**, v. 109, p. 637-643, 1995.

LAMAOUI, M.; JEMO, M.; DATLA, R.; BEKKAOUI, F. Heat and drought stresses in crops and approaches for their mitigation. **Frontiers in Chemistry**, v.6, a. 26, 2018.

LEAKEY, A. D. B.; PRESS, M. C.; SCHOLLES, J. D.; WATLING, J. R. Relative enhancement of photosynthesis and growth at elevated CO₂ is greater under sunflecks than uniform irradiance in a tropical rain forest tree seedling. **Plant Cell and Environment**, v. 25, n. 12, p. 1701-1714, 2002.

LESK, C.; ROWHANI, P.; RAMANKUTTY, N. (2016). Influence of extreme weather disasters on global crop production. **Nature**, v. 529, p. 84-87, 2016.

LEVY, D.; VEILLEUX, R. 2007. Adaptation of potato to high temperatures and salinity: a review. **American Journal Potato Research**, v. 84, p. 487-506, 2007.

LEVY, D. The response of potatoes to a single transient heat or drought stress imposed at different stages of tuber growth. **Potato Research**, v. 28, p. 415-24, 1985.

LEVY, D. Genotypic variation in the response of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) to high ambient temperatures and water deficit. **Field Crops Research**, v. 15, p. 85-96, 1986.

LI, X. Q. Molecular characterization and biotechnological improvement of the processing quality of potatoes. **Canadian Journal Plant Science**. v. 88, p. 639-648, 2008.

LOPES, C. A.; SILVA, G. O.; CRUZ, E. M.; ASSAD, E.; PEREIRA, A. S. Uma análise do efeito do aquecimento global na produção de batata no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 7-15, 2011.

MARINUS, J.; BODLAENDER, K. B. A. Response of some potato varieties to temperature. **Potato Research**, v. 18, p. 189-204, 1975.

MARIS, B. Correlations within and between characters between and within generations as a measure for the early generation selection in potato breeding. **Euphytica**, v. 37, p. 205-209, 1988.

MENEZES, C.B.; PINTO, C.A.B.P.; LAMBERT, E.S. Combining ability of potato genotypes for cool and warm seasons in Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 1, n. 2, p. 145-157, 2001.

MINHAS, J. S. Potato: production strategies under abiotic stress. In: TUTEJA, N.; GILL, S. S.; TIBURCIO, A. F.; TUTEJA, R. **Improving Crop Resistance to Abiotic Stress**. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2012. p. 1155–1167.

MITTLER, R.; FINKA, A.; GOLOUBINOFF, P. 'How do plants feel the heat?'. **Trends Biochemistry Science**, v. 37, p. 118-125, 2012.

MOORBY, J.; MILTHORPE, F. L. Potato. In: EVANS, L. T. (ed.). **Crop Physiology: some case histories**. London: Cambridge University Press, p. 550- 587, 1975.

MUTHONI, J.; KABIRA, J.; SHIMELIS, H.; MELIS, R. Regulation of potato tuber dormancy: A review. **Australian Journal of Crop Science**, v. eight, p. 754-759, 2014.

NAGARAJAN, S.; JAGADISH, S.; PRASAD, A.; THOMAR, A.; ANAND, A.; PAL, M. Local climate affects growth, yield and grain quality of aromatic and non-aromatic rice in northwestern India. **Agriculture Ecosystems Environment**, v. 138, p. 274-281, 2010.

NEELE, A. E. F.; NAB, H. J.; LOUWES, K. M. Identification of superior parents in a potato breeding programme. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 82, p. 185-197, 1991.

O'BRIEN, P., ALLEN, E., FIRMAN, D. Review: A review of some studies into tuber initiation in potato (*Solanum tuberosum* L.) crops. **The Journal of Agricultural Science**, v. 130, p. 251-270, 1998.

ORTIZ, R.; GOLMIRZAIE, A. M. Combining ability analysis and correlation between breeding values in true potato seed. **Plant Breeding**, v. 123, p. 564-567, 2004.

PAUL, V.; EZEKIEL, R.; PANDEY, R. Sprout suppression on potato: need to look beyond CIPC for more effective and safer alternatives. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 1, p. 1–18, 2016.

PEREIRA, A. S.; COSTA, D. M.; VENDRUSCOLO, J. L.; DANIELS, F. J.; FORTES, G. R.; BERTOCINI, O.; HIRANO, E.; CHOER, E.; AUGUSTIN, E. BRS Pérola: cultivar de batata adaptada à sistema de produção de pequenos produtores, para processamento de “batata palha”. **Agropecuária Clima Temperado**. Pelotas, v. 3, p. 287-290. 2000.

PEREIRA, A. S.; BERTONCINI, O.; CASTRO, C. M.; MELO, P. E.; MEDEIROS, C. A. B.; HIRANO, E.; GOMES, C. B.; TREPTOW, R. O.; LOPES, C. A.; NAZARENO, N. X. R.; MACHADO, C. M. M.; BUSO, J. A.; OLIVEIRA, R. P.; UENO, B. BRS Ana: cultivar de batata de duplo propósito. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 500-505, 2010.

PEREIRA, A.S. (Org.). **Produção de batata no Rio Grande do Sul**. Sistema de Produção, 19. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 95 p.

PEREIRA, A. S.; NAZARENO, N. R.; SILVA, G. O.; et al. BRSIPR Bel: Cultivar de batata para chips com tubérculos de boa aparência. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 135–139, 2015.

PEREIRA, A. da S.; SILVA, G. O.; CASTRO, C.M. Melhoramento de batata. In: NICK, C.; BOREM, A. (eds.). **Melhoramento de hortaliças**. Viçosa: Editora UFV, 2016. p. 128-157.

PEREIRA, A.S.; SILVA, G.O. Batata: evolução na oferta de cultivares brasileiras e na produção de tubérculos-semente. **Seed News**, v. 23, n. 2, p. 36-39, 2019.

PONS, T. L.; WELSCHEN, R. A. M. Midday depression of net photosynthesis in the tropical rainforest tree *Eperua grandiflora*: contributions of stomatal and internal conductances, respiration and Rubisco functioning. **Tree Physiology**, v. 23, n. 14, p. 937-947, 2003.

PRASAD, P.V.V.; PISIPATI, S.R.; MUTAVA, R.N.; TUINSTRA, M.R. Sensitivity of grain sorghum to high temperature stress during reproductive development. **Crop Science**, v. 48, p. 1911-1917, 2008.

PRINGLE, B.; BISHOP, C.; CLAYTON, R. **Potatoes Post harvest**. Wallingford: CABI International. Chap. 3, 7, p. 417, 2009.

PURWITO, A.; WATTIMENA, G. A.; MUHAMAD, S.; FERDHI, S. I.; HARTI, N.H.; MAHARIJAYA, A. Evaluation of potato clones for their adaptation to medium altitude conditions in the tropics. **Euphytica**, v. 213, n. 237, 2017.

