

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -
AGRONOMIA

**CARACTERIZAÇÃO DE CULTIVARES DE *Passiflora edulis* Sims.
EM DOIS NÍVEIS DE ADUBAÇÃO FOSFATADA EM RIO VERDE-
GO: PARÂMETROS AGRONÔMICOS, GENÉTICOS E
FISIOLÓGICOS**

Autor: Valdere Martins dos Santos
Orientador: Prof. Dr. Fernando Higino de Lima e Silva

Rio Verde - GO
Agosto - 2020

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -
AGRONOMIA

**CARACTERIZAÇÃO DE CULTIVARES DE *Passiflora edulis* Sims.
EM DOIS NÍVEIS DE ADUBAÇÃO FOSFATADA EM RIO VERDE-
GO: PARÂMETROS AGRÔNOMICOS, GENÉTICOS E
FISIOLÓGICOS**

Autor: Valdere Martins dos Santos
Orientador: Prof. Dr. Fernando Higino de Lima e Silva
Coorientadores: Prof. Dr. Pablo Diego Silva Cabral
Prof. Dr. Adinan Alves da Silva

Tese apresentada como parte das exigências para a obtenção do título de DOUTOR EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Área de concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado.

Rio Verde – GO
Agosto – 2020

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES
TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- Tese Artigo Científico
 Dissertação Capítulo de Livro
 Monografia – Especialização Livro
 TCC - Graduação Trabalho Apresentado em Evento
 Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____

Nome Completo do Autor: Valdere Martins dos Santos

Matrícula: 2017202320140064

Título do Trabalho: Caracterização de cultivares de *Passiflora edulis* Sims. em dois níveis de adubação fosfatada em rio Verde-GO: parâmetros agrônômicos, genéticos e fisiológicos.

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 21/10/2020.

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

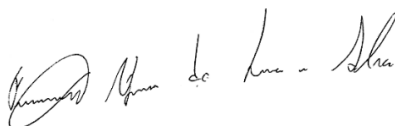
- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 17/09/2020.



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – Biblioteca Campus Rio Verde

S237c Santos, Valdere Martins dos.

Caracterização de cultivares de *Passiflora edulis* Sims. em dois níveis de adubação fosfatada em Rio Verde-GO: parâmetros agrônômicos, genéticos e fisiológicos [manuscrito] / Valdere Martins dos Santos. – Rio Verde, GO: IF Goiano, 2020.

84 fls.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Higino de Lima e Silva.

Coorientadores: Prof. Dr. Pablo Diego Silva Cabral;

Prof. Dr. Adinan Alves da Silva.

Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, 2020.

1. Maracujá-azedo. 2. Trocas gasosas. 3. Fósforo. 4. Modelos mistos. 5. Herdabilidade. I. Silva, Fernando Higino de Lima e. II. Cabral, Pablo Diego Silva. III. Silva, Adinan Alves da. IV. Título.

CDU 633(817.3)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIÂNIO

Documentos 24/2020 - NREPG-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/DG-RV/CMPRV/IFGOIANO

CARACTERIZAÇÃO DE CULTIVARES DE *PASSIFLORA EDULIS* SIMS. EM DOIS NÍVEIS DE ADUBAÇÃO FOSFATADA EM RIO VERDE-GO: PARÂMETROS AGRONÔMICOS, GENÉTICOS E FISIOLÓGICOS.

Autor: Valdere Martins dos Santos

Orientador: Dr. Fernando Higinio de Lima e Silva

TITULAÇÃO: Doutorado em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em 03 de agosto de 2020.

Nome	Instituição	Situação no Programa
Prof. Dr. Fernando Higinio de Lima e Silva	IF Goiânia, Campus Rio Verde	Presidente
Prof. Dra. Danielle Fabíola Pereira da Silva	Universidade Federal de Juiz de Fora	Membro externo
Dr. Adinan Alves da Silva	IF Goiânia, Campus Rio Verde	Membro interno
Prof. Dr. Fábio Diego Silva Cabral	IF Goiânia, Campus Rio Verde	Membro interno
Dra. Sandra da Costa Prestigier	Teak Resources Company	Membro externo

Documento assinado eletronicamente por:

- Danielle Fabiola Pereira da Silva, Danielle Fabiola Pereira da Silva - 2343 - PROFESSORES DE ARQUITETURA E URBANISMO; ENGENHARIA; GEOFÍSICA E GEOLOGIA DO ENSINO SUPERIOR - Universidade Federal de Jataí (35840659000130), em 14/08/2020 11:31:27.
- Sandra da Costa Preisigke, Sandra da Costa Preisigke - 203405 - Pesquisador das ciências agrárias - Fundação de Apoio Ao Ensino Superior Público e Estadual (01226390000185), em 14/08/2020 10:38:44.
- Adinan Alves da Silva, Adinan Alves da Silva - Outros - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500), em 06/08/2020 11:49:08.
- Pablo Diego Silva Cabral, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 05/08/2020 17:47:00.
- Fernando Higino de Lima e Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/08/2020 05:50:52.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 18/07/2020. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 164543

Código de Autenticação: 6cecf4ef03



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

DEDICATÓRIA

Aos meus pais: Clovis Fernandes dos Santos (*in memoriam*) e Raimunda Martins dos Santos, a minha estimada esposa Darlene de Carvalho Silva, a todos os meus irmãos, cunhados (as) e sobrinhos.
dedico!

AGRADECIMENTO

Primeiramente a Deus, minha fortaleza, meu guia e fonte de paz para todos os momentos.

A minha família, meus pais Clovis Fernandes dos Santos e Raimunda Martins dos Santos e meus irmãos Valdir, Egnaldo e Reinaldo, por serem a razão do meu viver, meu abrigo, minha alegria, minha inspiração e exemplos de honestidade, trabalho e amor.

A minha esposa Darlene, por toda paciência, companheirismo e dedicação nos momentos que mais precisei.

Agradeço ao meu orientador Professor Fernando Higinio de Lima e Silva, pela orientação durante esses três anos, pela confiança e sábios ensinamentos transmitidos, exemplo de dedicação e profissionalismo. Muito obrigado pelo incentivo e amizade.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias-Agronomia (PPGCA-AGRO), pela oportunidade de qualificação profissional e, indiretamente, desenvolvimento pessoal, graças ao ensino público e de qualidade oferecido aos estudantes, desde os cursos técnicos a pós-graduação.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pela concessão da bolsa de formação, que possibilitou a dedicação exclusiva ao desenvolvimento da tese, e as demais agências de fomento (CAPES, CNPq, FINEP), pelo apoio financeiro para a execução dos projetos de pesquisa.

Agradeço aos alunos de iniciação científica (Daniel Victor, Helen Cristine e Pedro Dias) e pós-graduandos (Francisca e Laísse Danielle) sob a orientação do professor Dr. Fernando, pela colaboração e pela troca de experiências vividas.

Aos meus coorientadores, Dr. Pablo Diego Silva Cabral e Dr. Adinan Alves da Silva, por compartilhar seus conhecimentos, pela disponibilidade em ensinar e por todos os conselhos, incentivos e amizade.

Aos membros da banca, Prof.^a Dra. Sandra da Costa Preisigke, Prof.^a Dra. Danielle Fabíola Pereira da Silva, pelas sugestões e contribuições para a melhoria deste trabalho.

Aos integrantes e Amigos dos Laboratórios de Culturas de Tecidos e Nutrição Vegetal, pela oportunidade de realização das análises. Em especial agradeço a Daniele e Jeiza, pela presteza na realização dos trabalhos.

Aos integrantes e Amigos do Laboratório de Ecofisiologia e Produtividade Vegetal, que de maneira direta e indireta tiveram participação no sucesso deste trabalho, em especial Adinan Alves, Prof. Alan Carlos e Gabriel Martins.

A Vanilda Maria Campos, secretaria do PPGCA-AGRO, por ser sempre atenciosa, gentil e solícita em nos atender e, especialmente, pela amizade e pelas palavras de incentivo e conselhos.

Agradeço a todos os profissionais do IF Goiano, aos professores e demais servidores, que tornam possível a expansão do conhecimento técnico e científico.

Aos meus professores do PPGCA-AGRO, que contribuíram direta e indiretamente para minha formação profissional.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Valdere Martins dos Santos, natural de Porangatu – Goiás, filho de Clovis Fernandes dos Santos e Raimunda Martins dos Santos. Sua formação iniciou em 2002 no curso de Agronomia pela Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi. Em 2008 iniciou a Especialização em Gestão em Agronegócios com Ênfase nos Biocombustíveis pelo Instituto Específico de Ensino, Pesquisa e Pós-Graduação, IEP, Brasil. Em 2009 iniciou a pós-graduação *Strictu Sensu*, Mestrado em Produção Vegetal, pela Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi. Em 2017 iniciou o Doutorado em Ciências Agrárias pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano-Campus Rio Verde.

ÍNDICE GERAL

	Página
ÍNDICE DE TABELAS	Vi
ÍNDICE DE FIGURAS	Viii
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS	X
RESUMO GERAL	Xii
ABSTRACT	Xiv
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
2. OBJETIVO.	5
2.1. Geral	5
2.2. Específicos	5
3. CAPITULO I - Estimates of genetic parameters and predicted genotypic values in <i>Passiflora edulis</i> Sims. via REML/BLUP methodology in two phosphate fertilization conditions	6
ABSTRACT.....	7
3.1. Introduction	8
3.2. Material and Methods.....	9
3.2.1. Plant material and experimental description.....	9
3.2.2. Evaluated variables.....	10
3.2.2.1. Fruit agronomical and physico-chemical traits	10
3.2.2.2. Gas exchanges and chlorophyll content.....	11
3.2.2.3. Genetic-Statistic Analyses.....	11
3.3. Results.....	13
3.3.1. Individual analysis of agronomic and physico-chemical variables.....	13

3.3.2. Individual analysis of physiological variables.....	14
3.3.4. Joint analysis.....	17
3.3.5. Selection and gain estimations via BLUP.....	20
3.4. Discussion.....	23
3.5. Conclusions.....	25
3.6. Acknowledgments.....	25
3.7. References.....	26
4. CAPÍTULO II - Caracterização fisiológica e agrônômica de cultivares de maracujazeiro-azedo em dois níveis de adubação fosfatada.....	28
RESUMO.....	29
ABSTRACT.....	30
4.1. Introdução.....	31
4.2. Material e Métodos.....	32
4.2.1 Material vegetal, delineamento e condições experimentais.....	32
4.2.2. Detalhamento das avaliações.....	34
4.2.2.1. Avaliações agrônômicas e físico-químicas dos frutos.....	34
4.2.2.2. Avaliações fisiológicas.....	35
4.2.3. Análises estatísticas.....	36
4.2.3.1. Estimativa de coeficientes de correlação fenotípicos.....	36
4.3. Resultados.....	36
4.3.1. Características agrônômicas.....	36
4.3.2. Características físico-químicas.....	39
4.3.3. Trocas gasosas.....	41
4.3.4. Fluorescência da clorofila a.....	43
4.3.5. Teor de clorofila.....	45
4.3.6. Correlações fenotípicas.....	46
4.3.6.1. Correlações fenotípicas em alto P.....	46
4.3.6.2. Correlações fenotípicas em baixo P.....	47
4.4. Discussão.....	49
4.5. Conclusões.....	53
4.6. Referências	54
5. Conclusão Geral.....	60

ÍNDICE DE TABELAS

Página

CAPÍTULO I.

Table 1. Description of the cultivars evaluated in the municipality of Rio Verde – GO, Brazil.....22

Table 2. Estimates of genetic parameters via REML for agronomic and physical-chemical variables: total yield (TY); fruit weight (FW); longitudinal fruit diameter (LFD); transverse fruit diameter (TFD); average peel thickness (PT); pulp mass (PM); total soluble solids content (TSS); total titratable acidity (TTA); hydrogen potential (pH); lightness (L*); (+: yellow, -: blue) (b*), (Chroma: saturation) (C) and hab (hue angle) in environments with low and high phosphorus.....33

Table 3. Estimates of genetic parameters via REML for physiological variables: transpiration rate (E); photosynthetic rate (A); stomatal conductance (gs); chlorophyll b (C1b); chlorophyll a (C1a) and total chlorophyll (C1total) in environments with low and high phosphorus.....44

Table 4. Estimates of genetic parameters via REML in the joint analysis for agronomic and physical-chemical variables: total yield (TY); fruit weight (FW); longitudinal fruit diameter (LFD); transverse fruit diameter (TFD); average peel thickness (PT); pulp mass (PM); total soluble solids content (TSS); total titratable acidity (TTA); hydrogen potential (pH); lightness (L*); (+: yellow, -: blue) (b*), (Chroma: saturation) (C) and hab (hue angle) in environments with low and high phosphorus.....44

Table 5. Estimates of genetic parameters via REML in the joint analysis for physiological variables: transpiration rate (E); photosynthetic rate (A); stomatal conductance (gs); chlorophyll b (C1b); chlorophyll a (C1a) and total chlorophyll (C1total) in environments with low and high phosphorus.....44

.....	55
Table 6. Estimates of predicted genetic gain via BLUP for the variables: total yield (TY); pulp mass (PM); total soluble solids content (TSS); transpiration rate (E); photosynthetic rate (A) and stomatal conductance (gs) in five cultivars of passion fruit in the low P.....	55
Table 7. Estimates of predicted genetic gain via(BLUP for the variables: total yield (TY); pulp mass (PM); total soluble solids content (TSS); transpiration rate (E); photosynthetic rate (A) and stomatal conductance (gs) in five cultivars of passion fruit in the high P.....	55

Página

CAPÍTULO II.

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm.....	33
Tabela 2. Descrição dos genótipos utilizados no município de Rio Verde – GO. Ano de 2017.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

CAPÍTULO II.

Figura 1. Produtividade total (PT) [A]; massa do fruto em gramas (MF) [B]; diâmetro longitudinal dos frutos em milímetros (DLF) [C]; diâmetro transversal do fruto em milímetros (DTF) [D]; espessura média de casca em milímetros (EC) [E] e massa de polpa (MP) [F] em cultivares de maracujá-azedo cultivadas em condições de alto e baixo P. Letras maiúsculas comparam a mesma cultivar entre os tratamentos alto (eixo horizontal) e baixo fósforo (barra de eixo vertical). Letras minúsculas no eixo horizontal comparam as cultivares no tratamento alto P, letras minúsculas no eixo vertical comparam as cultivares no tratamento baixo P. Médias seguidas de mesma letra maiúscula/minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% (**) ou 5% (*) de probabilidade. As barras verticais e horizontais representam o erro padrão da média.....33

Figura 2. Sólidos solúveis totais (SST) [A]; acidez total titulável (ATT) [B]; L* (luminosidade) [C]; C* (Chroma: saturação) e hab (ângulo hue: tonalidade) [D] em cultivares de maracujá-azedo cultivadas em condições de alto e baixo P. Letras maiúsculas comparam a mesma cultivar entre os tratamentos alto (eixo horizontal) e baixo fósforo (barra de eixo vertical). Letras minúsculas no eixo horizontal comparam as cultivares no tratamento alto P, letras minúsculas no eixo vertical comparam as cultivares no tratamento baixo P. Médias seguidas de mesma letra maiúscula/minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% (**) ou 5% (*) de probabilidade. As barras verticais e horizontais representam o erro padrão da média.....33

Figura 3. Taxa fotossintética (A) [A]; condutância estomática (g_s) [B]; taxa transpiratória (E) [C]; relação entre concentração interna e externa de CO_2 (C_i/C_a) [D]; eficiência de carboxilação (A/C_i) [E]; taxa de transporte de elétrons (ETR) [F]; em cultivares de maracujá-azedo cultivadas em condições de alto e baixo P. Letras maiúsculas comparam a mesma cultivar entre os tratamentos alto (eixo horizontal) e

baixo fósforo (barra de eixo vertical). Letras minúsculas no eixo horizontal comparam as cultivares no tratamento alto P, letras minúsculas no eixo vertical comparam as cultivares no tratamento baixo P. Médias seguidas de mesma letra maiúscula/minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% (**) ou 5% (*) de probabilidade. As barras verticais e horizontais representam o erro padrão da média.....22

Figura 4. Rendimento quântico potencial do fotossistema II (ϕP_o) [A]; fluxo específico de absorção luminosa por centro de reação (ABS/RC) [B]; fluxo de energia capturado por centro de reação (TR0/RC) [C]; fluxo de transporte de elétrons por centro de reação (ET0/RC) [D]; fluxo específico de dissipação da energia ao nível das clorofilas do complexo antena (DI0/RC) [E] e índice de desempenho fotossintético (Pi/ABS) [F] em cultivares de maracujá-azedo cultivadas em condições de alto e baixo P. Letras maiúsculas comparam a mesma cultivar entre os tratamentos alto (eixo horizontal) e baixo fósforo (barra de eixo vertical). Letras minúsculas no eixo horizontal comparam as cultivares no tratamento alto P, letras minúsculas no eixo vertical comparam as cultivares no tratamento baixo P. Médias seguidas de mesma letra maiúscula/minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% (**) ou 5% (*) de probabilidade. As barras verticais e horizontais representam o erro padrão da média..... 22

Figura 5. Clorofila *a* (Chl *a*) [A]; clorofila *b* (Chl *b*) [B]; clorofila total (Chl *a+b*) [C] e razão Chl *a*/ Chl *b*) [D] em cultivares de maracujá-azedo cultivadas em condições de alto e baixo P. Letras maiúsculas comparam a mesma cultivar entre os tratamentos alto (eixo horizontal) e baixo fósforo (barra de eixo vertical). Letras minúsculas no eixo horizontal comparam as cultivares no tratamento alto P, letras minúsculas no eixo vertical comparam as cultivares no tratamento baixo P. Médias seguidas de mesma letra maiúscula/minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% (**) ou 5% (*) de probabilidade. As barras verticais e horizontais representam o erro padrão da média..33

Figura 6. Rede de correlação fenotípica de características agronômicas: produtividade total (PT); diâmetro longitudinal dos frutos (DLF); diâmetro transversal do fruto (DTF); massa de fruto (MF); espessura de casca (EC) e porcentagem de polpa (PP); características físico-químicas: sólidos solúveis (SST); acidez titulável (ATT); L* (luminosidade), C* (Chroma: saturação) e hab (ângulo hue: tonalidade) e características fisiológicas; taxa transpiratória (*E*); taxa fotossintética (*A*); condutância estomática (*g_s*); relação entre concentração interna e externa de CO₂ (*C_i/C_a*) (RT6); eficiência de carboxilação (*A/c_i*) (ACi); taxa de transporte de elétrons (ETR); rendimento quântico potencial do fotossistema II (ϕP_o) (RT1); fluxo de transporte de elétrons por centro de reação (ET0/RC) (RT2); fluxo específico de dissipação da energia ao nível das clorofilas do complexo antena (DI0/RC) (RT3); índice de desempenho fotossintético (Pi/ABS) (RT4); fluxo específico de absorção luminosa por centro de reação (ABS/RC) (RT5); fluxo de energia capturado por centro de reação. (TRo/RC) (EQF); clorofila *a* (Chl *a*), clorofila *b* (Chl *b*) e clorofila total (Chl *a* + Chl *b*) observados em cultivares de maracujá-azedo cultivadas em condições de alto P.....44

Figura 7. Rede de correlação fenotípica de características agronômicas: produtividade total (PT); diâmetro longitudinal dos frutos (DLF); diâmetro transversal do fruto (DTF); massa de fruto (MF); espessura de casca (EC) e porcentagem de polpa (PP);

características físico-químicas: sólidos solúveis (SST); acidez titulável (ATT); L* (luminosidade), C* (Chroma: saturação) e hab (ângulo hue: tonalidade) e características fisiológicas; taxa transpiratória (E); taxa fotossintética (A); condutância estomática (g_s); relação entre concentração interna e externa de CO_2 (C_i/C_a) (RT6); eficiência de carboxilação (A/c_i) (ACi); taxa de transporte de elétrons (ETR); rendimento quântico potencial do fotossistema II (ϕP_o) (RT1); fluxo de transporte de elétrons por centro de reação (ET0/RC) (RT2); fluxo específico de dissipação da energia ao nível das clorofilas do complexo antena (DI0/RC) (RT3); índice de desempenho fotossintético (Pi/ABS) (RT4); fluxo específico de absorção luminosa por centro de reação (ABS/RC) (RT5); fluxo de energia capturado por centro de reação. (TRo/RC) (EQF); clorofila a (Chl a), clorofila b (Chl b) e clorofila total (Chl $a + Chl b$) observados em cultivares de maracujá-azedo cultivadas em condições de baixo P.....33

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

PT	Produtividade total	(kg/parcela)
MP	Massa da polpa	(g)
PMF	Peso médio de frutos	(g)
DLF	Diâmetro longitudinal dos frutos	(mm)
DTF	Diâmetro transversal do fruto	(mm)
EC	Espessura média de casca	(mm)
SST	Teor de sólidos solúveis totais	(°Brix)
pH	Potencial de hidrogênio	
ATT	Acidez total titulável	(mL de NaOH 1 mol L ⁻¹)
L	Luminosidade	
a*	+:vermelho, -:verde	
b*	+: amarelo, -:azul	
C*	Chroma: saturação	
h _{ab}	Ângulo hue: tonalidade	
A	Taxa fotossintética	($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
g _s	Condutância estomática	($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
E	Taxa transpiratória	($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
C _i /C _a	Relação entre concentração interna e externa de CO ₂	
A/ci	Eficiência de carboxilação	($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$)
ETR	Taxa de transporte de elétrons	($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
φPo	Rendimento quântico potencial do fotossistema II	
ABS/RC	Fluxo específico de absorção luminosa por centro de reação	
TR ₀ /RC	Fluxo de energia capturado por centro de reação	
DI ₀ /RC	Fluxo específico de dissipação da energia ao nível das clorofilas do complexo antena	

DI_0/RC	Índice de desempenho fotossintético
Chl <i>a</i>	Clorofila <i>a</i>
Chl <i>b</i>	Clorofila <i>b</i>
Chl <i>a+b</i>	Clorofila total
Chl <i>a</i> / Chl <i>b</i> .	Razão Chl <i>a</i> / Chl <i>b</i> .
V_g	Variância genotípica
V_{int}	Variância da interação genótipos x ambientes
V_e	Variância residual
V_f	Variância fenotípica individual
$h^2_g = h^2$	Herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo
h^2_{mc}	Herdabilidade da média de genótipo, assumindo sobrevivência completa
A_{cclon}	Acurácia da seleção de genótipos, assumindo ausência de perda de parcelas.
rgloc	Correlação genótipos entre o desempenho nos vários ambientes
$CV_{gi\%}$	Coefficiente de variação genotípica.
$CV_{e\%}$	Coefficiente de variação residual
Média (g)	Média geral do experimento

RESUMO GERAL

SANTOS, VALDERE MARTINS. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, agosto de 2020. **Caracterização de cultivares de *Passiflora edulis* Sims. em dois níveis de adubação fosfatada em Rio Verde-GO: parâmetros agronômicos, genéticos e fisiológicos.** Orientador: Prof. Dr. Fernando Higino de Lima e Silva. Coorientadores: Prof. Dr. Pablo Diego Silva Cabral e Prof. Dr. Adinan Alves da Silva.

O Brasil é considerado o maior produtor mundial de maracujá-azedo e seu cultivo se justifica pelo rápido retorno econômico. No entanto, o manejo inadequado e a falta de cultivares com boas características agronômicas levam a rendimentos aquém do potencial da cultura. O fósforo (P) é um dos elementos minerais que mais limitam a produtividade do maracujá-azedo. A seleção de genótipos com maior eficiência na absorção, translocação e utilização desse elemento podem contribuir para o aumento da produtividade das culturas. Neste contexto, este estudo objetivou avaliar parâmetros genéticos, desempenho agronômico e comparar as respostas morfofisiológicas e bioquímicas de cultivares de maracujá-azedo cultivadas em condições de alta e baixa adubação fosfatada no sudoeste goiano, em condições de campo. O presente trabalho está estruturado em dois capítulos. O capítulo I objetivou avaliar estimativas de parâmetros genéticos via REML/BLUP para variáveis agronômicas e fisiológicas em maracujazeiro-azedo cultivado sob condições de baixa e alta adubação fosfatada. Foram avaliadas cinco cultivares de maracujá-azedo em uma safra. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições e parcela experimental constituída de três plantas. Os tratamentos foram alocados em dois ambientes. No ambiente I (baixo fósforo), foram aplicados 50% da dose recomendada de acordo com a análise de solo; 30 g P₂O₅ por cova. No ambiente II (alto fósforo) foram aplicados

100% a mais da dose recomendada; 120 g P₂O₅ por cova. As seguintes variáveis foram avaliadas: produtividade total (PT); massa dos frutos (MF); diâmetro longitudinal dos frutos (DLF); diâmetro transversal do fruto (DTF); espessura de casca (EC); massa da polpa (MP); sólidos solúveis (SST); acidez titulável (ATT); potencial de hidrogênio (pH); luminosidade (L); Chroma: saturação (C); ângulo hue: tonalidade (h_{ab}); taxa transpiratória (E); taxa fotossintética (A); condutância estomática (g_s); clorofila a (Chl a); clorofila b (Chl b) e clorofila total (Chl $a+b$). Foram estimados os seguintes parâmetros: variância genotípica (V_g); variância da interação genótipos x ambientes (V_{int}); variância residual (V_e); herdabilidade da média de genótipo, assumindo sobrevivência completa (h^2_{mc}); Acclon: acurácia da seleção de genótipos, assumindo ausência de perda de parcelas (A_{cgen}); correlação genótipos entre o desempenho nos vários ambientes (r_{gloc}); coeficiente de variação genotípica ($CV_{gi\%}$) e coeficiente de variação residual ($CV_{e\%}$). Os valores genéticos foram estimados por meio do Software Selegen, utilizando o procedimento REML/BLUP. Nas estimativas dos parâmetros genéticos via REML. A característica MF, apresentou estimativas de herdabilidade média de 0,58 e 0,79 nos ambientes baixo e alto P, respectivamente, já a característica E apresentou valores de 0,40 e 0,91 respectivamente em cada ambiente. Os valores elevados para este parâmetro indicam que a maior parte da variação fenotípica observada é por causas genéticas, e é de interesse para estudos com essa finalidade. As estimativas dos parâmetros genéticos para as variáveis agrônomicas e fisiológicas revelaram a possibilidade de sucesso a indicação de materiais genéticos superiores de maracujá-azedo para a região em apreço. As doses previamente selecionadas no capítulo 1, foram utilizadas no estudo do capítulo 2, que objetivou avaliar variáveis fisiológicas e características agrônomicas de genótipos de maracujá-azedo (híbridos e cultivar de polinização aberta) sob condições contrastantes de teores de P no solo. O experimento foi realizado nas mesmas condições descritas anteriormente. Não foram observadas diferenças entre os ambientes em estudo. Este estudo permite sugerir que cultivares de maracujá-azedo podem ser cultivadas de forma satisfatória em condições de baixa disponibilidade de P.

PALAVRAS-CHAVE: Maracujá-azedo, trocas gasosas, fósforo, modelos mistos, herdabilidade.

ABSTRACT

SANTOS, VALDERE MARTINS. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, august 2020. **Characterization of *Passiflora edulis* Sims. cultivars in two phosphate fertilization levels in Rio Verde-GO: agronomic, genetic and physiological parameters.** Advisor: Dr. Fernando Higino de Lima e Silva. Coauthors: Prof. Dr. Pablo Diego Silva Cabral and Prof. Dr. Adinan Alves da Silva.

Brazil is considered the world's largest producer of passion fruit and its cultivation is justified by the rapid economic return. However, inadequate management and the lack of cultivars with good agronomic characteristics lead to yields below the crop potential. Phosphorus (P) is one of the mineral elements that most limit crop productivity. The selection of genotypes with greater efficiency in the absorption, translocation and use of this element can contribute to increase the crop productivity. In this context, this study aimed to evaluate genetic parameters, agronomic performance and to compare the morphophysiological and biochemical responses in cultivars of passion fruit cultivated under conditions of high and low phosphate fertilization in southwest Goiás, in field conditions. The present work is structured in two chapters. Chapter I aimed to evaluate the genetic parameters estimation for agronomic and physiological variables in four passion fruit under conditions of low and high phosphate fertilization. Five cultivars of passion fruit were evaluated. The statistical design used was the randomized blocks, with three replications and an experimental plot consisting of three plants. The treatments were allocated in two environments. In environment I (low phosphorus), 50% of the recommended dose was applied according to the soil analysis; 30 g P₂O₅ per

pit. In environment II (high phosphorus) 100% more of the recommended dose was applied; 120 g P₂O₅ per hole. The following variables were evaluated: total productivity; average fruit weight; fruits longitudinal diameter; fruit transverse diameter; bark mass; shell thickness; pulp mass; soluble solids; titratable acidity; hydrogen potential; luminosity; Chroma: saturation (C); hue angle: hue (hab); maximum flow of energy retained by a PSII reaction center (TRo/RC); transpiratory rate (*E*); Photosynthetic rate (*A*); stomatal conductance (*g_s*); chlorophyll *a* (Chl *a*); chlorophyll *b* (Chl *b*) and total chlorophyll (Chl *a* + *b*). The following parameters were estimated: *V_g*: genotypic variance; *V_{int}*: variance of the genotype x environment interaction; *V_e*: residual variance; *h_{2mc}*: Heritability of the genotype average, assuming complete survival; *Acclon*: accuracy of genotype selection, assuming no loss of plots. *rgloc*: Genotypes correlation between performance in different environments; *CV_{gi%}*: genotypic variation coefficient and *CV_{e%}*: residual variation coefficient. The genetic values were estimated using the Software Selegen, using the REML/BLUP procedure. Estimates of genetic parameters by REML. The MF characteristic presented average heritability estimates of 0.58 and 0.79 in the low and high P environments, respectively, whereas the E characteristic presented values of 0.40 and 0.91 respectively in each environment. The high values for this parameter indicate that most of the observed phenotypic variation is due to genetic causes, which is of interest for studies with this purpose. The genetic parameters estimates for the agronomic and physiological variables revealed the possibility of success in the characterization of superior genetic materials of passion fruit for the region in question. The doses previously selected in chapter 1 were used in the study in chapter 2, which aimed to evaluate physiological variables and agronomic characteristics of passion fruit genotypes (hybrids and open pollinated cultivar) under contrasting conditions of soil P content. The experiment was carried out under the same conditions described above. No differences were observed between the environments under study. This study allows us to suggest that cultivars of passion fruit can be grown satisfactorily under conditions of low P availability.

KEY WORDS: Passion fruit, gas exchange, phosphorus, mixed models, heritability.

INTRODUÇÃO GERAL

O maracujazeiro pertence à família *Passifloraceae* e apresenta ampla distribuição nas regiões tropicais, sendo encontrado no Brasil, norte da Argentina, África do Sul, Austrália, Nova Zelândia, América do Norte e Ásia (Ferreira, 2016). Seu cultivo vem obtendo destaque em países como Brasil, Equador, Colômbia, Peru, África do Sul e Austrália), Índia, Quênia, Austrália, Nova Zelândia, Havaí, África do Sul e Srilanka (Faleiro & Junqueira, 2016; Gurung et al., 2014).

Dentro da família *Passifloraceae*, o gênero de maior representatividade é o *Passiflora*, possuindo mais de 400 espécies, das quais aproximadamente 90% são originárias do continente Sul Americano. Entre as espécies cultivadas do gênero, destaca-se a *Passiflora edulis* Sims, popularmente conhecida como maracujá-azedo, que representa cerca de 95% dos pomares brasileiros, principalmente por sua qualidade, produtividade, vigor e rendimento em suco (Ferreira et al., 2016).

A região centro-norte do Brasil é considerada o maior centro de distribuição geográfica da família *Passifloraceae* por apresentar ampla variabilidade genética natural, tornando possível a exploração do melhoramento genético em função das excelentes condições edafoclimáticas encontradas, de forma que muitas espécies são nativas e dispersas por todo território nacional (Chagas et al., 2016).

O Brasil é o maior produtor e consumidor de maracujá-azedo do mundo, apresenta produção próxima de 602,651 toneladas, com produtividade média próxima de 14,10 ton/ha/ano (IBGE, 2018). A produção nacional de maracujá se estende por todos os estados brasileiros e pelo Distrito Federal. As regiões que mais se destacam são: Nordeste, Sudeste e Sul, com produções de 375,541 ton, 97,307ton e 75,245 ton, respectivamente. Os Estados da Bahia, Ceará e Santa Catarina são os maiores estados

brasileiros produtores do maracujá. No Estado de Goiás, a área cultivada é estimada em 382 hectares, com produção de 7,499 toneladas (IBGE, 2018).

A produção brasileira de maracujá é considerada altamente significativa em comparação a outros países produtores, porém, o montante produzido é considerado insuficiente, para atender toda a demanda interna pelo fruto, principalmente pelo aumento do consumo de frutas frescas e industrialização (Cavalcante et al., 2016). Por outro lado, a produtividade média no Brasil é considerada baixa, levando-se em consideração o potencial produtivo da cultura, de forma que alguns produtores conseguem produtividades acima de 50 ton/ha/ano quando utilizaram cultivares melhoradas geneticamente e tecnologias adequadas no sistema de produção como: correção da acidez e fertilidade dos solos, podas de formação, adubações, polinização manual, irrigação ou fertirrigação e controle fitossanitário (Faleiro & Junqueira, 2016). A baixa produtividade está relacionada ao uso de técnicas inadequadas, uso de materiais locais pouco produtivos e de origem genética desconhecida, pequeno número de cultivares e híbridos comerciais disponíveis e problemas fitossanitários que reduziram a vida útil dos pomares (Ambrósio et al., 2018).

A quantidade de fósforo disponível nos solos brasileiros tem sido apontada como uma das principais limitações nutricionais na produção agrícola, principalmente aos baixos teores observados (Barbosa et al., 2015). Tal situação se agrava em solos intemperizados, onde a eficiência da adubação fosfatada é baixa em função de grande parte do fósforo adicionado ser imobilizado no solo em resposta a reações de precipitação, adsorção e fixação em coloides minerais (Peluco et al., 2015), com isso torna-se necessário, em muitos casos, a aplicação de alta doses deste nutriente, o qual apresenta reservas mundiais limitadas e, que podem se esgotar ainda neste século (Moura et al., 2015).

Uma alternativa interessante para contornar esse problema, seria explorar a variabilidade genética do maracujazeiro, buscando aumentar a eficiência produtiva das plantas relacionada à nutrição fosfatada e à responsividade ao fósforo, o que possibilitaria redução nos gastos com fertilizantes, pela maior adaptação das plantas a solos com baixa disponibilidade do nutriente (Rodrigues et al., 2014).

A carência de material genético adaptado à região sudoeste do Estado de Goiás, aliada a necessidade de se promover o fortalecimento da fruticultura no Estado, torna evidente a necessidade de testar diferentes cultivares, as quais venham a ser potenciais genitores para a condução de uma população de melhoramento que,

futuramente, venha originar uma cultivar com potencial para uso em plantios comerciais pelos produtores da região em apreço.

A compreensão dos processos fisiológicos envolvidos nos mecanismos de aclimação de plantas sob condições ambientais adversas é de grande importância para a agricultura e o meio ambiente. Para viabilizar a exploração das culturas em diferentes ecossistemas, faz-se necessário conhecer o comportamento dos parâmetros fisiológicos, em especial da fotossíntese, quando as plantas são submetidas a diferentes fatores ambientais que podem se tornar estressantes (Taiz & Zeiger, 2017). A medição da fluorescência da clorofila é uma técnica útil para indicar o nível de estresse de uma planta, mediante alterações no funcionamento do sistema de transferência de energia do complexo fotossintético sendo, de fácil utilização por não ser destrutiva e de rápida avaliação (Wagner & Merotto Junior, 2014).