R development core team. R: A language and environment for statistical computing. ViennaR Foundation for Statistical Computing, 2022. Available in: <https://www.r-project.org/>

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: UFLA, 2012. 522 p.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 561 p.

RESENDE, M. D. V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, p. 330-339, 2016.

REYNOLDS, M. P.; EWING, E. E.; OWENS, T. G. Photosynthesis at High Temperature in Tuber-Bearing *Solanum* Species: A Comparison between Accessions of Contrasting Heat Tolerance. **Plant physiology**, v. 93, n. 2, p. 791-797, 1990.

RIBEIRO, G. H. M. R. **Seleção precoce de famílias e genitores para a aparência de tubérculos e tolerância ao calor em batata**. 2014. 137p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade Federal de Lavras. 2014.

RODRIGUEZ-SAONA, L; WROLSTAD, R. Influence of potato composition on chip color quality. **American Potato Journal**. v. 74, p.87–106, 1997.

DALE, M. F. B.; BRADSHAW, J. E. Progress in improving processing attributes in 86 potato. **Trends in Plant Science**, v. 8, n. 7, p. 310–312, 2003.

RYKACZEWSKA, K. The effect of high temperature occurring in subsequent stages of plant development on potato yield and tuber physiological defects. **American Journal of Potato Research**. v. 92, p. 339-349, 2015.

SCAFARO, A. P.; HAYNES, P. A.; ATWELL, B. J. Physiological and molecular changes in *Oryza meridionalis* Ng., a heat-tolerant species of wild rice. **Journal of Experimental Botany**. v. 61, p.191-202, 2010.

SILVA, G. O.; NEY, V. G.; TERRES, L. R.; PEREIRA, A. S.; SUINAGA, F. A. Capacidade de combinação de genitores de batata para caracteres de aparência e rendimento de tubérculos. **Revista Ceres**, v. 60, p. 489-497, 2013.

SILVA, G. O.; BORTOLETTO, A. C.; PONIJALEKI, R.; MOGOR, A. F.; PEREIRA, A. S. Desempenho de cultivares nacionais de batata para produtividade de tubérculos. **Revista Ceres**, v. 61, p. 752, 2014.

SILVA, G. O.; PEREIRA, A. S.; AZEVEDO, F. Q.; CARVALHO, A. D. F.; PINHEIRO, J. B. Selection of potato clones for tuber yield, vine maturity, and frying quality. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 2, p. 276-281, 2018.

SILVA, T. A.; PEREIRA, A. S. Melhoramento genético de batata para processamento na forma de palitos pré-fritos. **Batata Show**, v. 19, n. 55, p. 36-39, 2019.

SINGH, A.; SIDDAPPA, S.; BHARDWAJ, V.; SINGH, B.; KUMAR, D.; SINGH, B. P. Expression profiling of potato cultivars with contrasting tuberization at elevated temperature using microarray analysis. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 97, p. 108-116, 2015.

SOLANA. Variedade Ludmilla. Disponível em:
<https://www.solana.de/kartoffelsortendetail_en/items/ludmilla.html?pdf=create&d=25> Acesso em 2 de maio de 2022.

SONNEWALD, U. Control of potato tuber sprouting. **Trends Plant Science**, v. 6, p. 333–335, 2001.

SONNEWALD, S.; SONNEWALD, U. Regulation of potato tuber sprouting. **Planta**, v. 239, p. 27–38, 2014.

SONNEWALD, S.; HARSSSELAAR, J. V.; OTT, K.; LORENZ, J.; SONNEWALD, U. How potato plants take the heat? **Procedia Environmental Sciences**, v. 29, p. 97, 2015.

SOUZA, M.A.; PIMENTEL, A. J. B.; RIBEIRO, G. Melhoramento para tolerância ao calor. In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. (eds.) **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Editora UFV, p. 199-226, 2011.

SOWOKINOS, J. R. Biochemical and molecular control of cold-induced sweetening in potatoes. **American Journal of Potato Research**, v. 78, n. 3, p. 221-236, 2001.

STARK, J. C.; OLSEN, N.; KLEINKOPF, G. E.; LOVE, S. L. Tuber quality. In: STARK, J. C.; LOVE, S. L. (eds.). **Potato production systems**. Aberdeen: University of Idaho, 2003. p. 329-343.

STRUIK, P. C. Responses of the potato plant to temperature. In: VREUGDENHIL, D.; BRADSHAW, J.; GEBHARDT, C.; GOVERS, F.; MACKERRON, D. K. L.; TAYLOR, M. A.; ROSS, H. A. (eds.), **Potato biology and biotechnology** - Advances and perspectives. Amsterdam: Elsevier, 2007. p. 366–396.

STRUIK, P. C.; EWING, E. E. Crop physiology of potato (*Solanum tuberosum*): responses to photoperiod and temperature relevant to crop modelling. In: HAVERKORT, A. J.; MACKERRON, D. K. L. (eds.). **Potato ecology and modelling of crops under conditions limiting growth, current issues in production ecology**. v. 3, Netherlands: Springer, 1995. p. 19-40.

SUSNOSCHI, M.; COSTELLOE, B.; LIFSHITZ, Y.; LEE, H. C.; ROSEMAN, Y. Arma: a potato cultivar resistant to heat stress. **American Potato Journal**, v. 64, p. 191-196, 1987.

TAI, G. C. C.; DE JONG, H. Evaluation of potato hybrids obtained from tetraploid-diploid crosses. **Plant Breeding**, v. 107, p.183-189, 1991.

TANG, R.; NIU, S.; ZHANG, G.; CHEN, G.; HAROON, M.; YANG, Q. Physiological and growth responses of potato cultivars to heat stress. **Botany**, v. 96, p. 897-912, 2018.

TERRES, L. R.; LENZ, E. A.; ROCHA, D.; CERIOLI, M.; PEREIRA, A. S. Combining ability of potato parents for tuber appearance and tuber yield component traits. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, p. 99-106, 2017.

TRAPERO-MOZOS, A.; MORRIS, W. L.; DUCREUX, L. J. M.; MCLEAN, K.; STEPHENS, J.; TORRANCE, L. Engineering heat tolerance in potato by temperature dependent expression of a specific allele of HEAT-SHOCK COGNATE 70. **Plant Biotechnology Journal**, v. 16, p. 197–207, 2018.

TRIBUZY, E. S. **Variações da temperatura foliar do dossel e o seu efeito na taxa assimilatória de CO₂ na Amazônia Central**. 2005. 84p. Tese (Doutorado em Ecologia de Agroecossistemas), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

VIKAS, K.; SHANKEGOUD, I.; GOVINDAPPA, M. R. Evaluation and characterization of sunflower germplasm accessions for quantitative characters. **Electronic Journal of Plant Breeding**, v. 6, p. 257-263, 2015.