Neste contexto, o estudo de parâmetros genéticos, características agronômicas, físico-químicas e dados fisiológicos de cultivares de maracujá-azedo fornecerão informações importantes para a compreensão do comportamento destas, quando cultivadas sob condições contrastantes de adubação fosfatada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ambrósio, M.; Krause, W.; Silva, C. A.; Lage, L. A.; Cavalcante, N. R.; Silva, I. V. Histological analysis and performance of sour passion fruit populations under different rootstocks resistant to *Fusarium* spp. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 2018, v. 40, n. 1: (e-274).

Barbosa, N. C.; Arruda, E. M.; Brod, E.; Pereira, H. S. Distribuição vertical do fósforo no solo em função dos modos de aplicação. *Bioscience Journal*, v. 31, n. 1, p. 87-95, 2015.

Bezerra, J. D.; Pereira, W. E.; Silva, J. M.; Raposo, R. W. C. Crescimento de dois genótipos de maracujazeiro-amarelo sob condições de salinidade. *Revista Ceres*, v. 63, n.4, p. 502-508, 2016.

Cavalcante, N. R.; Krause, W.; Carvalho, J. F.; Rocha, M. K. P.; Palú, E. G.; Silva, C. A. Productivity, fruit physicochemical quality and distinctiveness of passion fruit populations. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 38, n. 4: (e-142), 2016.

Chagas, K.; Alexandre, R. S.; Schmildt, E. R.; Bruckner, C. H. Faleiro, F. G. Divergência genética em genótipos de maracujazeiro azedo, com base em características físicas e químicas dos frutos. *Revista Ciência Agronômica*, v. 47, n. 3, p. 524-531, 2016.

Faleiro, F. G.; Junqueira, N. T. V. (Ed. téc.). Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa, 2016. 341 p.

Ferreira, R. T.; Viana, A. P.; Silva, F. H. L.; Santos, E. A.; Santos, J. O. Seleção recorrente intrapopulacional em maracujazeiro-azedo via modelos mistos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.38, n. 1. 158-166, 2016

Gurung, N.; Swamy, G. S. K.; Sarkar, S. K.; Ubale, N. B. Effect of chemicals and growth regulators on germination, vigour and growth of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.). *The Bioscan*. 9(1): 155-157, 2014.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção Agrícola Municipal*, 2018. Disponível em < <https://ww2.ibge.gov.br/home/default.php>> Acesso Jan 2018.

Moura, J. B.; Ventura, M. V. A.; Cabral, J. S. R.; Azevedo, W. R. Adsorção de Fósforo em Latossolo Vermelho Distrófico sob Vegetação de Cerrado em Rio Verde-Go. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*. v.4, n.3, p. 199-208, 2015.

Peluco, R. G.; Marques Júnior, J.; Siqueira, D. S.; Pereira, G. T.; BARBOSA, R. S.; TEIXEIRA, D. B. Mapeamento do fósforo adsorvido por meio da cor e da suscetibilidade magnética do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.50, n.3, p.259-266, 2015.

Rodrigues, D. L.; Viana, A. P.; Vieira, H. D.; Santos, E. A.; Silva, F. H. L.; Santos, C. L. Contribuição de variáveis de produção e de semente para a divergência genética em maracujazeiro-azedo sob diferentes disponibilidades de nutrientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.52, n.8, p.607-614, 2017.

Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2017.

Wagner, J. F.; Merotto Junior, A. Parâmetros fisiológicos e nutricionais de cultivares de soja resistentes ao glifosato em comparação com cultivares isogênicas próximas. *Ciência Rural*, v.44, n.3, 2014.

OBJETIVO

OBJETIVO GERAL

Avaliar o desempenho agronômico e comparar as respostas morfofisiológicas e bioquímicas em cultivares de maracujá-azedo cultivadas no sudoeste goiano em condições de alta e baixa adubação fosfatada.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estimar parâmetros genéticos via modelagem mista (REML/BLUP) e avaliar parâmetros fisiológicos em cultivares de maracujá-azedo em condições de alta e baixa doses de fósforo.

Estimar coeficientes de correlações fenotípicas entre as variáveis estudadas em cada ambiente de avaliação.

3. CAPÍTULO I

ESTIMATES OF GENETIC PARAMETERS AND PREDICTED GENOTYPIC
VALUES IN *Passiflora edulis* Sims. VIA REML/BLUP METHODOLOGY IN TWO
PHOSPHATE FERTILIZATION CONDITIONS

(Normas de acordo com a revista *Scientia Horticulturae* – Submetido em 06 de julho de 2020)

ABSTRACT

Brazil is considered the world's largest producer and exporter of passion fruit. However, inadequate management coupled with the low number of recommended cultivars lead to yields below the potential of the crop. In this regard, studies that incorporate agronomic and physiological variables into the characterization of cultivars are non-existent for the passion fruit crop. The present study aimed to estimate genetic parameters via REML and to predict genotypic values in five cultivars of passion fruit under low- and high-phosphate fertilization conditions via BLUP. For this, were evaluated agronomic, physicophysical-chemical and physiological variables. This experiment was conducted in an experimental area of the Fruit Farming Section of the Goiano Federal Institute, at Rio Verde Campus. Five passion fruit cultivars (hybrids BRS Sol do Cerrado, BRS Gigante Amarelo, BRS Rubi do Cerrado and SCS 437 Catarina; and open-pollinated variety UENF Rio Dourado) were evaluated. The experiment was laid out in a randomized-block statistical design with four replicates. Treatments were allocated to two environments. In environment I (low phosphorus), 50% of the recommended dose was applied according to soil analysis: 30 g P₂O₅ per pit. In environment II (high phosphorus), 100% of the recommended dose was applied: 120 g P₂O₅ per pit. The SELEGEN REML/BLUP *software* will be used for such procedures. The highest estimates of average heritability via REML were obtained for pH (0.92), LFD (0.91), A (0.97) and Clb (0.85) in the low-P environment and for the TSS (0.93), h_{ab} (0.94) and E (0.91) variables in the high-P environment, suggesting low environmental influence on these variables. In the combined analysis, high magnitude estimates of r_{gloc} were observed for agronomic and physico-chemical traits, indicating absence of a genotype × environment interaction effect and less distortion in the recommendation of cultivars. Cultivar selection by the REML/BLUP methodology proved to be efficient for the environments under study, and cultivars that perform better under low-P conditions should be prioritized.

Keywords: Passion fruit; Genetic parameters; Heritability; Gas exchange.

3.1. Introduction

Passion fruit is originally from South America and belongs to the genus *Passiflora L* (Gioppato et al., 2019). At present, Brazil is the largest producer and consumer of passion fruit in the world (Ramaiya et al., 2019), having produced 602,651 t of the fruit in 2018 from a cultivated area of 43,248 ha, which represents an average yield of approximately 14 t ha⁻¹ year⁻¹ (IBGE, 2018). This yield can be considered low, given the productive potential of the crop (Silva et al., 2016).

One of the most important causes of low productivity is the small number of cultivars recommended for the different growing regions (Silva et al., 2016), which are mostly of unknown genetic origin (Ambrósio et al., 2018), associated with inefficient management practices for the crop (Cavalcante et al., 2017).

In this respect, especially in the Brazilian soils found in the *cerrado* biome, phosphate fertilization stands out as one of the main nutritional limitations for production due to the observed low contents (Barbosa et al., 2015). Therefore, a sustainable option to minimize the limitations imposed by low P availability in the soil would be the adoption of cultivars that efficiently utilize the nutrient.

The REML/BLUP methodology is a useful technique in this type of study, since genetic analysis by this approach is achieved by predicting the genotypic values of the cultivars candidate to selection, allowing greater experimental accuracy. It is, therefore, a method that provides more accurate results than analysis of variance, especially in cases of unbalanced data and heterogeneity of variance (Cruz Neto et al., 2016).

Despite the recognized importance of passion fruit growing, there are no reports in the literature about the behavior of genotypes grown under contrasting phosphorus conditions. On this basis, studies are warranted to identify cultivars that utilize this nutrient more efficiently.

In view of the foregoing, the present study was conducted to estimate genetic parameters via REML for agronomic, physico-chemical and

physiological variables; and to predict genotypic values in five cultivars of passion fruit under low- and high-phosphate fertilization conditions via BLUP.

3.2. Material and Methods

3.2.1. Plant material and experimental description

The experiment was carried out in an experimental area of the Fruit Farming Section of the Instituto Federal Goiano, Campus de Rio Verde. According to Köppen (1928), the climate of the region is classified as megathermal or tropical humid (Aw) of the tropical savanna subtype, with dry winters and rainy summers. The soil in the experimental area is classified as a Dystrophic Red Latosol (EMBRAPA, 2013).

Five passion fruit cultivars (Table 1) registered at the Brazilian Ministry of Agriculture, Livestock and Supply were evaluated (MAPA, 2020).

Table 1. Description of the cultivars evaluated in the municipality of Rio Verde – GO, Brazil.

Cultivars	Company	Genetic Basis	Shell Color
BRS Sol do Cerrado	Embrapa – Cerrados	Narrow	Yellow
BRS Gigante Amarelo	Embrapa – Cerrados	Narrow	Yellow
BRS Rubi do Cerrado	Embrapa – Cerrados	Narrow	Purple
UENF Rio Dourado	UENF	Wide	Yellow
SCS 437 Catarina	EPAGRI	Narrow	Yellow

The experiment was laid out in a randomized-block design with four replicates and an experimental plot consisting of three plants. The total plot size was six meters, with plants spaced 2 m apart and planting rows 3.5 m apart. Vines were trained in the vertical support system, with 2.8 m-high posts spaced 5 m apart, using 12-gauge wire, at 2.0 m from the ground.

Finely ground limestone was used as a soil corrective at 30 days before planting, aiming to increase the soil base saturation percentage to 70%, as recommended. The seedlings were prepared in a greenhouse, where seeds (three/tube) of each cultivar were germinated in substrate (Plantmax®).

Subsequently, the seedlings were thinned, keeping only one per tube, and transferred to the field 60 days after emergence.

The treatments were allocated to two environments, whose fertilization recommendations for each were calculated as proposed by Ribeiro et al. (1999). In environment I (low phosphorus), 50% of the recommended dose was applied, according to the soil analysis (30 g P₂O₅ per pit). In environment II (high phosphorus), 100% of the recommended dose were applied (120 g P₂O₅ per pit). For both phosphate fertilizer doses, a single super phosphate fertilizer (18% P₂O₅) was applied as the phosphorus source, when the seedlings were planted.

The other nutrients were applied in equal amounts in each environment. A drip irrigation system was implemented, with two Katif button drippers per plant, with a flow rate of 2.3 L h⁻¹, spaced 0.50 m apart. Cultivation treatments were those recommended for the passion fruit crop, e.g. plant training and control of weeds, pests and diseases (Silva et al., 2016).

3.2.2. Evaluated variables

3.2.2.1. Fruit agronomical and physico-chemical traits

The following variables were determined in 15 fruits per plot: total yield, in kg/plot (TY) - harvests were carried out weekly and at the end of the evaluation period, followed by weighing on a digital scale; fruit weight, in g (FW) - fruits were weighed on a digital scale; longitudinal fruit diameter, in mm (LFD) - the longitudinal dimensions of the fruits were measured with a digital caliper; transverse fruit diameter, in mm (TFD) - the transverse dimensions of the fruits were measured with a digital caliper; average peel thickness, in mm (PT) - four points of the outer peel in the middle portion of the fruits were measured with a digital caliper; pulp mass (PM) - pulps were weighed on a digital scale; total soluble solids content, in °Brix (TSS) - evaluated using a digital refractometer; total titratable acidity, expressed as organic acid (g citric acid 100 g⁻¹) (TTA) - determined by the volumetric titration method using a sodium hydroxide solution; and pH - measured directly using a digital pH meter. A colorimetric analysis was also performed using a Chroma Meter CR-410 colorimeter (Konica

Minolta, Japan). The L^* (lightness), b^* (+: yellow, -: blue), c^* (Chroma: saturation) and h_{ab} (hue angle) parameters were obtained based on the coordinates of the CIE color space. Readings were taken in aliquots of pulp juice, divided into three collections throughout the production cycle, and the arithmetic means of the measurements (average per plot) of physiologically mature fruits were adopted.

3.2.2.2. Gas exchanges and chlorophyll content

Gas exchanges of the plants were evaluated to determine photosynthetic rate (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), stomatal conductance (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) and transpiration (E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). These variables were determined on fully expanded leaves exposed to the sun, located in the middle third of the productive branches, at the beginning of flowering. The measurements were carried out between 07h00 and 12h00, using an infrared gas analyzer (IRGA; LI6800xt, LiCor, Nebraska, USA), with constant photosynthetically active radiation ($1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), atmospheric concentration of CO_2 (C_a , $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$) and controlled temperature ($25 \text{ }^\circ\text{C}$) and relative humidity (50%).

The chlorophyll a (Cl_a), chlorophyll b (Cl_b) and total chlorophyll (Cl_{total}) contents were measured indirectly using an electronic chlorophyll meter – ChlorofiLOG (CFL 1030, Falker Automação Agrícola, Brazil), to obtain the Falker Chlorophyll Index (FCI) values, which are proportional to the absorbance of chlorophylls. Measurements were performed in the middle third of the leaf blade, always in the same leaf used for the evaluation of gas exchange.

3.2.2.3. Genetic-Statistic Analyses

For the individual analysis (in each environment) the model utilized was as follows:

$$y = Xr + Zg + e$$

where: y is the vector of phenotypic data; r is the vector effects of replication (assumed as fixed) summed to the overall mean; g is the vector of genotypic effects (assumed as random), and e is the vector of residues

(random). The capital letters represent the incidence matrices for the given effects.

For the joint analysis the model utilized was as follows:

$$y = Xr + Zg + Wi + e$$

where: y is the vector of phenotypic data; r is the vector effects of replication (assumed as fixed) summed to the overall mean; g is the vector of genotypic effects (assumed as random), i is the vector of the effects of genotype x location interaction (random); and e is the vector of residues (random). The capital letters represent the incidence matrices for the given effects.

Were obtained the estimates of the following genetic parameters: V_g - genotypic variance; V_{int} - Genotype x environment interaction variance; V_e - residual variance; V_f - individual phenotypic variance; h^2_g - broad sense heritability; h^2_{mg} - Heritability of the genotype average; $C^2_{int=c2}$ - Coefficient of determination of the genotype x environment interaction effects; A_{cgen} - Accuracy of genotype selection; r_{gloc} - Genotype correlation of the performance of genotypes among the growing environment; and u - general experiment average.

The distributions and structures of means and variances for a generalized linear mixed model is given by:

$$y | b, V \sim N(Xb, V)$$

$$a | A, \sigma^2_a \sim N(0, A\sigma^2_a)$$

$$e | \sigma^2_e \sim N(0, I\sigma^2_e)$$

$Cov(a, c') = 0$; $Cov(a, e') = 0$; $Cov(c, e') = 0$, that is:

$$E \begin{bmatrix} y \\ a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xb \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad eVar \begin{bmatrix} y \\ a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V & ZG & R \\ GZ' & G & 0 \\ R & 0 & R \end{bmatrix}, \text{ where:}$$

$$G = A \sigma^2_a$$

$$R = I \sigma^2_e$$

$$V = ZA \sigma^2_a Z'$$

$$I\sigma_e^2 = ZGZ' + R$$

Assuming G and R as known, the simultaneous estimation of fixed effects and the prediction of random effects can be obtained by means of mixed model equations (BLUP) given by:

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + I^{-1}\lambda_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}, \text{ where:}$$

$$\lambda_1 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_a^2} = \frac{1-h^2}{h^2};$$

Data was analyzed using the restricted maximum likelihood/best linear unbiased prediction (REML/BLUP) procedure using the Selegen-REML/BLUP software (Resende, 2016).

3.3. Results

3.3.1. Individual analysis of agronomic and physico-chemical variables

Estimates of genetic parameters for agronomic and physico-chemical traits in the low- and high-P environments are described in Table 2. The highest V_g estimate was found for FW in both environments, indicating a favorable condition for the selection of this trait. The h^2_{mg} estimates were higher than the h^2_g estimates for all variables evaluated in both environments. In the low- and high-P environments, the highest h^2_{mg} estimates were 0.92 and 0.93, for pH and TSS, respectively. Estimates of A_{cgen} were higher than 70% for all variables, except PM and TTA under low P; and L, b, c and pH under high P.

Estimates for CV_{gi} in the low-P environment ranged from 1.71% to 16.67%, for the pH and TY variables, respectively (Table 2). In the high-P environment, the CV_{gi} estimates ranged from 0.27% to 25.16%, for the L and TY traits, respectively (Table 2). In the low-P environment, the highest CV_e was observed for the PM variable (22.35%), whereas in the high-P environment, the highest estimate was observed for TY (15.29%).

Higher mean values for the TY, FW, TFD, TSS and TTA traits were observed in the low-P environment. For the remaining variables, higher means were found in the high-P environment.

3.3.2. Individual analysis of physiological variables

Estimates of genetic parameters for the physiological variables in the environments under study are described in Table 3.

In the low-P environment, the highest V_g estimate was observed for *Cltotal* (11.79). Under high P conditions, the highest V_g estimate was observed for *E* (3.39). The V_g estimates for *A*, *Cl_a*, *Cl_b* and *Cltotal* were higher in the low-P environment.

The h^2_{mg} estimates were higher than the h^2_g estimates for all physiological variables, in both environments. Higher h^2_{mg} estimates were observed in the low-P environment for the *E*, *A* and *gs* variables. In the high-P environment, higher estimates were observed for *Cl_a*, *Cl_b* and *Cltotal*.

Higher A_{cgen} and $CV_{gi\%}$ estimates were observed under low P for the *A*, *Cl_a*, *Cl_b* and *Cltotal* variables. This result was expected for these parameters, given the higher V_g estimates for the variables in question in that environment.

Regarding the $CV_{e\%}$ parameter, superior estimates were observed for all variables under high P conditions, except *E* (15.24). The highest $CV_{e\%}$ estimates in both environments were observed for the *gs* variable, which showed the greatest environmental influence in the experiment (Table 3).

Higher mean values were observed in the high-P environment for *E*, *A* and *gs* variables, whereas *Cl_a*, *Cl_b* and *Cltotal* showed higher means in the low-P environment.

Table 2. Estimates of genetic parameters via REML for agronomic and physical-chemical variables: total yield (TY); fruit weight (FW); longitudinal fruit diameter (LFD); transverse fruit diameter (TFD); average peel thickness (PT); pulp mass (PM); total soluble solids content (TSS); total titratable acidity (TTA); hydrogen potential (pH); lightness (L*); (+: yellow, -: blue) (b*), (Chroma: saturation) (C) and hab (hue angle) in environments with low and high phosphorus.

Variables	Parameters													
	V_g		h^2_g		h^2_{mg}		A_{cgen}		$CV_{gi}\%$		$CV_e\%$		Average (u)	
	Low P	High P	Low P	High P	Low P	High P	Low P	High P	Low P	High P	Low P	High P	Low P	High P
TY	8.14	17.13	0.57	0.53	0.70	0.69	0.84	0.83	16.67	25.16	9.14	15.29	17.12	16.44
FY	500.57	951.82	0.32	0.55	0.58	0.79	0.76	0.88	9.37	13.17	13.61	11.78	238.68	234.21
LFD	43.06	31.82	0.77	0.49	0.91	0.74	0.95	0.86	6.95	5.92	3.82	6.01	94.40	95.23
TFD	23.12	13.93	0.57	0.46	0.80	0.72	0.89	0.85	5.66	4.47	4.89	4.78	84.92	83.47
PT	0.36	0.25	0.64	0.47	0.84	0.73	0.91	0.85	7.86	6.41	5.89	6.72	7.59	7.79
PM	19.69	205.88	0.04	0.69	0.11	0.87	0.34	0.92	4.67	14.84	22.35	9.71	94.87	96.69
TSS	0.05	0.33	0.28	0.83	0.55	0.93	0.74	0.97	1.74	4.46	2.74	2.03	12.99	12.84
TTA	0.01	0.11	0.06	0.68	0.16	0.86	0.39	0.93	1.75	7.75	7.04	5.28	4.56	4.37
pH	0.01	0.00	0.79	0.19	0.92	0.43	0.96	0.65	1.71	1.05	0.86	2.10	2.84	2.88
L	0.44	0.01	0.32	0.01	0.59	0.01	0.77	0.09	1.75	0.27	2.52	4.81	38.15	38.58
B	4.17	0.05	0.55	0.01	0.78	0.01	0.88	0.12	9.75	1.07	8.78	14.73	20.94	21.45
C	3.71	0.07	0.53	0.01	0.77	0.02	0.87	0.14	9.12	1.22	8.64	14.61	21.13	21.52
h _{ab}	11.61	6.79	0.59	0.85	0.81	0.94	0.90	0.97	3.56	2.71	2.95	1.15	95.59	96.18

V_g : genotypic variance. h^2_g : broad sense heritability. h^2_{mg} : genotype mean heritability. A_{cgen} : selection accuracy. $CV_{gi}\%$: genotypic coefficient of variation, $CV_e\%$: residual coefficient of variation. u: overall average.

Table 3. Estimates of genetic parameters via REML for physiological variables: transpiration rate (E); photosynthetic rate (A); stomatal conductance (g_s); chlorophyll b (Clb); chlorophyll a (Cl_a) and total chlorophyll (Cl_{total}) in environments with low and high phosphorus.

Variables	Parameters													
	V_g		h^2_g		h^2_{mg}		A_{cgen}		$CV_{gi\%}$		$CV_{e\%}$		Average (u)	
	Low P	High P	Low P	High P	Low P	High P	Low P	High P	Low P	High P	Low P	High P	Low P	High P
E	0.22	3.32	0.18	0.76	0.40	0.91	0.63	0.95	7.5	27.51	15.91	15.24	6.22	6.62
A	7.55	5.35	0.93	0.66	0.97	0.85	0.98	0.92	16.16	13.10	4.45	9.37	17.00	17.66
g_s	0.01	0.01	0.29	0.31	0.56	0.57	0.75	0.76	12.92	24.15	19.95	36.19	0.35	0.44
Cl_a	1.49	0.02	0.41	0.01	0.68	0.03	0.83	0.16	3.18	0.36	3.76	3.82	38.53	36.98
Cl_b	4.68	0.32	0.65	0.13	0.85	0.31	0.92	0.55	14.01	4.07	10.16	10.64	15.46	13.78
Cl_{total}	11.79	0.59	0.61	0.07	0.82	0.18	0.91	0.43	6.36	1.52	5.13	5.48	54.00	50.76

V_g : genotypic variance. h^2_g : broad sense heritability. h^2_{mg} : genotype mean heritability. A_{cgen} : selection accuracy. $CV_{gi\%}$: genotypic coefficient of variation, $CV_{e\%}$: residual coefficient of variation. u : overall average.

3.3.4. Joint analysis

Estimates of genetic parameters obtained in the combined analysis are presented for the agronomic and physico-chemical (Table 4) and physiological (Table 5) variables.

The estimates of h^2_{mg} were higher than those of h^2_g for all agronomic, physico-chemical and physiological variables, in the combined analysis (Tables 4 and 5). Estimates of h^2_{mg} above 0.60 were observed for all agronomic and physico-chemical variables, except TY, PM, TSS, TTA and L. For the physiological variables, the highest h^2_{mg} estimate was observed for *E* (0.33).

According to the estimates of C^2_{int} , which refers to the proportion of V_{int} in the total V_f , the highest coefficient (0.68) was observed for TY (Table 4), demonstrating a high influence of the different environments under study on this variable. Among the physiological variables, the highest C^2_{int} estimates were observed for *Cltotal* (0.36) and *Clb* (0.38) (Table 5).

The A_{cgen} estimates for the agronomic and physico-chemical variables were higher than 0.60, except for TY and TSS (Table 4). For the physiological variables, all A_{cgen} estimates were lower than 0.60, with the highest and lowest estimates observed for *E* (0.58) and *gs* (0.41).

The r_{gloc} estimates for agronomic and physicochemical traits were higher than 0.80 for all variables, except TY and TSS. For the physiological traits, in turn, the r_{gloc} estimates ranged from 0.23 to 0.92, for *Cltotal* and *E*, respectively (Table 5).

Table 4. Estimates of genetic parameters via REML in the joint analysis for agronomic and physical-chemical variables: total yield (TY); fruit weight (FW); longitudinal fruit diameter (LFD); transverse fruit diameter (TFD); average peel thickness (PT); pulp mass (PM); total soluble solids content (TSS); total titratable acidity (TTA); hydrogen potential (pH); lightness (L*); (+: yellow, -: blue) (b*), (Chroma: saturation) (C) and hab (hue angle) in environments with low and high phosphorus.

Variables	Parameters									
	V _g	V _{int}	V _e	V _f	h ² _g	h ² _{mg}	C ² _{int}	A _{cgen}	r _{gloc}	Average (u)
TY	0.06	10.95	5.08	16.09	0.01	0.01	0.68	0.09	0.01	16.78
FY	587.80	101.64	936.48	1625.92	0.36	0.61	0.06	0.78	0.85	236.77
LFD	37.36	0.31	20.05	57.72	0.65	0.84	0.01	0.92	0.99	94.87
TFD	14.70	2.97	19.37	37.04	0.39	0.64	0.08	0.80	0.83	84.29
PT	0.24	0.05	0.23	0.52	0.46	0.70	0.10	0.83	0.81	7.68
PM	94.05	6.21	275.79	376.05	0.25	0.49	0.02	0.70	0.93	95.78
TSS	0.01	0.04	0.28	0.33	0.04	0.05	0.11	0.22	0.28	12.92
TTA	0.06	0.01	0.09	0.16	0.36	0.40	0.07	0.63	0.84	4.47
pH	0.01	0.00	0.01	0.02	0.35	0.62	0.07	0.62	0.91	2.85
L	0.21	0.00	2.00	2.21	0.09	0.24	0.09	0.49	0.96	38.34
B	3.14	0.02	5.30	8.46	0.37	0.64	0.01	0.79	0.99	21.09
C	2.74	0.02	5.36	8.12	0.34	0.60	0.01	0.77	0.99	21.25
h _{ab}	8.84	0.16	4.97	13.97	0.63	0.83	0.01	0.91	0.98	95.88

V_g: genotypic variance. V_{int}: genotype x environment interaction variance. V_e: residual variance. V_f: individual phenotypic variance. h²_g = h²: broad sense heritability. h²_{mg}: genotype mean heritability. C²_{int}=C²₂: determination coefficient of the genotype x environment interaction. A_{cgen}: selection accuracy. r_{gloc}: Genotypic correlation of behavior in different environments. u: overall average.

Table 5. Estimates of genetic parameters via REML in the joint analysis for physiological variables: transpiration rate (E); photosynthetic rate (A); stomatal conductance (g_s); chlorophyll b (Clb); chlorophyll a (Cl_a) and total chlorophyll (Cl_{total}) in environments with low and high phosphorus.

Variables	Parameters									Average (u)
	V_g	V_{int}	V_e	V_f	h^2_g	h^2_{mg}	C^2_{int}	A_{cgen}	r_{gloc}	
E	0.25	0.02	1.43	1.70	0.15	0.33	0.01	0.58	0.92	6.42
A	0.40	0.04	4.07	4.51	0.09	0.23	0.00	0.47	0.90	17.33
g_s	0.01	0.00	0.02	0.03	0.06	0.17	0.02	0.41	0.74	0.39
Cl_a	0.28	0.88	2.35	3.51	0.08	0.18	0.25	0.43	0.24	37.75
Cl_b	0.73	2.14	2.66	5.53	0.13	0.27	0.38	0.52	0.25	14.61
Cl_{total}	1.88	6.08	8.81	16.77	0.11	0.24	0.36	0.49	0.23	52.38

V_g : genotypic variance. V_{int} : genotype x environment interaction variance. V_e : residual variance. V_f : individual phenotypic variance. $h^2_g = h^2_2$: broad sense heritability. h^2_{mg} : genotype mean heritability. $C^2_{int}=c^2_2$: determination coefficient of the genotype x environment interaction. A_{cgen} : selection accuracy. r_{gloc} : Genotypic correlation of behavior in different environments. u: overall average.

3.3.5. Selection and gain estimations via BLUP

Genotypic effects (g), interaction-free genotypic values ($\mu + g$), genetic gains and the new mean for the five cultivars evaluated under contrasting conditions are shown in Tables 6 and 7. Due to the high number of variables evaluated, six were chosen for selection and gain estimations via BLUP. The choice was based on the importance for the production sector, fresh consumption, industrial use, as well as physiological variables of importance and whose measurement was more laborious.

For TY, under low P conditions, cultivars BRS Rubi do Cerrado, SCS 437 Catarina and UENF Rio Dourado were the three best, in descending order. In the high-P environment, the best ranked cultivars were BRS Sol do Cerrado, SCS 437 Catarina and BRS Gigante Amarelo (Table 7).

Regarding the PM trait, cultivars BRS Sol do Cerrado and BRS Gigante Amarelo were the best ranked in the low-P environment, with respective gains of 1.76 and 1.57 (Table 6). In the high-P environment, however, cultivars BRS Gigante Amarelo, SCS 437 Catarina and BRS Sol do Cerrado stood out, with gains of 15.23, 12.66 and 9.19, respectively (Table 7).

For TSS, in the low-P environment, cultivar BRS Rubi do Cerrado had the best performance, with a gain of 0.28 (Table 6). In the high-P environment, cultivar BRS Rubi do Cerrado was superior, with a gain of 0.84 (Table 7).

In terms of E , the cultivars that obtained the highest gains in the low-P environment were BRS Sol do Cerrado, BRS Gigante Amarelo and UENF Rio Dourado, with gains of 0.27, 0.25 and 0.17, respectively (Table 6). In the high-P environment, cultivar BRS Sol do Cerrado also showed the best performance, with a gain of 2.11 (Table 7).

Cultivar BRS Gigante Amarelo exhibited the best performance for the A trait, in both the low- and high-P environments, with respective gains of 2.91 and 3.05 (Tables 6 and 7). For gs , in the low- and high-P environments, cultivar BRS Sol do Cerrado showed the best performance, with respective gains of 0.02 and 0.07 (Tables 6 and 7).

Table 6. Estimates of predicted genetic gain via BLUP for the variables: total yield (TY); pulp mass (PM); total soluble solids content (TSS); transpiration rate (E); photosynthetic rate (A) and stomatal conductance (g_s) in five cultivars of passion fruit in the low P.

Order	Cultivar	Total yield (TY)				Ordem	Cultivar	Pulp mass (PM)				Ordem	Cultivar	Total soluble solids (TSS)			
		g	$\mu+g$	Gain	New mean			g	$\mu+g$	Gain	New mean			g	$\mu+g$	Gain	New mean
1	BRS Rubi	2.99	20.11	2.99	20.11	1	BRS-SC	1.76	96.64	1.76	96.62	1	BRS- Rubi	0.28	13.28	0.28	13.28
2	SCS 437 Catarina	2.31	19.43	2.65	19.77	2	BRS-GA	1.39	96.27	1.57	96.45	2	UENF	-0.02	12.97	0.13	13.13
3	UENF	-0.18	16.94	1.71	18.83	3	BRS Rubi	-0.33	94.55	0.94	95.82	3	BRS-SC	-0.03	12.96	0.07	13.07
4	BRS-GA	-1.52	15.59	0.90	18.02	4	SCS 437 Catarina	-1.41	93.47	0.35	95.23	4	BRS-GA	-0.07	12.92	0.04	13.03
5	BRS-SC	-3.60	13.52	0.00	17.12	5	UENF	-1.41	93.46	0.00	94.87	5	SCS 437 Catarina	-0.16	12.84	0.00	12.83

Order	Cultivar	Transpiration rate (E)				Ordem	Cultivar	Photosynthetic rate (A)				Ordem	Cultivar	Stomatal conductance (g_s)			
		g	$\mu+g$	Gain	New mean			g	$\mu+g$	Gain	New mean			g	$\mu+g$	Gain	New mean
1	BRS-SC	0.27	6.48	0.27	6.48	1	BRS-GA	2.91	19.91	2.91	19.91	1	BRS-SC	0.03	0.37	0.03	0.37
2	BRS-GA	0.22	6.44	0.25	6.46	2	UENF	0.69	17.69	1.80	18.80	2	BRS-GA	0.02	0.37	0.02	0.37
3	UENF	0.02	6.24	0.17	6.39	3	BRS-SC	0.53	17.53	1.38	18.38	3	UENF	0.01	0.36	0.02	0.37
4	SCS 437 Catarina	-0.03	6.18	0.12	6.34	4	SCS 437 Catarina	0.34	17.35	1.12	18.12	4	SCS 437 Catarina	0.00	0.35	0.01	0.36
5	BRS- Rubi	-0.48	5.74	0.00	6.22	5	BRS- Rubi	-4.48	12.52	0.00	17.00	5	BRS- Rubi	-0.06	0.29	0.00	0.35

g: genetic effect; $\mu+g$: average genotypic value

Table 7. Estimates of predicted genetic gain via (BLUP for the variables: total yield (TY); pulp mass (PM); total soluble solids content (TSS); transpiration rate (E); photosynthetic rate (A) and stomatal conductance (g_s) in five cultivars of passion fruit in the high P.

Order	Cultivar	Total yield (TY)				Ordem	Cultivar	Pulp mass (PM)				Ordem	Cultivar	Total soluble solids (TSS)			
		g	$\mu+g$	Gain	New mean			g	$\mu+g$	Gain	New mean			g	$\mu+g$	Gain	New mean
1	BRS-SC	5.51	21.95	5.51	21.95	1	BRS-GA	15.23	111.93	15.23	111.93	1	UENF	0.84	13.68	0.84	13.68
2	SCS 437 Catarina	0.33	16.77	2.92	19.36	2	SCS 437 Catarina	10.08	106.78	12.66	109.36	2	BRS-GA	0.02	12.86	0.43	13.27
3	BRS-GA	0.07	16.52	1.97	18.42	3	BRS-SC	2.26	98.96	9.19	105.89	3	SCS 437 Catarina	-0.02	12.83	0.23	13.13
4	BRS Rubi	-0.39	16.05	1.38	17.82	4	UENF	-12.98	83.71	3.65	100.35	4	BRS-SC	-0.13	12.72	0.17	13.02
5	UENF	-5.51	10.93	0.00	16.45	5	BRS-Rubi	-14.59	82.10	0.00	96.69	5	BRS Rubi	-0.71	12.14	0.00	12.85

Order	Cultivar	Transpiration rate (E)				Ordem	Cultivar	Photosynthetic rate (A)				Ordem	Cultivar	Stomatal conductance (g_s)			
		g	$\mu+g$	Gain	New mean			g	$\mu+g$	Gain	New mean			g	$\mu+g$	Gain	New mean
1	BRS-SC	2.11	8.73	2.11	8.73	1	BRS-GA	3.09	20.75	3.09	20.75	1	BRS-SC	0.07	0.51	0.07	0.51
2	BRS-GA	1.33	7.95	1.72	8.34	2	BRS-SC	1.05	18.71	2.07	19.73	2	SCS 437 Catarina	0.05	0.49	0.06	0.49
3	SCS 437 Catarina	-0.36	6.26	1.03	7.65	3	BRS Rubi	-0.73	16.93	1.14	18.79	3	BRS-GA	0.04	0.48	0.05	0.49
4	BRS Rubi	-0.87	5.75	0.55	7.17	4	SCS 437 Catarina	-0.89	16.76	0.63	18.29	4	BRS Rubi	-0.04	0.39	0.03	0.47
5	UENF	-2.22	4.40	0.00	6.62	5	UENF	-2.51	15.15	0.00	17.66	5	UENF	-0.12	0.32	0.00	0.44

g: genetic effect; $\mu+g$: average genotypic value

3.4. Discussion

There are no studies in the literature that estimate genetic parameters under contrasting conditions of fertilization for the passion fruit crop.