ZHANG, G.; TANG, R.; NIU, S.; SI, H.; YANG, Q.; RAJORA, O. P.; LI, X. Q. Heat-stress-induced sprouting and differential gene expression in growing potato tubers: Comparative transcriptomics with that induced by postharvest sprouting. **Horticulture Research**, v. 8, p. 226, 2021.

ZHOU, Z.; PLAUBORG, F.; KRISTENSEN, K.; ANDERSEN, M. N. Dry matter production, radiation interception and radiation use efficiency of potato in response to temperature and nitrogen application regimes. **Agricultural and Forest and Meteorology**, v. 232, 595-605, 2017.

ZOMMICK, D. H.; KNOWLES, L. O.; PAVEK, M. J.; KNOWLES, R. N. In-season heat stress compromises postharvest quality and low-temperature sweetening resistance in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Planta**, v. 239, p. 1243-1263, 2014.

ZORZELLA, C. A.; VENDRUSCOLO, J. L. S.; TREPTOW, R. O.; ALMEIDA, T. L. Caracterização física, química e sensorial de genótipos de batata processados na forma de chips. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 1, p. 15-24, 2003.

WAHID, A.; GELANI, S.; ASHRAF, M.; FOOLAD, M.R. Heat tolerance in plants: an overview. **Environmental and Experimental Botany**, v. 61, p. 199–223, 2007.

WANG, Y.; BUSSAN, A. J.; BETHKE, P. C. Stem-end chip defect in chipping potatoes (*Solanum tuberosum*, L.) as influenced by mild environmental stresses. **American Journal of Potato Research**, v. 89, p. 392–399, 2012.

WANG-PRUSKI, G.; SCHOFIELD, A. Potato: improving crop productivity and abiotic stress tolerance. In: TUTEJA, Narendra; GILL, S. S.; TIBURCIO, A. F.; TUTEJA, R. **Improving Crop Resistance to Abiotic Stress**. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2012. p. 1155–1167.

WAYUMBA, B.O.; CHOI, H.S.; SEOK, L.Y. Selection and evaluation of 21 potatoes (*Solanum tuberosum*) breeding clones for cold chip processing. **Foods**, v. 8, n. 3, p. 98, 2019.

WOLF, S.; MARANI, A.; RUDICH, J. Effect of temperature on carbohydrate metabolism in potato plants. **Journal of Experimental Botany**. v. 42, p. 619–625, 1991.

APÊNDICES

Apêndice A. Médias preditas e ranqueamento dos genótipos batata quanto a número de hastes (NH), massa seca de parte aérea (MSP), número total de tubérculos (NTT), massa total de tubérculos (MTT), massa média de tubérculos (MMT), massa de tubérculos maiores de 30mm (MT>30), teor de massa seca (%MS), rendimento quântico fotoquímico efetivo do FSII (YII) aos 59 e 73 dias após o plantio e eficiência quântica máxima do FSII (Fv/Fm) aos 59 e 73 dias após o plantio, nas condições de temperatura controle e estresse. Pelotas, 2022.

Genótipo	ID	Controle		Estresse		Controle		Estresse		Controle		Estresse		Controle		Estresse	
		NH	Ordem	NH	Ordem	MSP	Ordem	MSP	Ordem	NTT	Ordem	NTT	Ordem	MTT	Ordem	MTT	Ordem
BRS Pérola	1	3,53	4	3,51	5	10,65	36	7,53	40	9,73	63	9,53	63	190,12	53	109,96	55
F183-08-01	2	2,34	45	2,32	45	10,82	63	8,75	59	6,77	62	7,03	62	191,95	23	111,81	31
Todo ano	3	2,55	34	2,54	30	13,72	7	12,57	3	14,78	14	15,71	13	224,87	46	144,55	49
Iporá	4	3,10	13	3,08	13	9,11	37	7,18	39	9,69	25	9,58	25	219,59	29	139,76	18
Purén	5	2,56	31	2,54	31	10,56	51	10,15	53	8,21	46	8,18	48	209,05	21	128,53	20
Yagana	6	3,21	8	3,18	10	10,54	16	8,40	15	12,04	11	11,84	12	225,88	40	145,15	36
C2397-03	7	2,57	29	2,53	34	10,31	3	11,88	7	16,03	20	15,04	19	221,76	55	141,28	52
Wa 104	8	2,02	59	2,00	60	25,56	1	13,44	1	33,67	22	32,81	23	220,64	65	140,29	65
BRS Ana	9	2,66	25	2,65	25	10,86	22	9,08	29	11,22	17	10,64	15	224,07	36	143,65	28
Granola	10	2,56	32	2,54	32	10,40	23	8,39	23	10,96	26	11,18	26	219,46	34	138,81	39
C2080-03-06	11	2,02	60	2,00	61	10,49	34	7,01	41	10,02	49	9,53	49	208,23	43	128,22	32
Desiree	12	2,77	21	2,76	20	9,38	60	6,85	58	7,18	53	7,19	53	205,14	19	124,67	13
BRSIPR Bel	13	2,98	17	2,98	16	11,75	19	9,72	20	11,42	54	11,30	54	203,40	51	123,30	51
BRS F63 (Camila)	14	2,02	61	2,00	59	7,64	65	4,37	65	5,58	19	5,34	21	222,25	1	141,03	1
C90.170	15	2,99	16	2,98	17	10,47	31	8,81	32	10,27	8	10,44	9	226,25	24	146,03	21
Innovator	16	2,46	39	2,43	40	7,99	4	4,33	9	15,08	33	14,84	34	216,55	54	136,03	56
Panda	17	3,20	10	3,20	9	10,63	20	10,10	25	11,38	6	11,06	4	227,60	35	147,63	24
Achirana	18	2,56	33	2,54	33	9,05	29	6,86	28	10,60	4	10,69	3	228,91	26	148,67	19
Cota	19	2,66	26	2,65	26	11,57	57	11,29	54	7,55	47	7,98	46	209,03	7	128,76	12
Pampeana	20	2,23	49	2,22	49	9,68	52	13,40	51	8,21	21	8,47	22	221,38	6	140,87	8
BRS Clara	21	2,78	20	2,75	21	13,44	40	10,70	37	95,67	23	9,70	24	220,26	22	139,79	22
Atlantic	22	1,69	65	1,68	65	16,49	56	13,86	56	7,64	55	7,60	55	201,97	27	121,61	25
Pukara	23	3,52	5	3,53	4	9,97	54	6,91	46	7,96	56	8,72	56	201,86	10	121,57	23