Genetic variability was detected between the cultivars for most variables, which indicates possibilities of success in the selection of passion fruit cultivars under contrasting conditions of phosphate fertilization. The verification of genetic variation makes it possible to evaluate the efficiency of different breeding strategies to obtain genetic gains and ensure the maintenance of an adequate genetic base (Carias et al., 2016).

For all traits evaluated, in both environments, the estimates of heritability coefficients were higher for h^2_{mc} (mean heritability of the cultivars) than for h^2_g (broad-sense heritability). Thus, it can be inferred that selection based on the average of the cultivars allows greater success in selection, demonstrating good genetic control of the trait and potential for the selection of superior cultivars. According to Resende (2004), h^2_{mg} is estimated when the means of blocks are used as a criterion for the evaluation and/or selection of genotypes.

The TY trait showed low h^2_{mg} estimates in the joint analysis, proving to be highly influenced by the environment. In addition to the genetic nature of the trait under selection, experimental conditions related to the number of replicates, the number of plants per plot, as well as uniformity of cultivation treatments directly influence heritability estimates (Ferreira et al., 2016).

Traits that showed low V_g values in both environments also exhibited low h^2_g , h^2_{mg} and A_{cgen} , and, consequently, lower genetic gains. Considering that the observed variations have, for the most part, a genetic nature, higher estimates of A_{cgen} were observed for this set of variables.

Higher A_{cgen} values indicate greater precision in accessing the true genetic variation from the phenotypic variation observed in each of the traits and, as a consequence, greater success in selection. On the other hand, the low accuracy indicates that, for these traits, the data are less reliable, possibly because the traits are highly influenced by the environment. Estimates of CV_{gi} for the *a*, *b* and *total* chlorophyll and *A* variables were higher in the low-P environment, indicating greater genetic variability for these traits in that environment.

A C^2_{int} value higher than h^2_{mc} indicates a greater interaction with the environment. The results found for this parameter are important in that they show that the cultivars responded similarly for most traits in the environments under study.

With respect to the physiological traits, the C^2_{int} estimates were higher than the h^2_{mc} estimates for the chlorophyll variables, indicating a high interaction with the environments, which resulted in lower r_{gloc} values. The existence of an interaction effect may be related to the different behavior between cultivars in the environments and the inconsistent superiority of cultivars with the environmental variation. The results obtained for the physiological traits showed that particularities of the environments where the cultivars were evaluated influenced their physiological responses.

The higher A_{cgen} estimates observed for most of the agronomic and physico-chemical traits are a reflection of the higher h^2_{mg} value. This finding indicates the existence of genetic variance between cultivars and reveals good experimental quality and precision due to the control of random environmental variations, which translates into greater reliability in obtaining the data.

Low and moderate A_{cgen} estimates were obtained for the physiological variables, according to the classification proposed by Resende and Duarte (2007). These results can be attributed to the low h^2_{mg} estimates found.

The r_{gloc} estimates were of high magnitude for most agronomic and physico-chemical traits, denoting a simple type of interaction, which results in less distortion in the indication of cultivars. The obtained results demonstrate the low interaction between the cultivars and the environments under study, since higher r_{gloc} values mean greater possibilities of gains with selection and lower genotype \times environment interactions.

Among the physiological traits, high-magnitude r_{gloc} estimates were found for E and A , denoting little environmental influence. On the other hand, low-magnitude estimates were obtained for the chlorophyll-related variables, indicating complex interactions, which compromises the selection and classification of cultivars in the evaluated environments.

Low r_{gloc} values between environments indicate the need to select cultivars for that trait under study in each environment, aiming at maximizing the

expected genetic gains (Santos et al., 2015). Additionally, they demonstrate the importance of studying the adaptability and stability of these cultivars.

Cultivar selection by the REML/BLUP methodology proved to be efficient for the environments under study, and cultivars that perform better under low-P conditions should be prioritized. The presented results are interesting and represent a strong impact for the passion fruit production sector, given the costs of phosphate fertilization and the choice of cultivars in this environment.

3.5. Conclusions

The REML / BLUP methodology was efficient to identify and select cultivars in the studied environments.

In the environment low P the cultivar BRS Rubi do Cerrado was ranked among the top three for variables TY, PM and TSS. However, it was the last ranking for physiological variables E, A e gs. For these variables, the cultivars BRS Gigante Amarelo, BRS Sol do Cerrado and UENF Rio Dourado were ranked among the top three.

Considering the variable TY, the cultivar UENF Rio Dourado proved to be promising for use in environments with low phosphorus. In addition, due to the fact that it is an open-pollination variety the saving seeds is allowed, being an excellent alternative for producers with lower technological level.

3.6. Acknowledgments

The authors gratefully acknowledge the support of the Goiano Federal Institute and of *Research Foundation* of the State of Goiás (FAPEG) for providing scholarship for the first author.

References

- Ambrósio, M., Krause, W., Silva, C.A., Lage, L.A., Cavalcante, N.R., Silva, I.V., 2018. Histological analysis and performance of sour passion fruit populations under different rootstocks resistant to *Fusarium* spp. Rev. Bras. Frutic. 40, e-274. <https://doi.org/10.1590/0100-29452018274>.
- Barbosa, N.C., Arruda, E.M., Brod, E., Pereira, H.S., 2015. Distribuição vertical do fósforo no solo em função dos modos de aplicação. Bioscience Journal. 31, 87-95. <https://doi.org/10.14393/BJ-v31n1a2015-18196>.
- Carias, C.M.D.O.M., Gravina, G.D.A., Ferrão, M.A.G., Fonseca, A.F.A.D., Ferrão, R.G., Vivas, M., Viana, A.P., 2016. Predição de ganhos genéticos via modelos mistos em progênes de café conilon. Coffee Science, v. 11, n.1.
- Cavalcante, N.R., Krause, W., Viana, A.P., Silva, C.A., Porto, K.K.X., Martinez, R.A.S. 2017. Anticipated selection for intrapopulation breeding of passion fruit. Acta Sci., Agron. 39, 143-148. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v39i2.31022>.
- Cruz Neto, A.J.D., Rosa, R.C.C., Oliveira, E.J.D., Sampaio, S.R., Santos, I.S.D., Souza, P.U., Jesus, O.N.D. 2016. Genetic parameters, adaptability and stability to selection of yellow passion fruit hybrids. Crop Breed. Appl. Biotechnol. 16, 321-329. <https://doi.org/10.1590/1984-70332016v16n4a48>.
- Embrapa, 2013. Sistema Brasileiro de Classificação do Solo. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Terceira ed. Brasília, Brasil. 353 p.
- Ferreira, R. T.; Viana, A. P.; Silva, F. H. L.; Santos, E. A.; Santos, J. O., 2016. Intrapopulation recurrent selection in sour passion fruit by mixed models. Revista Brasileira de Fruticultura. 38, 158-166. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-260/14>
- Gioppato, H.A., Silva, M.B., Carrara, S., Palermo, B.R.Z., Souza Moraes, T., Dornelas, M.C., 2019. Genomic and transcriptomic approaches to understand *Passiflora* physiology and to contribute to passionfruit

- breeding. Theoretical and Experimental. Plant Physiology. 31, 173-181. <https://doi.org/10.1007/s40626-018-0134-1>.
- IBGE, 2018. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal. ([https:// sidra.ibge.gov.br/tabela/5457](https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457)) (Acesso Janeiro 2020).
- Köppen, W., Geiger, R. 1928. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wallmap 150cmx200cm.
- MAPA, 2020. Registro nacional de cultivares – RNC. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. (<http://www.agricultura.gov.br/>) (Acess on janeiro 2020).
- Ramaiya, S.D., Bujang, J.S., Zakaria, M.H., 2019. Physicochemical, Fatty Acid and Antioxidant Properties of Passion Fruit (*Passiflora* Species) Seed Oil. Pakistan Journal of Nutrition. 18, 421-429. <https://doi.org/10.3923/pjn.2019.421.429>.
- Resende, M.D.V. 2004. Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo. Colombo: Embrapa Florestas. 57 p.
- Resende, M.D.V., Duarte, J.B. 2007. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. Pesq Agropec Trop. 37, 182-194.
- Resende, M.D.V.D. 2016. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. Crop Breed. Appl. Biotechnol. 16, 330-339.
- Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez, V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.
- Santos, G.A., Resende, M.D.V., Silva, L.D., Higa, A., Assis, T.F. 2015. Interação genótipos x ambientes para produtividade de clones de eucalyptus l'hér. no estado do Rio Grande do Sul. Revista Árvore. 39, 81-91.
- Silva, F.H., Muñoz, P.R., Vincent, C.I., Viana, A.P. 2016. Generating relevant information for breeding *Passiflora edulis*: genetic parameters and population structure. Euphytica. 208, 609-619. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1616-8>.

4.Capítulo II

CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA E AGRONÔMICA DE CULTIVARES DE MARACUJAZEIRO-AZEDO EM DOIS NÍVEIS DE ADUBAÇÃO FOSFATADA

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar variáveis fisiológicas e características agrônômicas de genótipos de maracujá-azedo (híbridos e cultivar de polinização aberta) sob condições contrastantes de teores de P no solo e estimar coeficientes de correlação para todas as variáveis nos ambientes baixo e alto P. Foram avaliadas cinco cultivares de maracujá-azedo. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições e parcela experimental constituída de quatro plantas. Os tratamentos foram alocados em dois ambientes. No ambiente I (baixo fósforo), foram aplicados 50% da dose recomendada de acordo com a análise de solo; 30 g P₂O₅ por cova. No ambiente II (alto fósforo) foram aplicados 100% a mais da dose recomendada; 120 g P₂O₅ por cova. As seguintes variáveis foram avaliadas: produtividade total em kg/parcela (PT); massa do fruto em gramas (MF); diâmetro longitudinal dos frutos em milímetros (DLF); diâmetro transversal do fruto em milímetros (DTF); espessura média de casca em milímetros (EC; massa de polpa (MP); teor de sólidos solúveis totais (SST); acidez total titulável (ATT); L* (luminosidade); C* (Chroma: saturação); h_{ab} (ângulo hue: tonalidade); taxa fotossintética (A); condutância estomática (g_s); taxa de transpiração (E); relação entre concentração interna e externa de CO₂ (C_i/C_a); eficiência de carboxilação (A/ci); taxa de transporte de elétrons (ETR); rendimento quântico potencial do fotossistema II (ΦP_o); fluxo específico de absorção luminosa por centro de reação (ABS/RC); fluxo de energia capturado por centro de reação (TR₀/RC); fluxo de transporte de elétrons por centro de reação (ET₀/RC); fluxo específico de dissipação da energia ao nível das clorofilas do complexo antena (DI₀/RC) e índice de desempenho fotossintético (P_i/ABS) e teores de clorofila. Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey (P<0,05) quando constatada significância, utilizando o programa R (*R CORE TEAM*,

2015). Foi observada para as características agronômicas; PT, MF, DLF, DTF, EC e MP ausência de efeitos significativos entre os ambientes em estudos. A interação entre fatores (cultivar x concentração de P no ambiente) apresentou efeito significativo sobre as variáveis A , g_s , E , e ETR. Para C_i/C_a não houve efeito das fontes de variação em estudo, enquanto para a característica A/C_i houve somente efeito entre as cultivares. Os resultados da fluorescência da clorofila a demonstraram que as cultivares não passaram por condições estressantes quando cultivadas sob baixo P, confirmando a hipótese de que cultivares de maracujá-azedo têm desempenho semelhante sendo cultivados em condições de alto e baixo P no solo. No ambiente alto foram observadas correlações positivas entre as características agronômicas MF x DTF, essas correlações são importantes, uma vez que indicam que a escolha de cultivares com maiores MF poderá ser feita através da medição do DTF, ainda no campo, sem necessidade de pesá-los, contribuindo para que o processo de seleção seja dinâmico e de baixo custo. No ambiente baixo P, a produtividade se demonstrou correlacionada positivamente com E , g_s e C_i/C_a , indicando que aumento na condutância estomática, resultam em aumentos na transpiração e maior produtividade.

Palavras-Chave: Maracujá-azedo, correlações fenotípicas, trocas gasosas; eficiência fotossintética.

ABSTRACT

The aim of the present work was to evaluate physiological variables and agronomic characteristics of passion fruit genotypes (hybrids and open pollinated cultivar) under contrasting conditions of P content in soil and to estimate correlations coefficient for all variables in low and high P. Five cultivars of passion fruit were evaluated. The statistical design used was randomized blocks, with four replications and an experimental plot consisting of three plants. The treatments were allocated in two environments. In environment I (low phosphorus), 50% of the recommended dose was applied according to the soil analysis; 30 g P₂O₅ per pit. In environment II (high phosphorus) 100% more of the recommended dose was applied; 120 g P₂O₅ per hole. The following variables were evaluated: total productivity in kg / parcel (PT); fruit mass in grams (MF); fruits longitudinal diameter in millimeters (DLF); fruit transverse diameter in millimeters (DTF); average shell thickness in millimeters (EC; pulp mass (MP); total soluble solids content (SST); total titratable acidity (ATT); L * (luminosity); C * (Chroma: saturation); hab (hue angle) : shade); photosynthetic rate (A); stomatal conductance (g_s); transpiration rate (E); relationship between internal and external CO₂ concentration (C_i/C_a); carboxylation efficiency (A/ci); electrons (ETR); potential quantum yield of photosystem II (φP_o); specific flux of luminous absorption by reaction center (ABS/RC); energy flux captured by reaction center (TR0/RC); electron transport flux by reaction center (ET0/RC), specific energy dissipation flow at the level of the chlorophylls of the antenna complex (DI0/RC) and photosynthetic performance index (Pi/ABS) and chlorophyll contents. The data were submitted to variance and Tukey's test (P <0.05) when found significant, using the R program (R CORE TEAM, 2015). There was observed for agronomic characteristics; PT, MF, DLF, DTF, EC and MP

absence of significant effects between the environments under study. The interaction between factors (cultivar x P concentration in the environment) showed a significant effect on variables A , g_s , E , and ETR. For C_i/C_a there was no effect of the sources of variation, while for characteristic A/C_i there was only effect between cultivars. The results of the chlorophyll fluorescence showed that the cultivars did not undergo to stressful conditions when grown under low P, which confirms the hypothesis that cultivars of passion fruit have similar performance being grown under conditions of high and low P in the soil. In the high environment, positive correlations were observed between MF x DTF agronomic characteristics, these correlations are important, since they indicate that the choice of cultivars with higher MFs can be made by measuring the DTF, even in the field, without the need for weighing. contributing to a dynamic and low-cost selection process. In the low P environment, productivity was shown to be positively correlated with E , g_s and C_i/C_a , indicating that an increase in stomatal conductance results in increased sweating and greater productivity.

KEY WORDS: Passion fruit, phenotypic correlations, gas exchange; photosynthetic efficiency.

4.1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o Brasil vem obtendo grande destaque na produção de frutas, com ênfase para o cultivo de maracujá-azedo (*Passiflora edulis* Sims) (Cordeiro et al., 2019). Apesar da importância da cultura para o país, sua produtividade é baixa e estagnou em torno de 14 toneladas por hectare por mais de uma década (Gioppato et al., 2019). Isso, muito em função da falta de cultivares adaptadas às regiões produtoras e que atendam as necessidades de produtores e consumidores em termos de qualidade e rendimento (Chavarría-Perez et al., 2019; D'Abadia et al., 2020).

Altas produtividades na cultura do maracujá-azedo dependem, dentre outros fatores, do fornecimento de quantidades satisfatórias de nutrientes, sendo a adubação adequada com fósforo (P) uma prática fundamental (Andrade et al., 2015). No entanto, a quantidade de fosfato inorgânico presente na solução do solo é baixa em função do elevado poder de adsorção/precipitação do nutriente no solo, tornando-o indisponível para as plantas (Gan et al., 2016). Isso estimula a aplicação de quantidades crescentes de P no solo (Zhang et al., 2016), sendo está uma conduta desvantajosa considerando os custos deste insumo e por se tratar de um recurso não renovável.

As plantas possuem uma ampla gama de mecanismos fisiológicos que contribuem para o aumento da disponibilidade e aquisição de P do solo (Silva et al., 2019). Entretanto, deficiência severa de P na planta, pode provocar diminuição na taxa de crescimento, taxa fotossintéticas e respiratória (Lopez-Arredondo et al., 2014), e no transporte de carboidratos (Liu et al., 2017). Dessa forma, baixos níveis de P no solo pode ser considerado importante fator limitante que restringe a produção da cultura do maracujá-azedo.

A demanda de P nos tecidos das plantas e as respostas em relação à disponibilidade do elemento variam entre as cultivares. Para confrontar os desafios relacionados à baixa disponibilidade de P na solução do solo, a identificação de cultivares mais eficientes no uso do mineral e que ao mesmo tempo mantenham elevada produtividade, representa um passo importante para o cultivo de maracujá-azedo. Os resultados obtidos com essa pesquisa são relevantes por investigar como os teores de P regulam processos fisiológicos e interferem na produtividade da cultura, além de gerar resultados aplicáveis ao uso mais sustentável deste nutriente na produção de alimentos.

A hipótese deste estudo foi de que cultivares de maracujá-azedo apresentam desempenho semelhante sendo cultivados em condições de alto e baixo P no solo. Para testar esta hipótese, o objetivo foi avaliar variáveis fisiológicas e características agrônomicas de cultivares de maracujá-azedo (híbridos e cultivar de polinização aberta) sob condições contrastantes de teores de P no solo.

4.2. Material e Métodos

4.2.1. Material vegetal, delineamento e condições experimentais

O experimento foi conduzido no ano de 2018/19 em condições de campo em área experimental do Setor de Fruticultura do Instituto Federal Goiano - Campus de Rio Verde (17° 48' S, 50° 54' W e altitude média de 758 metros). O clima da região é classificado, de acordo com Köppen (1928), como sendo Megatérmico ou Tropical Úmido (Aw), do subtipo Tropical de Savana, com inverno seco e verão chuvoso.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013). A análise química do solo referente à camada superficial (0-20 e 20-40 cm) determinou as seguintes características: o pH em água, os macronutrientes (P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺), os parâmetros de fertilidade (Al³⁺, H+Al, SB, T e V) e a matéria orgânica (Tabela 01).