Spunta	24	2,08	54	2,05	57	7,00	58	5,16	62	7,41	57	6,79	58	199,86	25	119,72	6
C2553-01-06	25	3,05	15	3,03	14	5,92	27	7,73	21	10,77	51	11,20	50	206,93	50	127,36	48
White lady	26	2,72	22	2,71	22	7,22	25	7,98	16	10,89	29	11,65	27	218,25	32	137,91	43
Macaca	27	2,72	23	2,71	23	6,06	12	4,13	13	12,83	64	12,88	64	184,53	64	105,12	64
F32-02-06	28	2,40	41	2,38	43	8,44	33	10,06	31	10,07	35	10,46	35	214,90	38	135,11	38
F158-08-01	29	3,07	14	3,02	15	17,10	55	10,16	57	7,65	16	7,41	18	224,27	5	142,67	5
Newen	30	2,51	35	2,49	37	4,74	10	6,60	11	13,66	34	13,50	31	215,79	57	136,87	50
Baronesa	31	2,51	36	2,49	38	6,20	6	6,87	5	14,89	37	15,15	36	213,99	61	134,64	57
C1740-11-95	32	3,26	7	3,26	7	8,49	35	11,10	30	9,99	2	10,54	2	238,03	11	158,17	10
C2551-02-06	33	2,07	57	2,06	54	6,79	62	11,89	61	6,79	52	6,84	52	206,10	16	126,42	7
CL 02-05	34	2,08	55	2,06	55	8,19	24	6,97	26	10,94	1	11,03	1	254,12	9	172,90	9
C2514-05-06	35	2,62	27	2,60	27	6,87	15	9,74	14	12,09	24	12,47	20	220,25	49	141,19	44
BR3	36	2,94	18	2,93	18	13,49	39	5,45	36	9,58	3	9,80	6	228,99	14	146,93	26
2CRI-11-49-78	37	2,29	47	2,28	47	12,83	46	4,12	50	8,60	58	8,48	59	198,50	44	117,93	45
Monalisa	38	1,85	62	1,85	62	7,82	64	9,11	64	5,84	13	6,06	10	225,22	2	145,92	2
MB 51-02	39	2,08	56	2,06	56	11,68	61	11,66	63	7,00	10	6,63	8	225,89	3	146,05	3
C1883-22-97	40	2,40	43	2,39	41	5,67	13	8,01	12	12,83	41	13,46	39	211,59	56	132,79	54
Cascata	41	2,49	38	2,51	35	3,03	28	6,47	17	10,65	36	11,62	37	214,18	31	134,02	42
Chieftain	42	2,40	42	2,39	42	7,61	18	5,17	24	11,68	18	11,15	17	223,58	45	142,96	37
Monte bonito	43	2,51	37	2,50	36	6,60	44	6,77	47	8,97	45	8,69	44	209,44	37	129,61	27
Cruza 148	44	3,70	2	3,68	2	9,54	17	18,09	22	11,93	60	11,19	61	193,68	63	112,93	61
Frital	45	2,03	58	2,01	58	79,01	21	12,06	19	11,34	42	11,47	42	210,73	48	130,56	47
MB195-10	46	3,21	9	3,21	8	116,93	47	21,52	55	8,40	65	7,93	65	178,81	60	97,52	63
F177-11-20	47	2,67	24	2,67	24	125,95	41	14,79	38	9,49	27	9,58	29	219,18	20	137,13	33
C2400-03	48	6,63	3	3,65	3	12,33	8	9,52	4	14,54	50	15,47	51	208,04	52	126,73	59
F63-10-07	49	1,81	64	1,80	63	9,74	38	13,07	33	9,61	28	10,33	28	218,64	17	137,71	29
Catucha	50	3,11	11	3,09	12	10,73	14	9,12	18	12,13	5	11,55	5	228,40	42	147,44	34
F189-09-06	51	2,45	40	2,45	39	14,75	30	18,36	35	10,27	44	10,24	47	210,04	41	128,64	46
C1730-0794	52	3,42	6	3,42	6	10,90	9	10,66	8	13,72	32	14,85	33	216,91	47	136,63	53

Ibituaçu	53	2,56	30	2,56	28	15,70	2	18,87	2	17,75	39	18,88	41	213,44	59	132,57	62
F50-08-01	54	4,20	1	4,16	1	16,23	45	21,80	45	8,96	12	8,97	14	225,50	12	143,71	17
C1750-15-95	55	2,57	28	2,55	29	11,37	42	11,28	43	9,20	7	9,29	7	227,36	18	146,37	14
F21-09-07	56	3,11	12	3,09	11	9,12	32	11,61	34	10,23	38	10,28	38	213,49	39	133,10	40
Ludmilla	57	2,13	53	2,13	50	6,39	50	4,74	49	8,21	30	8,56	30	217,52	8	137,06	11
C2550-04-06	58	2,14	50	2,11	53	10,42	59	12,14	60	7,19	9	6,99	11	226,18	4	145,84	4
C2406-03	59	2,24	48	2,23	48	7,69	48	9,00	48	8,38	31	8,68	32	217,31	13	136,83	15
ORG 14599	60	2,13	52	2,12	51	14,29	26	16,63	27	10,89	15	10,77	16	224,33	33	143,03	35
F208-01-06	61	1,81	63	1,80	64	11,40	5	13,22	6	14,92	43	15,09	45	210,04	58	129,41	60
Rioja	62	2,14	51	2,12	52	5,64	53	7,92	52	8,09	40	8,39	40	213,11	15	132,66	16
Asterix	T1	2,39	44	2,36	44	8,34	49	6,38	44	8,25	61	9,13	60	193,48	28	114,05	41
Agata	T2	2,93	19	2,87	19	5,56	11	4,00	10	13,15	59	13,97	57	197,94	62	120,06	58
Markies	T3	2,34	46	2,30	46	8,01	43	7,46	42	8,99	48	9,36	43	208,63	30	130,53	30
Média		2,66		2,60		14,51		9,83		12,01		10,79		214,58		134,26	

Continuação...

Genótipo	ID	Controle		Estresse		Controle		Estresse		Controle		Estresse		Controle		Estresse		Controle		Estresse	
		MTT	Ord	MTT	Ord	MMT	Ord	MMT	Ord	MT>30	Ord	MT>30	Ord	%MS	Ord	%MS	Ord	YII59DA P	Ord	YII59DA P	Ord
BRS Pérola	1	190,12	53	109,96	55	17,58	52	9,89	46	121,85	28	64,98	28	22,15	39	21,10	40	0,7492	47	0,7578	46
F183-08-01	2	191,95	23	111,81	31	24,38	49	14,58	42	122,28	35	65,39	35	21,42	25	20,42	25	0,7497	59	0,7583	59
Todo ano	3	224,87	46	144,55	49	19,83	23	10,89	16	124,45	63	67,58	63	17,71	23	16,70	22	0,7497	37	0,7584	45
Iporá	4	219,59	29	139,76	18	23,37	25	16,30	17	124,19	33	67,47	33	21,53	50	20,52	49	0,7489	13	0,7576	12
Purén	5	209,05	21	128,53	20	24,49	34	15,78	27	123,53	1	66,56	1	25,73	40	24,71	42	0,7492	23	0,7578	26
Yagana	6	225,88	40	145,15	36	21,34	28	13,39	24	124,01	40	66,91	40	21,04	35	19,98	35	0,7493	52	0,7580	52
C2397-03	7	221,76	55	141,28	52	17,32	43	10,69	34	122,93	48	66,23	48	20,32	21	19,35	20	0,7498	53	0,7584	53
Wa 104	8	220,64	65	140,29	65	12,47	58	5,49		120,07	62		62	17,78	20	16,77	19	0,7498	11	0,7584	10
BRS Ana	9	224,07	36	143,65	28	21,96	26	15,35	21	124,18	3	67,21	3	24,23	33	23,20	34	0,7494	26	0,7581	37
Granola	10	219,46	34	138,81	39	22,26	31	13,31	25	123,94	58	66,89	58	18,90	37	17,91	37	0,7493	27	0,7579	33
C2080-03-06	11	208,23	43	128,22	32	20,72	38	14,34	28	123,18	49	66,53	50	20,12	51	19,08	54	0,7489	61	0,7575	62
Desiree	12	205,14	19	124,67	13	26,26	41	17,13	35	123,02	54	66,13	54	19,27	24	18,27	24	0,7497	16	0,7583	14
BRSIPR Bel	13	203,40	51	123,30	51	18,30	47	10,75	39	122,56	41	65,76	41	20,83	48	19,83	50	0,7490	54	0,7576	51
BRS F63 (Camila)	14	222,25	1	141,03	1	39,23	18	30,81	15	124,85	52	67,65	52	19,76	32	18,78	32	0,7495	10	0,7581	11
C90.170	15	226,25	24	146,03	21	24,24	21	15,75	12	124,67	46	67,82	45	20,62	47	19,62	47	0,7491	56	0,7577	56
Innovator	16	216,55	54	136,03	56	17,35	37	9,76	33	123,30	59	66,31	59	18,72	36	17,74	36	0,7493	19	0,7579	24
Panda	17	227,60	35	147,63	24	22,20	24	15,52	13	124,34	24	67,70	25	22,52	26	21,49	26	0,7496	17	0,7583	22
Achirana	18	228,91	26	148,67	19	24,00	19	15,81	11	124,79	21	67,90	22	22,61	28	21,59	29	0,7495	24	0,7582	38
Cota	19	209,03	7	128,76	12	28,07	35	17,41	29	123,47	2	66,52	2	24,42	17	23,43	17	0,7498	46	0,7585	50
Pampeana	20	221,38	6	140,87	8	28,49	22	18,48	18	124,49	19	67,45	19	22,78	42	21,73	39	0,7492	12	0,7578	15
BRS Clara	21	220,26	22	139,79	22	24,45	27	15,60	22	124,16	37	67,13	36	21,40	43	20,39	41	0,7492	44	0,7578	47
Atlantic	22	201,97	27	121,61	25	23,99	36	15,38	31	123,32	5	66,39	4	24,15	30	23,16	33	0,7495	51	0,7581	49
Pukara	23	201,86	10	121,57	23	27,29	44	15,56	37	122,92	60	65,77	60	18,55	45	17,53	44	0,7491	31	0,7578	35
Spunta	24	199,86	25	119,72	6	24,13	40	19,42	38	123,08	47	65,77	47	20,56	27	19,55	27	0,7496	8	0,7583	9
C2553-01-06	25	206,93	50	127,36	48	19,13	56	11,10	50	121,33	16	64,01	15	23,08	34	22,12	31	0,7494	7	0,7581	6

White lady	26	218,25	32	137,91	43	22,75	45	12,76		122,89	36		37	21,40	58	20,38	60	0,7485	57	0,7570	60
Macaca	27	184,53	64	105,12	64	13,31	59	6,32		119,98	51		51	19,79	14	18,85	13	0,7499	5	0,7586	8
F32-02-06	28	214,90	38	135,11	38	21,80	42	13,31	43	122,96	27	65,33	27	22,19	55	21,22	51	0,7488	39	0,7576	17
F158-08-01	29	224,27	5	142,67	5	29,24	3	19,65	6	129,11	53	71,21	53	19,66	54	18,69	52	0,7488	18	0,7576	25
Newen	30	215,79	57	136,87	50	16,90	60	10,76	51	119,93	8	63,93	8	23,40	16	22,43	16	0,7499	6	0,7585	4
Baronesa	31	213,99	61	134,64	57	16,07	57	8,95	52	120,82	55	63,31	55	19,20	13	18,23	14	0,7500	1	0,7586	3
C1740-11-95	32	238,03	11	158,17	10	27,21	2	17,66	1	130,14	23	72,90	23	22,54	18	21,57	18	0,7498	2	0,7585	1
C2551-02-06	33	206,10	16	126,42	7	26,84	29	19,12	26	123,99	10	66,73	11	23,32	29	22,28	30	0,7495	25	0,7582	13
CL 02-05	34	254,12	9	172,90	9	27,55	1	18,14	5	131,33	65	71,84	65	16,17	41	15,26	48	0,7492	42	0,7577	57
C2514-05-06	35	220,25	49	141,19	44	19,30	50	12,06	48	122,28	20	64,50	20	22,68	22	21,71	23	0,7497	3	0,7584	2
BR3	36	228,99	14	146,93	26	26,96	15	15,38	40	125,91	61	65,73	61	17,90	3	16,96	4	0,7503	4	0,7588	7
2CRI-11-49-78	37	198,50	44	117,93	45	20,43	62	11,88		119,08	45		44	20,62	19	19,63	21	0,7498	55	0,7584	54
Monalisa	38	225,22	2	145,92	2	38,57	5	29,79	2	128,70	57	72,19	57	19,05	31	18,08	28	0,7495	9	0,7582	5
MB 51-02	39	225,89	3	146,05	3	32,59	7	28,54	3	128,34	6	71,93	6	23,96	63	22,97	63	0,7477	62	0,7564	61
C1883-22-97	40	211,59	56	132,79	54	17,30	64	10,06	56	118,57	17	61,50	17	23,01	15	22,04	15	0,7499	28	0,7585	18
Cascata	41	214,18	31	134,02	42	23,17	48	12,76		122,48	31		31	21,76	61	20,75	61	0,7483	63	0,7567	63
Chieftain	42	223,58	45	142,96	37	20,42	8	13,38	8	127,51	44	69,86	46	20,62	49	19,62	45	0,7490	60	0,7578	55
Monte bonito	43	209,44	37	129,61	27	21,86	53	15,37	45	121,70	29	65,10	29	21,81	6	20,78	5	0,7502	50	0,7588	41
Cruza 148	44	193,68	63	112,93	61	15,30	63	7,78		118,79	7		7	23,45	57	22,44	57	0,7487	58	0,7573	58
Frital	45	210,73	48	130,56	47	19,33	33	11,23	44	123,57	15	65,18	16	23,09	4	22,06	3	0,7502	36	0,7589	32
MB195-10	46	178,81	60	97,52	63	16,07	51	6,59		122,02	11		10	23,32	9	22,29	8	0,7501	45	0,7587	43
F177-11-20	47	219,18	20	137,13	33	24,99	11	13,85	36	126,71	43	65,86	43	20,73	8	19,71	9	0,7501	49	0,7587	42
C2400-03	48	208,04	52	126,73	59	17,87	55	8,11	55	121,59	42	61,71	42	20,78	7	19,81	7	0,7501	41	0,7588	40
F63-10-07	49	218,64	17	137,71	29	26,79	12	15,10	19	126,54	12	67,38	12	23,25	10	22,28	10	0,7500	32	0,7587	29
Catucha	50	228,40	42	147,44	34	20,92	13	13,67	20	125,97	39	67,21	39	21,18	1	20,17	1	0,7504	21	0,7591	23
F189-09-06	51	210,04	41	128,64	46	21,01	30	11,46	49	123,98	32	64,18	32	21,56	11	20,58	11	0,7500	29	0,7587	31
C1730-0794	52	216,91	47	136,63	53	19,66	39	10,14	47	123,15	38	64,81	38	21,35	12	20,32	12	0,7500	43	0,7586	44
Ibituaçu	53	213,44	59	132,57	62	16,09	46	7,19	54	122,74	4	62,84	5	24,20	2	23,14	2	0,7504	15	0,7591	19
F50-08-01	54	225,50	12	143,71	17	27,10	9	16,42	10	127,40	14	68,04	14	23,20	5	22,21	6	0,7502	14	0,7588	16