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental na profundidade de 0-20 e 0-40 cm.

Prof.	pH	P	K	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CTC	Areia	V	MO
	CaCl ₂	mg dm ⁻³			-----cmol _c dm ⁻³ -----			%	%	%	
0 – 20	4,8	1,0	0,3	0,1	5,0	2,2	0,7	8,2	17	39	3,1
20 – 40	4,8	1,0	0,2	0,0	3,3	0,9	0,3	4,6	27	29	2,3

Prof. = profundidade; pH em CaCl₂; P e K – extrator Mehlich 1; Al³⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ – Extrator KCl (1 mol L⁻¹); H⁺ + Al³⁺ – Extrator SMP; CTC = capacidade de troca de cátions; V = percentagem de saturação por bases; MO = matéria orgânica (oxidação: Na₂Cr₂O₇4N + H₂SO₄10N).

O solo foi previamente corrigido com calcário Filler, 30 dias antes do plantio, objetivando elevar a percentagem de saturação por bases para 70%, conforme recomendações de (Junghans e Jesus, 2017).

O delineamento experimental consistiu em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial, sendo cinco cultivares de maracujá-azedo e duas

condições de cultivo, cada parcela experimental constituída por três plantas. O tamanho total da parcela foi de seis metros, com espaçamento entre plantas de 2 metros, e distância entre as linhas de plantio de 3,5 m. O sistema de condução utilizado foi de espaldeira vertical, com mourões de 2,8 metros de altura, espaçados a 5 m e com um fio de arame número 12 a 2,0 metros do solo.

O preparo das mudas foi realizado em casa de vegetação, em que sementes (três/tubete) de cada cultivar foram germinadas em substrato, marca Plantmax®. Posteriormente, as mudas foram desbastadas mantendo somente uma por tubete, e levadas ao campo 60 dias após a emergência. Foram avaliadas cinco cultivares de maracujá-azedo (Tabela 2) registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2020).

Tabela 2. Descrição dos genótipos utilizados no município de Rio Verde – GO. Ano de 2017.

Cultivares	Empresa	Base Genética	Cor da Casca
BRS Sol do Cerrado	Embrapa – Cerrados	Estreita	Amarela
BRS Gigante Amarelo	Embrapa – Cerrados	Estreita	Amarela
BRS Rubi do Cerrado	Embrapa – Cerrados	Estreita	Roxa
UENF Rio Dourado	UENF	Ampla	Amarela
SCS 437 Catarina	EPAGRI	Estreita	Amarela

Os tratamentos foram alocados em dois ambientes, com as recomendações de adubação para cada ambiente calculadas segundo Ribeiro et al., (1999). A dose recomendada foi de 60 g P₂O₅ por cova. No ambiente I (baixo fósforo) foram aplicados 50% da dose recomendada de acordo com a análise de solo (30 g P₂O₅ por cova). No ambiente II (alto fósforo) foram aplicados 100% a mais da dose recomendada (120 g P₂O₅ por cova). Nas duas doses de adubação fosfatada foi aplicado, como fonte de fósforo, o adubo superfosfato simples (18% de P₂O₅), no momento de plantio das mudas.

Os demais nutrientes foram aplicados em quantidade iguais em cada ambiente. Foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento, com dois gotejadores por planta, tipo botão modelo Katif com vazão de 2,3 L.h⁻¹, distanciados 0,50 m entre si. Os tratamentos culturais realizados foram os recomendados para a cultura do maracujazeiro, como a

condução da planta, controle das plantas daninhas, pragas e doenças (Junghans e Jesus, 2017).

4.2.2. Detalhamento das avaliações

4.2.2.1. Avaliações agronômicas e físico-químicas dos frutos.

Produtividade total em kg/parcela (PT), calculada mediante colheitas semanais e, ao final do período de avaliação, após a queda dos frutos maduros, com posterior pesagem dos mesmos em balança digital. Um total de 15 frutos por parcela foram avaliados para determinar as seguintes características: massa do fruto em gramas (MF) - obtida por meio de pesagem em balança digital; diâmetro longitudinal (DLF) e transversal (DTF) dos frutos em milímetros - obtidos pelas medidas das dimensões dos frutos com paquímetro digital; espessura média de casca em milímetros (EC) - obtida por meio de medidas com paquímetro digital de quatro pontos da casca externa na porção mediana dos frutos e massa de polpa (MP) - obtida pela pesagem das polpas em balança digital.

Quanto às características físico-químicas, o teor de sólidos solúveis totais (SST) em °Brix foi avaliado em um refratômetro digital (Refractometer Reichert, Japão); a acidez total titulável (ATT) foi determinada pelo método da titulação volumétrica com solução de hidróxido de sódio (NaOH 0,1 mol L⁻¹) e expresso em ácido orgânico (g ácido cítrico 100g⁻¹). Também foi realizada a colorimetria, com auxílio de um colorímetro Chroma Meter CR-410 (Konica Minolta, Japão). Os parâmetros L* (luminosidade), C* (Chroma: saturação) e hab (ângulo hue: tonalidade) foram obtidos através das coordenadas do espaço de cor CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). As leituras foram realizadas em alíquotas de suco da polpa, divididos em três coletas ao longo do ciclo produtivo e foram utilizadas as médias aritméticas das medidas (média por parcela) de frutos fisiologicamente maduros.

4.2.2.2. Avaliações fisiológicas

As trocas gasosas das plantas foram avaliadas para registro da taxa fotossintética (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração (E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), relação entre concentração interna e externa de CO_2 (C_i/C_a) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$). A taxa de transporte de elétrons (ETR, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) também foi obtida juntamente com as trocas

gasosas. As avaliações foram realizadas em folhas completamente expandidas e expostas ao sol, no terço médio dos ramos produtivos, no início do florescimento. As medições foram realizadas entre 07h e 12h, utilizando o analisador de gases no infravermelho (IRGA; LI6800xt, Licor, Nebraska, EUA), com radiação fotossinteticamente ativa ($1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração de CO_2 (Ca, $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$), temperatura ($25 \text{ }^\circ\text{C}$) e umidade relativa (50 %) constantes.

A fluorescência transiente da clorofila *a* foi determinada com o uso de fluorômetro portátil FluorPen FP 100 (Photon Systems Instruments; Drasov, Czech Republic), na mesma folha utilizada na avaliação das trocas gasosas que foi previamente adaptada ao escuro por 30 minutos para oxidação completa do sistema fotossintético de transporte de elétrons. Posteriormente, foram submetidas a pulso de $3000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de luz azul, medindo-se a fluorescência mínima (F_0) em $50 \mu\text{s}$ quando todos os centros de reação PSII (fotossistema II) estão abertos e definido como o passo O, seguida pelo passo J (a 2 ms), o passo I (a 30 ms) e a fluorescência máxima (F_M) quando todos os centros de reação PSII estão fechados, conhecido como passo P. Estes valores foram utilizados para a estimativa de vários índices bioenergéticos do PSII, conforme (Strasser et al., 2000). Foram estimados os valores relativos ao rendimento quântico potencial do fotossistema II (Φ_{Po}); fluxo específico de absorção luminosa por centro de reação (ABS/RC); fluxo de energia capturado por centro de reação (TR_0/RC); fluxo de transporte de elétrons por centro de reação (ET_0/RC); fluxo específico de dissipação da energia ao nível das clorofilas do complexo antena (DI_0/RC) e índice de desempenho fotossintético (P_i/ABS)

Os teores de clorofilas *a* (Chl *a*), clorofila *b* (Chl *b* e) e clorofila total (Chl *a+b*) foram avaliados de maneira indireta pelo uso de um medidor eletrônico de clorofila–ClorofiLOG (modelo CFL 1030, Falker Automação Agrícola, Brasil), de forma a fornecer valores do Índice de Clorofila Falker (ICF), proporcionais à absorvância das clorofilas. As determinações foram realizadas no terço médio da lâmina foliar, sempre na mesma folha utilizada na avaliação das trocas gasosas. A concentração de Chl *a* e *b* foi utilizada para o cálculo da razão Chl *a*/Chl *b*.

4.2.3. Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey ($P < 0,05$) quando constatada significância, utilizando o programa R (*R CORE TEAM*,

2015). As representações gráficas dos resultados foram geradas no *software Sigma Plot* 11.0 (*Jandel Scientific*), considerando a dispersão das médias pelo seu erro padrão.

4.2.3.1. Estimativa de coeficientes de correlação fenotípicos

Para estimar os coeficientes de correlação fenotípicos entre todas as variáveis avaliadas, foi utilizado a equação de correlação de Pearson (Equação 1) (Steel et al., 1997).

$$r = \frac{cov(x,y)}{\sqrt{var(y) * var(x)}} \quad \text{Equação 1}$$

Sendo que, r deve assumir valores entre -1 e +1.

O valor 0 (zero) significa que não há relação linear, o valor 1 indica relação linear perfeita e o valor -1 também indica relação linear perfeita, mas inversa, ou seja, quando uma das variáveis aumenta a outra diminui. Quanto mais próximo estiver de 1 ou -1, mais forte é a associação linear entre as duas variáveis.

As análises de estimativas de correlação foram obtidas com auxílio do Programa R (*R CORE TEAM*, 2015), e a figura gerada através do pacote “*qgraph*” (Epskamp et al., 2012).

4.3. RESULTADOS

4.3.1. Características agronômicas

Foi observada para as características agronômicas PT, MF, DLF, DTF, EC e MP ausência de efeitos significativos entre os ambientes em estudos (Figura 1). Foram observadas diferenças significativas entre as cultivares para as características PT, MF, DLF, DTF, EC e MP (Figura 1).

As cultivares que apresentaram os maiores valores médios de MF foram SCS 437 Catarina (263,39 g), BRS Gigante Amarelo (255,83 g) BRS Sol do Cerrado (242,81 g) (Figura 1 B). Para a característica DLF, os maiores valores foram observados nas cultivares SCS 437 Catarina (103,07 mm), BRS Rubi do Cerrado (95,68 mm), BRS Sol do Cerrado (95,66 mm) e BRS Gigante (94, 88 mm) (Figura 1 C). No que se refere a característica DTF, as cultivares que se destacaram foram SCS 437 Catarina (89,57 mm) e BRS Gigante Amarelo (86,11 mm) (Figura 1 D). Os maiores valores médios para

EC (Figura 1 E) foram observados nas cultivares SCS 437 Catarina (8,56 mm) e BRS Rubi do Cerrado (7,80 mm). O maior valor médio para MP (Figura 1 F) foi observado nas cultivares BRS Gigante Amarelo (114,56 g), BRS Sol do Cerrado (104,66 g), SCS 437 Catarina (95,48 g) e BRS Rubi do Cerrado (86,02).

Observou-se interação significativa entre cultivar e fósforo para a característica PT (Figura 1 A). No ambiente alto P a cultivar BRS Sol do Cerrado obteve maior produtividade, com 22,63 kg/parcela. No ambiente baixo P, as cultivares Rubi do Cerrado e SCS 437 Catarina apresentaram as maiores produtividades, sendo 20,41 e 19,66 kg/parcela, respectivamente (Figura 1A). Não houve efeito da interação entre cultivar e fósforo para as características MF, DLF, DTF, EC e MP (Figura 1).

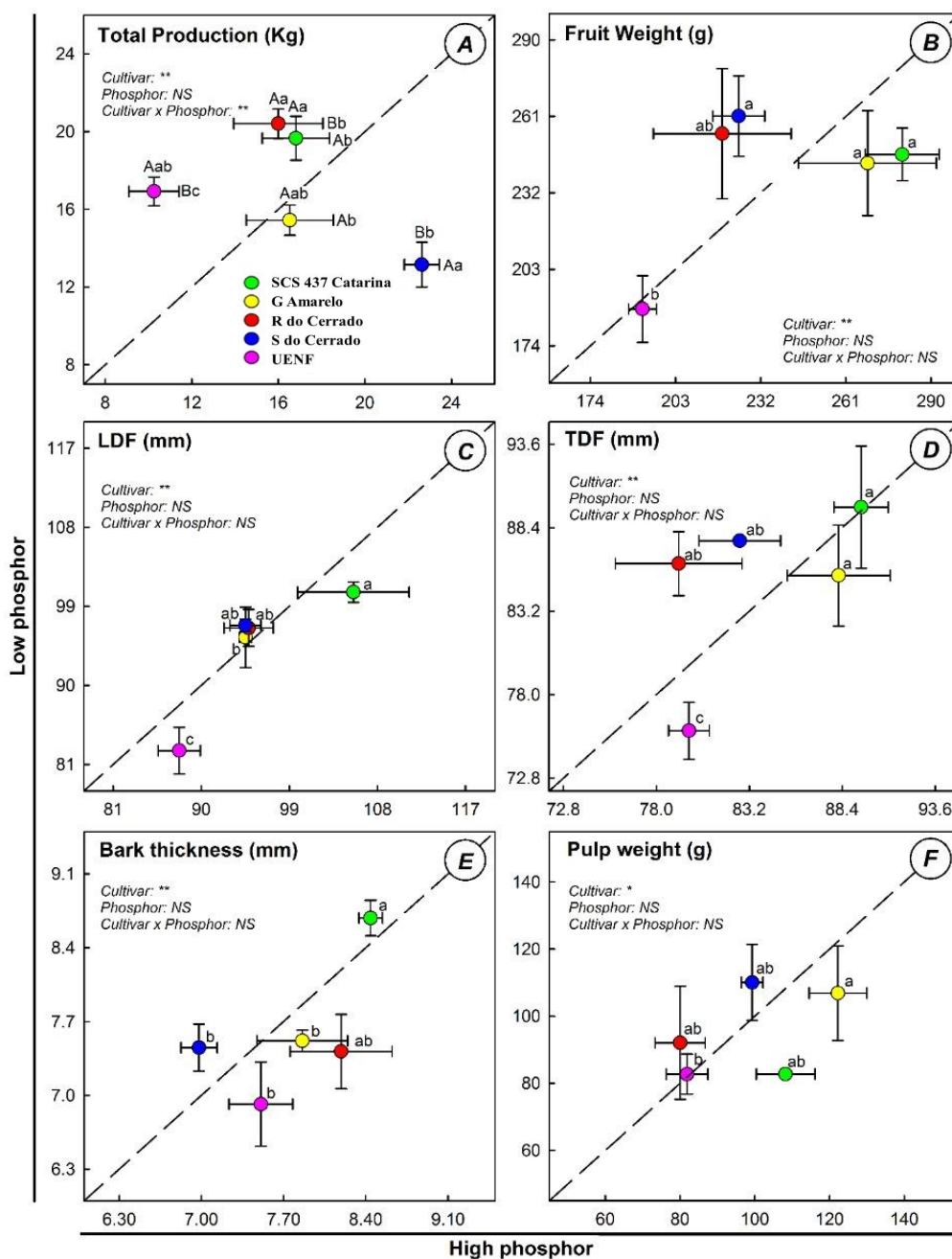


Figura 1. Produtividade total (PT) [A]; massa do fruto em gramas (MF) [B]; diâmetro longitudinal dos frutos em milímetros (DLF) [C]; diâmetro transversal do fruto em milímetros (DTF) [D]; espessura média de casca em milímetros (EC) [E] e massa de polpa (MP) [F] em cultivares de maracujá-azedo cultivadas em condições de alto e baixo P. Letras maiúsculas comparam a mesma cultivar entre os tratamentos alto (eixo horizontal) e baixo fósforo (barra de eixo vertical). Letras minúsculas no eixo horizontal comparam as cultivares no tratamento alto P, letras minúsculas no eixo vertical comparam as cultivares no tratamento baixo P. Médias seguidas de mesma letra maiúscula/minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% (***) ou 5% (*) de probabilidade. As barras verticais e horizontais representam o erro padrão da média.

4.3.2. Características físico-químicas

Em relação as características físico-químicas (Figura 2) não foram observadas diferenças significativas entre os ambientes. Não foram observadas diferenças significativas nas cultivares para as características SST e L (Luminosidade).

Foi observada diferença significativa entre as cultivares para as características ATT, C (Chroma) e h_{ab} . A variável ATT (Figura 2 B) apresentou maior valor médio para as cultivares BRS Sol do Cerrado (4,76) e BRS Gigante Amarelo (4,56). Para a C (Chroma) (Figura 2 D) os maiores valores médios foram observados nas cultivares BRS Rubi do Cerrado (23,00), SCS 437 Catarina (22,49) e UENF Rio Dourado (21,83). Para a variável ATT (Figura 2 B) o maior valor médio foi maior na cultivar BRS Sol do Cerrado (4,84).

Para a interação cultivar e fósforo não houve efeito significativo para as características ATT, L (Luminosidade), C (Chroma) e h_{ab} . Foi observado interação cultivar e fósforo para a característica SST. No ambiente alto P a cultivar UENF Rio Dourado apresentou os maiores valores médios (13,74 °Brix). Para o ambiente baixo P os maiores valores médios foram observados para a cultivar BRS Sol do Cerrado (13,51 °Brix) (Figura 2 A).

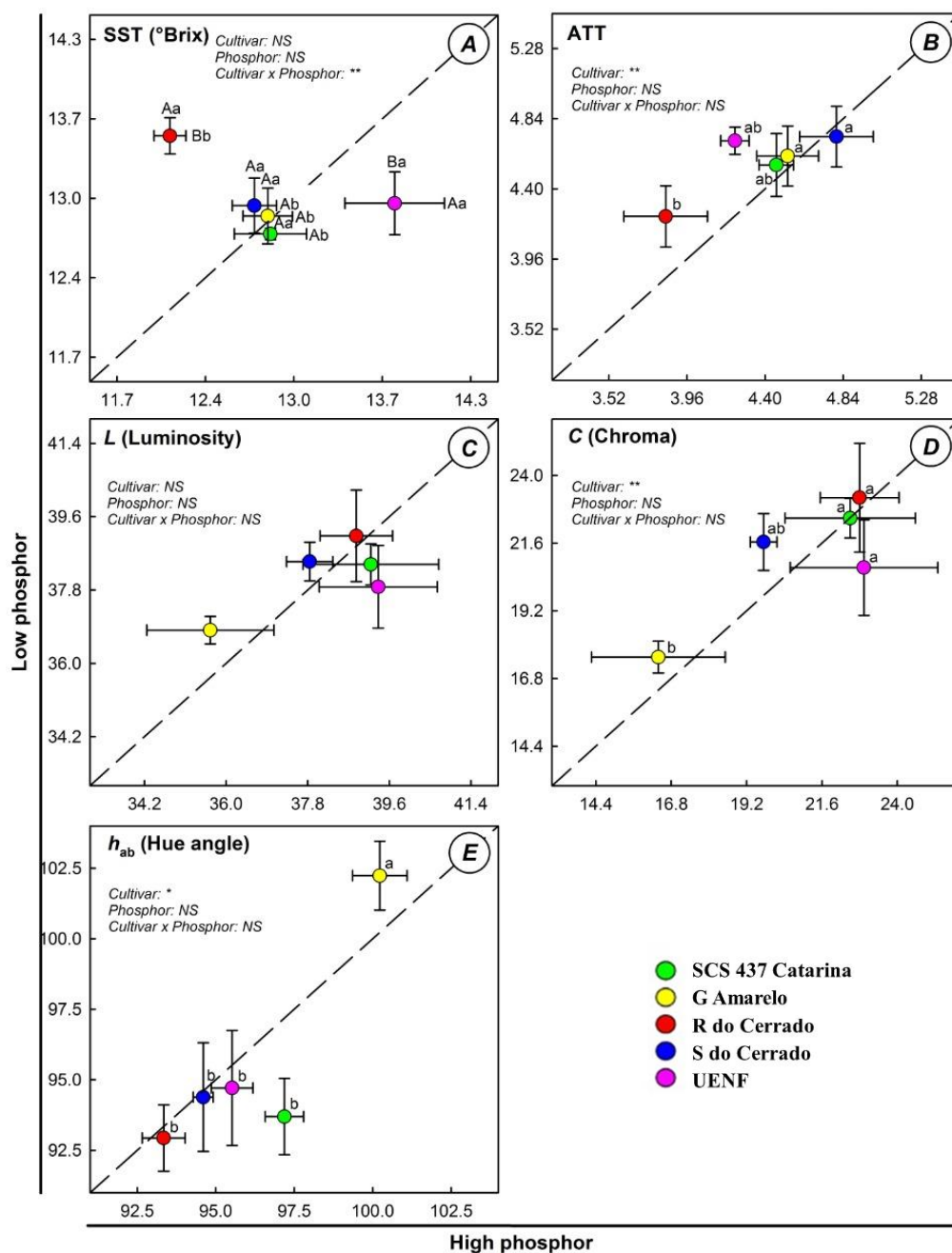


Figura 2. Sólidos solúveis totais (SST) [A]; acidez total titulável (ATT) [B]; L* (luminosidade) [C]; C* (Chroma: saturação) e h_{ab} (ângulo hue: tonalidade) [D] em cultivares de maracujá-azedo cultivadas em condições de alto e baixo P. Letras maiúsculas comparam a mesma cultivar entre os tratamentos alto (eixo horizontal) e baixo fósforo (barra de eixo vertical). Letras minúsculas no eixo horizontal comparam as cultivares no tratamento alto P, letras minúsculas no eixo vertical comparam as cultivares no tratamento baixo P. Médias seguidas de mesma letra maiúscula/minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% (**) ou 5% (*) de probabilidade. As barras verticais e horizontais representam o erro padrão da média.

4.3.3. Trocas gasosas

Observou-se interação significativa entre cultivar e fósforo para as características A , g_s , E , e ETR. Para C_i/C_a não houve nenhum efeito das fontes de variação do estudo, enquanto para a característica A/C_i houve somente efeito entre as cultivares (Figura 3).

Com relação a taxa fotossintética (A), a cultivar BRS Gigante Amarelo apresentou os maiores valores médios em ambos os ambientes, sendo $21,28 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no ambiente sob alto P e $19,96 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no ambiente sob baixo P. (Figura 3A). No ambiente baixo P a cultivar Rubi do Cerrado obteve a menor média para essa característica ($12,40 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Para os valores de condutância estomática (g_s), no ambiente alto P, as cultivares BRS Sol do Cerrado, BRS Gigante Amarelo e SCS 437 Catarina obtiveram os maiores valores com taxas de $0,56$; $0,51$ e $0,44 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente (Figura 3B). No ambiente baixo P as cultivares apresentaram comportamento semelhante para essa variável (Figura 3B).

Em relação à variável taxa transpiratória (E) no ambiente alto P, os menores valores médios foram observados para a cultivar UENF Rio Dourado, com valores de $4,17 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2}$. No ambiente baixo P não houve diferença significativa entre as cultivares (Figura 3C).

Para a característica relação entre concentração interna e externa de CO_2 (C_i/C_a) (Figura 3D) não foi observado efeito significativo entre as cultivares, assim como para a interação entre cultivares e fósforo no ambiente.

Na relação A/C_i (Figura E) as cultivares BRS Gigante Amarelo e BRS Sol do cerrado apresentaram os maiores valores médios. No que se refere a taxa de transporte de elétrons (ETR) (Figura 3F), no ambiente alto P a cultivar BRS Gigante Amarelo obteve as maiores taxas com valores médios de $123, 15 (\mu\text{mol (photons) CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})$ e a cultivar UENF Rio Dourado o menor valor de $77, 82 (\mu\text{mol (photons) CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})$. No ambiente baixo P as cultivares BRS Gigante Amarelo e UENF Rio Dourado apresentaram as maiores taxas com valores médios de $122, 65$ e $105,90 (\mu\text{mol (photons) CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})$, respectivamente.

4.3.4. Fluorescência da clorofila *a*

Para as características da fluorescência da clorofila *a* não foram observadas diferenças significativas entre ambientes e entre a interação cultivar e fósforo (Figura 4). A variável ϕP_o (Figura 4 A) não apresentou diferença significativa para nenhum dos fatores isolados, nem para a interação entre eles. As demais variáveis ABS/RC, TR₀/RC, ET₀/RC, DI₀/RC e Pi/ABS somente diferiram para o fator cultivar.

Quanto aos valores de ABS/RC (Figura 4 B), a cultivar BRS Gigante Amarelo apresentou os menores valores médios. Comportamento semelhante foi observado para o TR₀/RC (Figura 4 C), sendo sua média a menor entre as cultivares. Para ET₀/RC (Figura 4 D), o maior valor médio foi observado na cultivar BRS Sol do Cerrado. Em relação aos valores de DI₀/RC as cultivares alcançaram resultados semelhantes. Diferentemente dos resultados anteriores, a cultivar BRS Gigante Amarelo apresentou o melhor desempenho fotossintético (Pi/ABS) (Figura 4 F).

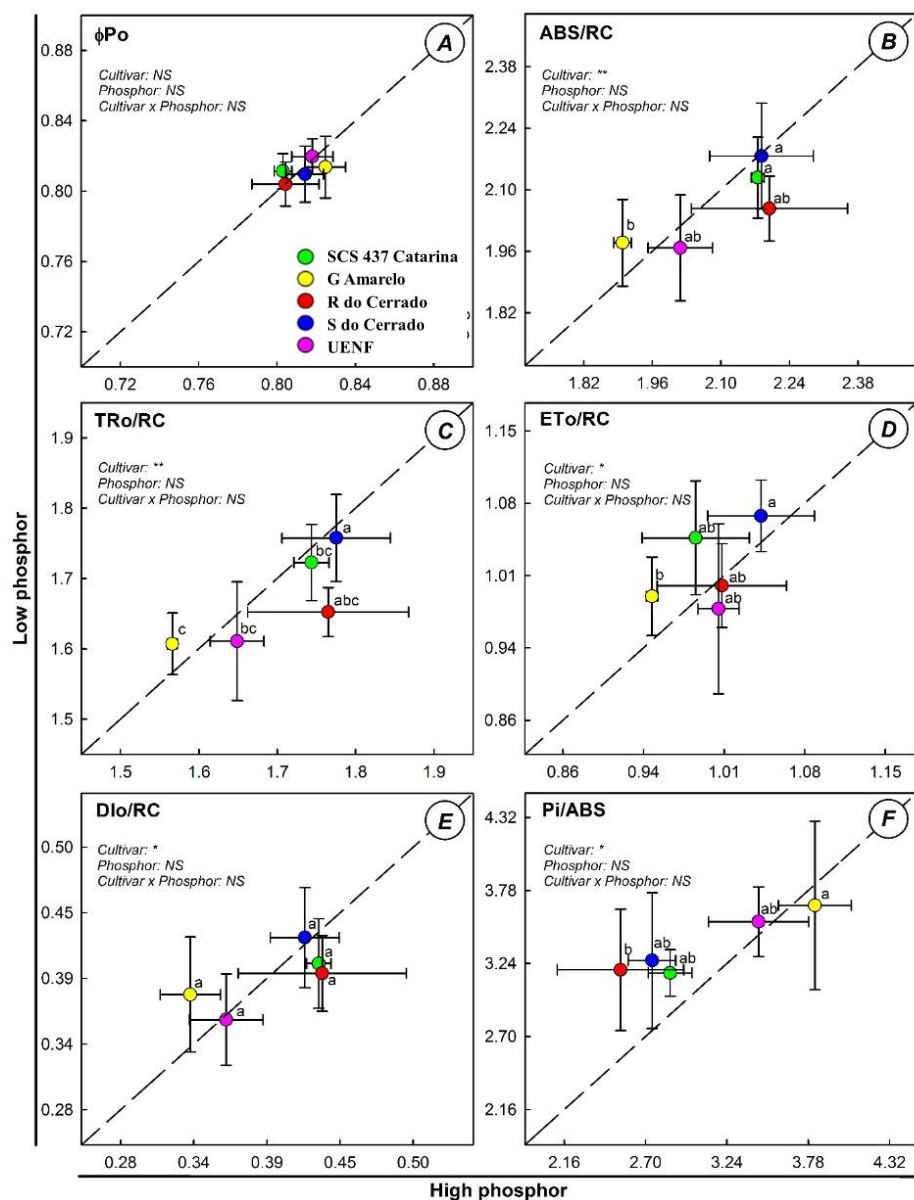


Figura 4. Rendimento quântico potencial do fotossistema II (ϕPo) [A]; fluxo específico de absorção luminosa por centro de reação (ABS/RC) [B]; fluxo de energia capturado por centro de reação (TR₀/RC) [C]; fluxo de transporte de elétrons por centro de reação (ET₀/RC) [D]; fluxo específico de dissipação da energia ao nível das clorofilas do complexo antena (DI₀/RC) [E] e índice de desempenho fotossintético (Pi/ABS) [F] em cultivares de maracujá-azedo cultivadas em condições de alto e baixo P. Letras maiúsculas comparam a mesma cultivar entre os tratamentos alto (eixo horizontal) e baixo fósforo (barra de eixo vertical). Letras minúsculas no eixo horizontal comparam as cultivares no tratamento alto P, letras minúsculas no eixo vertical comparam as cultivares no tratamento baixo P. Médias seguidas de mesma letra maiúscula/minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% (** ou **) ou 5% (*) de probabilidade. As barras verticais e horizontais representam o erro padrão da média.

4.3.5. Teor de clorofila

Para os teores de clorofila foram observadas diferenças significativas entre os ambientes em estudos (Figura 5). No ambiente baixo P, observou-se os maiores valores médios de Chl *a*, Chl *b* e Chl *a+b*, enquanto no ambiente alto P, foi observada a maior razão Chl *a*/Chl *b*. Não houve efeito significativo na interação cultivar e fósforo para os teores de Chl *a*, Chl *b* e Chl *a+b*. Para os valores de Chl *a* (Figura 5 A) não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares. A cultivar UENF Rio Dourado apresentou os maiores valores de Chl *b* e Chl *a+b*. Com relação a razão Chl *a*/Chl *b* (Figura 5 D) a cultivar UENF Rio Dourado apresentou os menores valores, enquanto, no alto P, não houve diferença entre as cultivares.

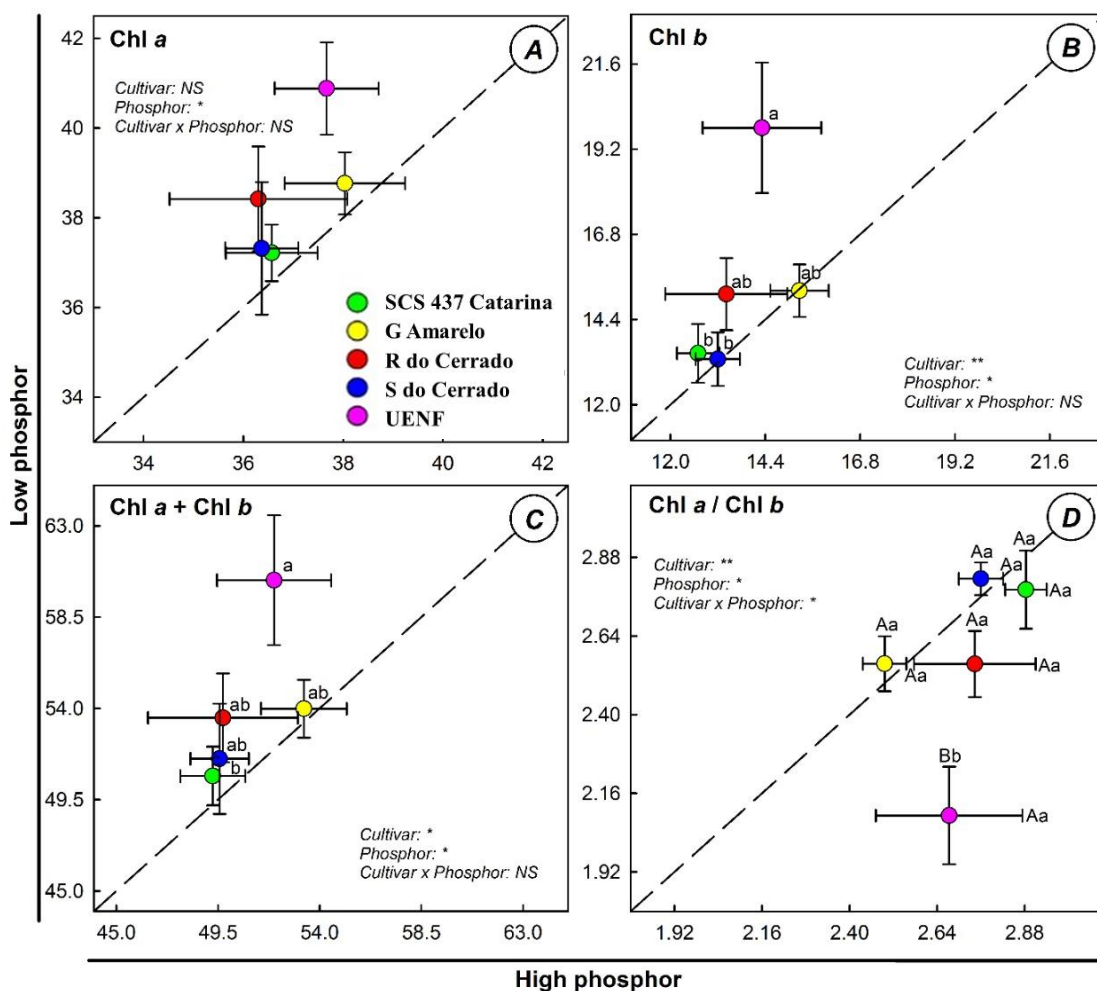


Figura 5. Clorofila a (Chl a) [A]; clorofila b (Chl b) [B]; clorofila total (Chl a+b) [C] e razão Chl a/Chl b) [D] em cultivares de maracujá-azedo cultivadas em condições de alto e baixo P. Letras maiúsculas comparam a mesma cultivar entre os tratamentos alto (eixo horizontal) e baixo fósforo (barra de eixo vertical). Letras minúsculas no eixo horizontal comparam as cultivares no tratamento alto P, letras minúsculas no eixo vertical comparam as cultivares no tratamento baixo P. Médias seguidas de mesma letra

maiúscula/minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% (**) ou 5% (*) de probabilidade. As barras verticais e horizontais representam o erro padrão da média.

4.3.6 Correlações fenotípicas

4.3.6.1. Correlações fenotípicas em alto P

As estimativas de correlação fenotípicas entre as variáveis em estudo no ambiente alto P estão apresentadas na Figura 6.

Observou-se estimativa positiva e significativa ($p < 0,05$) entre MF x DTF. Estimativas negativas e significativas ($p < 0,01$) foram observadas entre DLF x Chl a, DLF x Cltotal, DTF x Chl a, DTF x Chl b e DTF x Cltotal. Estimativas negativas e significativas ($p < 0,05$) foram observadas entre PT x C_i/C_a , MF x Chl a, MF x Chl b e MF x Cltotal.

Para as características físico-químicas foram observadas estimativas de correlação positivas e significativas ($p < 0,01$) entre L x c, c x h e h x Phi Eo. Estimativas positivas e significativas ($p < 0,05$) foram observadas entre ATT x g_s e ATT x C_i/C_a . Ainda, foram observadas estimativas negativas e significativas ($p < 0,05$) entre SST x E, SST x g_s , L x h, L x PI/ABS, L x ETR, c x PI/ABS, c x Phi Eo.

As variáveis fisiológicas se mostraram correlacionadas. A variável Chl a está forte e positivamente correlacionada ($p < 0,01$) a Chl b ($r_f = 0,99$) e Cltotal ($r_f = 0,99$) e negativamente correlacionada ($p < 0,05$) com a variável DI_0/RC . Observou-se correlação positiva e significativa ($p < 0,01$) entre Chl b x Cltotal ($r_f = 0,99$). A variável ET_0/RC apresentou correlação positiva e significativa ($p < 0,05$) com DI_0/RC ($r_f = 0,88$) e ($p < 0,05$) com ABS/RC ($r_f = 0,97$). A variável DI_0/RC apresentou correlação positiva (0,93) e significativa ($P < 0,05$) com ABS/RC (Figura 01).