C1750-15-95	55	227,36	18	146,37	14	26,66	4	17,02	9	128,74	25	69,54	24	22,49	38	21,53	38	0,7492	38	0,7579	36
F21-09-07	56	213,49	39	133,10	40	21,36	32	13,01	41	123,71	30	65,72	30	21,78	52	20,76	55	0,7489	34	0,7575	27
Ludmilla	57	217,52	8	137,06	11	27,82	17	17,47	23	125,11	22	67,10	21	22,59	44	21,59	43	0,7491	35	0,7578	39
C2550-04-06	58	226,18	4	145,84	4	31,92	6	24,95	7	128,49	9	70,74	9	23,36	53	22,37	53	0,7489	22	0,7575	21
C2406-03	59	217,31	13	136,83	15	27,06	16	16,99	14	125,86	56	67,65	56	19,06	46	18,11	46	0,7491	48	0,7577	48
ORG 14599	60	224,33	33	143,03	35	22,40	14	13,43	30	125,91	26	66,51	26	22,27	56	21,29	56	0,7487	33	0,7574	34
F208-01-06	61	210,04	58	129,41	60	16,24	54	8,06	53	121,64	18	63,13	18	22,88	64	21,87	64	0,7466	40	0,7554	30
Rioja	62	213,11	15	132,66	16	26,87	20	16,72	32	124,71	13	66,33	13	23,24	65	22,24	65	0,7464	20	0,7552	20
Asterix	T1	193,48	28	114,05	41	23,51	61	12,83	57	119,78	34	60,32	34	21,51	59	20,49	58	0,7485	30	0,7573	28
Agata	T2	197,94	62	120,06	58	15,64	65	8,69	58	112,05	64	55,94	64	17,10	60	16,18	59	0,7484	65	0,7572	65
Markies	T3	208,63	30	130,53	30	23,24	10	15,07	4	126,91	50	71,91	49	20,03	62	19,09	62	0,7480	64	0,7565	64
Média		214,58		134,26		22,81		14,31		123,79		66,49		21,41		20,41		0,75		0,76	

Continuação...

Genótipo	ID	Controle		Estresse		Controle		Estresse		Controle		Estresse	
		YII73DAP	Ordem	YII73DAP	Ordem	Fv/Fm60DAP	Ordem	Fv/Fm60DAP	Ordem	Fv/Fm75DAP	Ordem	Fv/Fm75DAP	Ordem
BRS Pérola	1	0,7554	32	0,7406	33	0,4292	32	0,4524	33	0,4394	29	0,4345	65
F183-08-01	2	0,754	19	0,7394	21	0,4354	19	0,4582	21	0,4374	34	0,4323	64
Todo ano	3	0,7557	3	0,7407	3	0,4522	3	0,4757	3	0,4344	40	0,4293	63
Iporá	4	0,7568	48	0,7421	48	0,4243	48	0,4477	48	0,4344	41	0,4301	62
Purén	5	0,7562	55	0,7414	55	0,4149	55	0,4387	55	0,4272	59	0,4224	61
Yagana	6	0,755	52	0,7401	51	0,4184	52	0,4424	51	0,4343	43	0,4284	60
C2397-03	7	0,7549	35	0,7401	36	0,4286	35	0,452	36	0,4364	35	0,4315	59
Wa 104	8	0,7569	10	0,7422	11	0,4442	10	0,4672	11	0,4449	13	0,4402	58
BRS Ana	9	0,7561	43	0,741	45	0,4257	43	0,4491	45	0,4355	38	0,4298	57
Granola	10	0,7561	23	0,7411	23	0,4331	23	0,4567	23	0,4376	33	0,4321	56
C2080-03-06	11	0,7535	47	0,7381	47	0,425	47	0,4483	47	0,4308	52	0,4251	55
Desiree	12	0,7565	16	0,742	16	0,4371	16	0,4603	16	0,4455	10	0,4423	54
BRSIPR Bel	13	0,7549	49	0,7402	50	0,4198	49	0,4429	50	0,4323	49	0,427	53
BRS F63 (Camila)	14	0,7569	41	0,7422	41	0,4261	41	0,4497	41	0,444	16	0,4401	52
C90.170	15	0,7547	38	0,7394	42	0,4265	38	0,4493	42	0,4257	62	0,4198	51
Innovator	16	0,7563	33	0,7415	34	0,4292	33	0,4524	34	0,4403	24	0,4357	50
Panda	17	0,7564	34	0,7416	35	0,4289	34	0,4522	35	0,4358	37	0,4314	49
Achirana	18	0,7562	24	0,741	24	0,4328	24	0,456	24	0,4299	55	0,4241	48
Cota	19	0,7554	29	0,7403	29	0,4307	29	0,4542	29	0,4317	50	0,4266	47
Pampeana	20	0,7569	45	0,742	44	0,4256	45	0,4492	44	0,4428	17	0,4374	46
BRS Clara	21	0,7555	28	0,7405	28	0,4315	28	0,4553	28	0,441	21	0,4355	45
Atlantic	22	0,7551	18	0,7404	18	0,436	18	0,4595	18	0,4442	15	0,4391	44
Pukara	23	0,7558	17	0,7411	17	0,4367	17	0,4603	17	0,446	8	0,4415	43
Spunta	24	0,7571	57	0,7423	56	0,4127	57	0,4367	56	0,4332	47	0,4283	42
C2553-01-06	25	0,7574	27	0,7429	25	0,4317	27	0,4559	25	0,4333	46	0,4287	41
White lady	26	0,7545	14	0,7391	14	0,4402	14	0,4633	14	0,4399	27	0,4331	40

Macaca	27	0,7577	2	0,7425	2	0,4533	2	0,4768	2	0,4453	11	0,4394	39
F32-02-06	28	0,7557	8	0,742	6	0,4482	8	0,4727	6	0,4512	3	0,4484	38
F158-08-01	29	0,7563	50	0,7414	49	0,4189	50	0,4431	49	0,4307	53	0,4256	37
Newen	30	0,7576	40	0,7436	39	0,4263	40	0,4502	39	0,4444	14	0,4411	36
Baronesa	31	0,759	13	0,7439	13	0,4406	13	0,4638	13	0,4582	1	0,4529	35
C1740-11-95	32	0,7589	46	0,7444	46	0,4253	46	0,4488	46	0,4474	5	0,4434	34
C2551-02-06	33	0,7562	62	0,7421	62	0,4003	62	0,4241	62	0,4349	39	0,4334	33
CL 02-05	34	0,7556	12	0,7394	12	0,443	12	0,4659	12	0,441	22	0,4334	32
C2514-05-06	35	0,7584	58	0,744	58	0,4097	58	0,433	58	0,4336	45	0,4308	31
BR3	36	0,7579	7	0,7425	8	0,4486	7	0,4718	8	0,4339	44	0,4277	30
2CRI-11-49-78	37	0,7548	56	0,7398	57	0,4132	56	0,4363	57	0,4096	65	0,4036	29
Monalisa	38	0,757	44	0,7429	43	0,4257	44	0,4493	43	0,451	4	0,4473	28
MB 51-02	39	0,7528	63	0,7388	63	0,3996	63	0,4233	63	0,4278	57	0,4235	27
C1883-22-97	40	0,7559	20	0,7418	19	0,4351	20	0,4592	19	0,4414	20	0,4385	26
Cascata	41	0,7527	60	0,7375	60	0,4026	60	0,4256	60	0,4196	64	0,4154	25
Chieftain	42	0,7538	42	0,7398	38	0,4261	42	0,4503	38	0,4264	61	0,4231	24
Monte bonito	43	0,7552	22	0,7409	20	0,4341	22	0,4583	20	0,4277	58	0,425	23
Cruza 148	44	0,7544	61	0,7394	61	0,4006	61	0,4242	61	0,4267	60	0,4215	22
Frital	45	0,7557	9	0,7412	9	0,4475	9	0,4712	9	0,4417	19	0,4382	21
MB195-10	46	0,7555	15	0,7409	15	0,4378	15	0,4616	15	0,4397	28	0,4351	20
F177-11-20	47	0,7553	37	0,7409	37	0,428	37	0,4516	37	0,4243	63	0,4197	19
C2400-03	48	0,7556	6	0,741	7	0,4491	6	0,4725	7	0,4344	42	0,4296	18
F63-10-07	49	0,7558	4	0,7412	4	0,4508	4	0,4742	4	0,4305	54	0,4255	17
Catucha	50	0,7562	5	0,7415	5	0,4503	5	0,4738	5	0,4472	6	0,4427	16
F189-09-06	51	0,7558	11	0,7412	10	0,4439	11	0,4675	10	0,4422	18	0,4383	15
C1730-0794	52	0,7555	25	0,7408	27	0,4323	25	0,4555	27	0,4312	51	0,4263	14
Ibituaçu	53	0,7565	1	0,7417	1	0,4604	1	0,4839	1	0,4364	36	0,4318	13
F50-08-01	54	0,7566	30	0,742	31	0,4305	30	0,454	31	0,4463	7	0,442	12
C1750-15-95	55	0,7557	54	0,7411	54	0,4161	54	0,4394	54	0,4402	25	0,4369	11

F21-09-07	56	0,7558	39	0,7413	40	0,4264	39	0,4499	40	0,4388	30	0,4344	10
Ludmilla	57	0,7558	26	0,741	26	0,4318	26	0,4556	26	0,4559	2	0,4506	9
C2550-04-06	58	0,7562	59	0,7416	59	0,4074	59	0,4308	59	0,4457	9	0,4413	8
C2406-03	59	0,7553	51	0,7405	52	0,4187	51	0,4421	52	0,438	32	0,4315	7
ORG 14599	60	0,7558	53	0,7411	53	0,4174	53	0,441	53	0,4388	31	0,4341	6
F208-01-06	61	0,7556	64	0,7412	64	0,3805	64	0,405	64	0,429	56	0,4254	5
Rioja	62	0,7563	65	0,7417	65	0,3668	65	0,3908	65	0,44	26	0,4352	4
Asterix	T1	0,7558	36	0,7412	32	0,4284	36	0,4533	32	0,445	12	0,4418	3
Agata	T2	0,7495	31	0,735	30	0,4303	31	0,4542	30	0,4331	48	0,4266	2
Markies	T3	0,7507	21	0,7361	22	0,4344	21	0,457	22	0,441	23	0,4397	1
Média		0,76		0,74		0,43		0,45		0,44		0,43	

Apêndice B. Médias preditas e ranqueamento dos genótipos batata quanto a taxa de assimilação líquida de CO₂ (A) aos 64 e 78DAP, condutância estomática (gs) aos 64 e 78DAP, taxa de transpiração (E) aos 64 e 78DAP, nas condições de temperatura de controle e estresse. Pelotas, 2022.

Genótipo	ID	Controle		Estresse		Controle		Estresse		Controle		Estresse	
		A64	Ordem	A64	Ordem	gs64	Ordem	gs64	Ordem	E 64	Ordem	E 64	Ordem
F183-08-01	2	13,813	8	10,7305	12	0,413	3	0,0832	4	2,8659	2	1,8883	13
Achirana	18	14,4203	4	8,3238	16	0,2743	7	0,068	1	2,3894	5	1,5701	16
Atlantic	22	16,3943	1	12,1076	9	0,4686	1	0,188	9	2,4453	4	3,1081	8
White Lady	26	14,2191	6	9,5922	15	0,2057	11	0,0722	2	2,0613	7	1,6901	15
F32-02-06	28	13,5423	10	11,5484	10	0,4381	2	0,0892	5	2,9311	1	2,0282	12
Chieftain	42	9,0335	16	19,2113	1	0,1197	15	0,4246	15	1,4371	15	4,9905	2
Monte Bonito	43	13,9015	7	17,9968	2	0,3795	5	0,4453	16	2,7869	3	5,36	1
Cruza 148	44	9,7995	14	10,0916	13	0,126	14	0,0801	3	1,4929	13	1,8302	14
Frital	45	14,4966	3	16,6188	3	0,2841	6	0,4036	13	2,0057	8	4,567	3
Catucha	50	12,2363	11	13,4741	6	0,1875	12	0,1982	10	1,6363	12	3,2454	7
Ibituaçu	53	14,3504	5	13,1389	7	0,2096	10	0,1776	8	1,7292	11	3,0346	9
F50-08-01	54	-		-		-		-		-		-	
F21-09-07	56	15,3044	2	12,7322	8	0,3878	4	0,3176	11	2,2794	6	4,0871	6
Ludmilla	57	13,7455	9	16,4121	4	0,2421	8	0,4234	14	1,8293	10	4,49	4
Rioja	62	9,7313	15	15,5139	5	0,115	16	0,3433	12	1,1824	16	4,2702	5
Asterix	63	11,8137	12	9,8502	14	0,2122	9	0,102	6	1,8844	9	2,0383	11
Markies	65	10,8503	13	10,9683	11	0,1391	13	0,1422	7	1,4384	14	2,5064	10
Média		12,97		13,01		0,26		0,22		2,02		3,16	

Continuação...

Controle	Estresse	Controle	Estresse	Controle	Estresse
----------	----------	----------	----------	----------	----------

Genótipo	ID	A 78	Ordem	A 78	Ordem	gs 78	Ordem	gs 78	Ordem	E 78	Ordem	E 78	Ordem
F183-08-01	2	10,56	10	11,7905	11	0,2523	14	0,1657	14	2,0697	13	2,509	15
Achirana	18	10,6065	6	11,7771	5	0,295	10	0,206	10	2,1116	8	2,5391	9
Atlantic	22	10,5473	13	11,8695	2	0,2965	9	0,213	9	2,1203	7	2,584	6
White Lady	26	10,5676	8	11,7144	17	0,3274	4	0,245	4	2,0918	10	2,5362	10
F32-02-06	28	10,5625	9	11,7749	1	0,2625	12	0,1753	12	2,0816	12	2,5159	12
Chieftain	42	10,534	16	11,8644	6	0,4089	1	0,3254	1	2,17	4	2,659	2
Monte Bonito	43	10,6252	2	11,856	12	0,3204	5	0,232	5	2,166	5	2,6085	5
Cruza 148	44	10,5443	14	11,7723	3	0,25	15	0,1634	15	2,0631	15	2,5017	16
Frital	45	10,6238	3	11,8042	10	0,3577	3	0,2662	3	2,1314	6	2,5617	7
Catucha	50	10,6238	4	11,8161	15	0,3089	7	0,2198	7	2,1094	9	2,5427	8
Ibituaçu	53	10,5832	7	11,8006	13	0,2574	13	0,1711	13	2,069	14	2,5121	13
F50-08-01	54	10,5338	17	11,7763	16	0,2412	17	0,1554	17	2,0411	17	2,4858	17
F21-09-07	56	10,6319	1	11,8619	9	0,3699	2	0,2821	2	2,1731	3	2,6215	4
Ludmilla	57	10,5478	12	11,836	4	0,2645	11	0,1791	11	2,0854	11	2,5362	11
Rioja	62	10,5402	15	11,8175	7	0,2498	16	0,1645	16	2,0591	16	2,5096	14
Asterix	63	10,6231	5	11,8329	14	0,319	6	0,2335	6	2,2625	1	2,7275	1
Markies	65	10,5513	11	11,9303	8	0,2984	8	0,2148	8	2,1851	2	2,6481	3
Média		10,57		11,81		0,29		0,21		2,11		2,56	

Apêndice C. Correlação entre as variáveis avaliadas na condição de temperatura controle e estresse: número de hastes (NH), massa seca de parte aérea (MSP), número total de tubérculos (NTT), massa total de tubérculos (MTT), massa média de tubérculos (MMT), massa de tubérculos maiores de 30mm (MT>30),

teor de massa seca (%MS), rendimento quântico fotoquímico efetivo do FSII (YII) aos 59 e 73 dias após o plantio e eficiência quântica máxima do FSII (Fv/Fm) aos 59 e 73 dias após o plantio. Pelotas, 2022.

	NH	MSP	NTT	MTT	MMT	MT>30	MS	YII60	YII75	Fv/Fm60	Fv/Fm75
NH	1,000	0,171	0,046	-0,111	-0,307	-0,104	0,002	0,238	0,035	0,159	-0,071
MSP	0,034	1,000	0,116	-0,027	-0,152	-0,074	0,426*	0,157	0,105	0,024	0,049
NTT	0,053	-0,004	1,000	0,101	-0,659	-0,312	-0,252	0,150	0,063	0,293	0,037
MTT	-0,105	-0,182	0,087	1,000	0,424*	0,439*	-0,156	0,005	0,159	0,005	0,078
MMT	-0,242	-0,111	-0,199	0,416*	1,000	0,440*	0,047	-0,163	0,079	-0,289	0,121
MT>30	-0,135	0,057	-0,105	0,686*	0,667*	1,000	0,044	0,029	0,176	-0,004	0,238
MS	-0,021	0,082	-0,086	-0,156	0,025	0,019	1,000	-0,045	0,187	-0,299	-0,061
YII60	0,239	0,257	0,035	0,023	-0,136	-0,023	-0,061	1,000	0,419*	0,699*	0,135
YII75	0,036	-0,021	0,016	0,218	0,076	0,197	0,107	0,413*	1,000	0,083	0,442
Fv/Fm60	0,200	0,144	0,118	0,014	-0,221	-0,060	-0,304	0,703*	0,122	1,000	0,315
Fv/Fm75	-0,063	-0,089	0,067	0,085	0,128	0,128	-0,109	0,129	0,399*	0,341	1,000

Diagonal superior referente à temperatura de estresse, diagonal inferior referente a temperatura controle.

Apêndice D. Correlação entre as variáveis avaliadas na condição de temperatura controle e estresse: taxa de assimilação líquida de CO₂ (A) aos 64 e 78DAP, condutância estomática (gs) aos 64 e 78DAP, taxa de transpiração (E) aos 64 e 78DAP. Pelotas, 2022.

	A64	gs64	E64	A78	gs78	E78
A64	1,000	0,945*	0,954*	0,375	0,367	0,124
gs64	0,789*	1,000	0,987*	0,435	0,413	0,190
E64	0,700*	0,919*	1,000	0,479	0,418	0,206
A78	0,401	0,244	0,282	1,000	0,347	0,657*
gs78	0,003	-0,039	-0,061	0,423	1,000	0,694*
E78	-0,071	-0,018	-0,026	0,511	0,677*	1,000

Diagonal superior referente à temperatura de estresse, diagonal inferior referente a temperatura controle.