Para as características relacionadas as trocas gasosas, observaram-se estimativas de correlação positivas e significativas ($p < 0,01$) entre E x g_s , A x A/ci, A x ETR e g_s x A/ci, A/ci x ETR. Estimativas positivas e significativas ($p < 0,05$) foram observadas entre E x A, E x A/ci e g_s x ETR. Não foram observadas estimativas negativas e significativas para essas características.

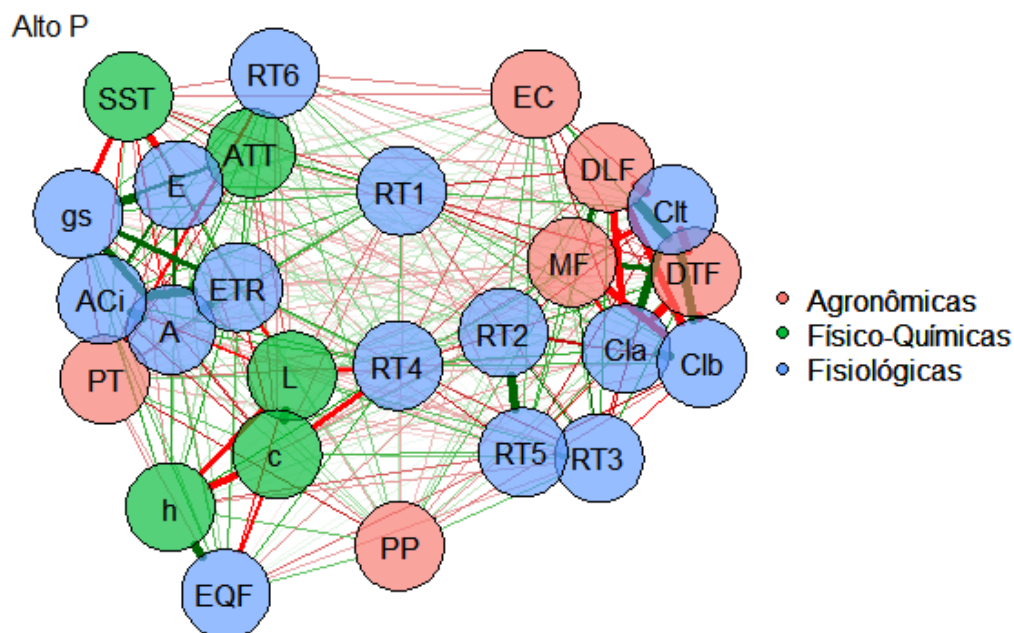


Figura 6. Rede de correlação fenotípica de características agronômicas: produtividade total (PT); diâmetro longitudinal dos frutos (DLF); diâmetro transversal do fruto (DTF); massa de fruto (MF); espessura de casca (EC) e massa de polpa (PP); características físico-químicas: sólidos solúveis (SST); acidez titulável (ATT); L^* (luminosidade), C^* (Chroma: saturação) e h (ângulo hue: tonalidade) e características fisiológicas; taxa transpiratória (E); taxa fotossintética (A); condutância estomática (g_s); relação entre concentração interna e externa de CO_2 (C_i/C_a) (RT6); eficiência de carboxilação (A/ci) (ACi); taxa de transporte de elétrons (ETR); rendimento quântico potencial do fotossistema II (ΦP_o) (RT1); fluxo de transporte de elétrons por centro de reação (ET0/RC) (RT2); fluxo específico de dissipação da energia ao nível das clorofilas do complexo antena (DI0/RC) (RT3); índice de desempenho fotossintético (P_i/ABS) (RT4); fluxo específico de absorção luminosa por centro de reação (ABS/RC) (RT5); fluxo de energia capturado por centro de reação. (TR0/RC) (EQF); clorofila a (Chl a), clorofila b (Chl b) e clorofila total (Chl a + Chl b) observados em cultivares de maracujá-azedo cultivadas em condições de alto P.

4.3.6.2. Correlações fenotípicas em baixo P

As estimativas de correlação fenotípicas entre as variáveis em estudo no ambiente baixo P estão apresentadas na Figura 7.

Em relação as características agronômicas a variável PT se mostrou correlacionada positivamente ($r_f = 0,89$, $p < 0,05$; $r_f = 0,93$, $p < 0,05$; $r_f = 0,93$, $p < 0,05$) com as variáveis E, g_s e C_i/C_a , respectivamente. A variável MF apresentou correlação positiva ($r_f = 0,95$) e significativa ($P < 0,05$) com DTF. Ainda, para a variável DTF observou-se correlação positiva e significativa ($p < 0,05$) com MP ($r_f = 0,92$), $p < 0,05$). Para a variável MP, verificou-se estimativa de correlação positiva e significativa ($p < 0,05$) com a variável h ($r_f = 0,88$) (Figura 7).

A variável *L* está positiva e significativamente ($p < 0,01$) correlacionada com *c* ($r_f = 0,98$) e negativamente correlacionada com *A* ($r_f = - 0,96$, $p < 0,01$), *A/ci* ($r_f = - 0,92$, $p < 0,05$) e *ETR* ($r_f = - 0,88$, $p < 0,05$). Por outro lado, *C* se mostrou correlacionada negativamente com *A* ($r_f = - 0,95$, $p < 0,05$). Já para variável *h*, verificou-se estimativas negativas ($r_f = - 0,89$; $p < 0,05$) com a variável ET_0/RC (Figura 07).

Para as variáveis fisiológicas, observaram-se estimativas positivas e significativas ($p < 0,01$) entre *Chl a* x *Cltotal* ($r_f = 0,97$), *Chl b* x *Cltotal* ($r_f = 0,98$), ΦPo x *Phi Eo* ($r_f = 0,98$), DI_0/RC x *ABS/RC* ($r_f = 0,99$). Estimativas positivas e significativas ($p < 0,05$) foram observadas entre *Chl a* x *Chl b* ($r_f = 0,91$), *Chl a* x ΦPo ($r_f = 0,95$), *Chl a* x *PHi Eo* ($r_f = 0,95$), *Chl b* x *PI/ABS* ($r_f = 0,95$), *Cltotal* x ΦPo ($r_f = 0,88$), *Cltotal* x *PI/ABS* ($r_f = 0,95$), ΦPo x *PI/ABS* ($r_f = 0,87$) e *PI/ABS* x *PHi Eo* ($r_f = 0,92$).

Estimativas negativas e significativas ($p < 0,01$) foram observadas entre *Chl a* x DI_0/RC ($r_f = - 0,98$), *Chl a* x *PI/ABS* ($r_f = - 0,98$), *Chl b* x DI_0/RC ($r_f = - 0,96$), *Cltotal* x DI_0/RC ($r_f = - 0,99$), *Cltotal* x *ABS/RC* ($r_f = - 0,98$), DI_0/RC x *PI/ABS* ($r_f = - 0,97$), *PI/ABS* x *ABS/RC* ($r_f = - 0,98$). Estimativas negativas e significativas ($p < 0,05$) foram observadas entre *Chl b* x *ABS/RC* ($r_f = - 0,95$), ΦPo x DI_0/RC ($r_f = - 0,92$), DI_0/RC x *PHi Eo* ($r_f = - 0,92$) e *ABS/RC* x *PHi Eo* ($r_f = - 0,88$).

A variável *E* apresentou correlação positiva e significativa ($p < 0,01$) com g_s ($r_f = 0,96$). A variável *A* também se mostrou correlacionada positiva e significativamente com *A/ci* ($r_f = 0,91$, $p < 0,05$) e *ETR* ($r_f = 0,97$, $p < 0,01$). A variável g_s se correlacionou positiva e significativamente ($p < 0,05$) com C_i/C_a ($r_f = 0,95$). A variável *A/ci* se correlacionou positiva e significativamente ($p < 0,05$) com *ETR* ($r_f = 0,93$) $p < 0,05$).

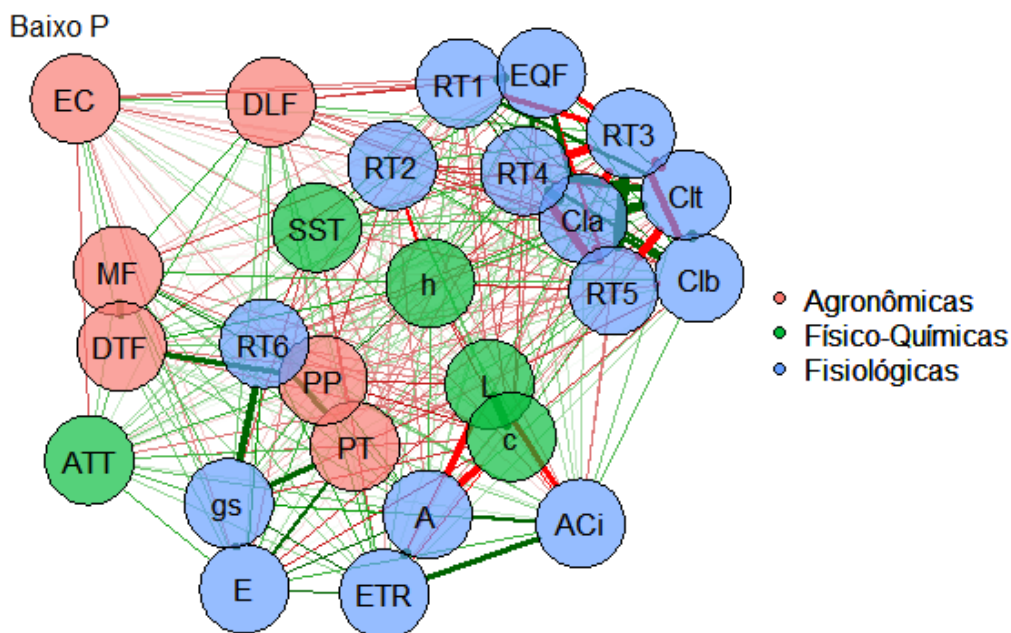


Figura 6. Rede de correlação fenotípica de características agrônômicas: produtividade total (PT); diâmetro longitudinal dos frutos (DLF); diâmetro transversal do fruto (DTF); massa de fruto (MF); espessura de casca (EC) e massa de polpa (PP); características físico-químicas: sólidos solúveis (SST); acidez titulável (ATT); L^* (luminosidade), C^* (Chroma: saturação) e h (ângulo hue: tonalidade) e características fisiológicas; taxa transpiratória (E); taxa fotossintética (A); condutância estomática (g_s); relação entre concentração interna e externa de CO_2 (C_i/C_a) (RT6); eficiência de carboxilação (A/c_i) (ACi); taxa de transporte de elétrons (ETR); rendimento quântico potencial do fotossistema II (ϕP_o) (RT1); fluxo de transporte de elétrons por centro de reação (ET_0/RC) (RT2); fluxo específico de dissipação da energia ao nível das clorofilas do complexo antena (DI_0/RC) (RT3); índice de desempenho fotossintético (P_i/ABS) (RT4); fluxo específico de absorção luminosa por centro de reação (ABS/RC) (RT5); fluxo de energia capturado por centro de reação. (TR_0/RC) (EQF); clorofila a (Chl a), clorofila b (Chl b) e clorofila total (Chl $a + Chl b$ observados em cultivares de maracujá-azedo cultivadas em condições de baixo P.

4.4. DISCUSSÃO

Características agrônômicas e físico-químicas

Neste estudo, investigou-se o comportamento de cultivares de maracujazeiro-azedo em condições contrastantes de adubação fosfatada. Não houve diferença significativa entre as médias dos ambientes para as características agrônômicas e físico-químicas, porém as cultivares apresentaram comportamentos distintos em cada ambiente, conforme o esperado. As plantas possuem a capacidade de se adaptar a ambientes com baixa disponibilidade de P, bem como aumentar sua capacidade de absorção de P do ambiente em condições adversas (Xu et al., 2019).

No ambiente alto P, as cultivares BRS sol do Cerrado, SCS 437 Catarina e BRS Gigante amarelo demonstraram mais produtivas em ambientes com alta disponibilidade de P, por outro lado a cultivar UENF Rio Dourado demonstrou menos produtiva no alto P. As cultivares mais produtivas no baixo P foram BRS Rubi do Cerrado, SCS 437 Catarina, UENF e BRS Gigante amarelo (Figura 1 A). Estes resultados são interessantes pois indicam que essas cultivares são mais responsivas em solos com baixas disponibilidade de P, podendo resultar em economia de adubo fosfatado.

As cultivares BRS Gigante Amarelo e SCS 437 Catarina apresentaram comportamento semelhantes em ambos os ambientes, indicando ser menos afetadas pelas variações do ambiente. Cruz Neto et al. (2016) avaliaram a estabilidade e adaptabilidade de 14 genótipos de maracujá em três cidades e concluíram que a cultivar BRS Gigante Amarelo foi a mais estável e adaptável em relação a característica produtividade.

As demais características agrônômicas só variaram em função da cultivar, resultados esses promissores, pois indicam que o ambiente não interfere nessas características, e que mesmo sob baixo P elas podem ser mantidas. O mercado consumidor de maracujá-azedo possui algumas exigências peculiares, que acabam variando de acordo com o destino final dos frutos, supermercados e feiras, buscam frutos grandes, com rendimentos de polpas satisfatórios, por outro lado, a indústria busca por frutos com casca fina e rendimento de polpa acima de 33% (Oliveira et al., 2008), no presente estudo as cultivares SCS 437 Catarina e BRS Gigante Amarelo obtiveram os maiores diâmetros transversais e massa de polpa. As cultivares BRS Sol do Cerrado e UENF Rio Dourado apresentaram a menor espessura de casca. Resultados importantes, pois, reduções nos níveis de fósforo no solo não proporcionaram aumento da espessura de casca.

Para a característica SST (Figura 2 A), comparando as cultivares dentro dos ambientes, os resultados demonstram que a cultivar BRS Rubi do Cerrado obteve maior valor no ambiente baixo P, enquanto a cultivar UENF Rio Dourado obteve maiores valores no ambiente alto P. O elevado teor de SST é uma condição desejada para o consumo *in natura* por reduzir a necessidade de açúcar, melhorando as características do suco.

Os menores valores de ATT (Figura 2 B) foram observados nas cultivares BRS Rubi do Cerrado e BRS Gigante Amarelo. Maiores valores de ATT são buscados pela

indústria de processamento de frutas, pois reduz a introdução de agentes acidificantes artificiais ao suco durante o processamento (Andrade et al. 2015).

Com relação as características relacionadas a cor da polpa, não houve diferença significativa entre os ambientes. Resultados interessantes uma vez que a cor da polpa é um dos principais critérios adotados pelo consumidor e pela indústria na escolha de uma fruta (Montes et al., 2005). Para os valores de L (Luminosidade) (Figura 2 C) os menores valores médios foram observados na cultivar BRS Gigante Amarelo, indicando que a polpa dessa cultivar apresenta tonalidade de cor mais escura.

Em relação aos valores de C (Chroma) (Figura 2 D) os maiores valores médios foram observados para as cultivares BRS Rubi do Cerrado, SCS 437 Catarina e UENF Rio Dourado, indicando que as cores das polpas dessas cultivares são mais perceptíveis e brilhantes na percepção humana, pelo fato da saturação estar ligada diretamente com a concentração do elemento corante e representa um tributo quantitativo para intensidade (MCGuire, 1992).

Avaliações fisiológicas

As análises dos resultados das características fisiológicas relacionadas com as trocas gasosas demonstraram que as quantidades de adubo fosfatado fornecido para as cultivares de maracujazeiro-azedo não causaram variações significativas nas médias das características comparando os dois ambientes em estudo, com exceção da característica g_s . Esta variável apresentou menores valores médios no ambiente baixo P, refletindo em demanda reduzida de CO_2 em condições de baixo P, que foi ajustada por diminuição na condutância estomática (Figura 5 B). Talbi Zribi et al. (2018) observaram reduções semelhantes para essa característica em plantas de *Catapodium rigidum* cultivadas sob deficiência de P.

A cultivar BRS Sol do Cerrado apresentou maior valor médio para g_s no ambiente alto P, enquanto, no ambiente baixo P, o maior valor foi observado na cultivar BRS Gigante Amarelo. Os maiores valores observados estão diretamente associados aos melhores índices observados para A, pois se a g_s é maior, mais CO_2 entra na folha para ser fixado.

A taxa fotossintética (Figura 3 A) foi efetivamente superior para a cultivar BRS Gigante Amarelo em ambos os ambientes. No ambiente baixo P as demais cultivares não diferiram, fato este interessante, pois mantêm a fotossíntese mesmo sob baixo P,

com exceção da cultivar BRS Rubi do Cerrado que apresentou as menores taxas. A fotossíntese é particularmente sensível às restrições ambientais (Kalaji et al., 2016), porém, no ambiente baixo P, a maioria das cultivares não demonstraram sintomas fisiológicos de deficiência de P.

Da mesma forma, observou-se que as cultivares BRS Sol do Cerrado e BRS Gigante Amarelo apresentaram as maiores taxas de E , assim como de g_s e A , pois ao mesmo tempo que entra mais CO_2 com a maior condutância, a planta também perde mais água pela transpiração foliar.

A cultivar BRS Rubi do Cerrado obteve as menores taxas de ETR (Figura 3 F) no ambiente baixo P, corroborando com os menores valores de fotossíntese. No ambiente alto P a cultivar BRS Gigante Amarelo apresentou as maiores taxas de ETR, embora não sendo estatisticamente maior do que os demais cultivares, demonstrando que essa cultivar apresenta melhores respostas fisiológicas quando cultivada sob alto P.

Os resultados de fluorescência transiente da clorofila a demonstraram que não houve diferença entre os ambientes (Figura 4), indicando que as cultivares de maracujazeiro-azedo não foram expostas a algum fator de estresse que afeta a etapa fotoquímica da fotossíntese. As variações observadas foram em função da cultivar, que está relacionada a genética da espécie, sem efeito do ambiente. Resultados que se confirmam pela ausência de diferença na razão ΦPo indicando que as plantas estiveram em condições não estressantes, pois essa variável é bem estável e só tende a ser alterada em casos de estresses mais severos (Maxwell & Johnson, 2000).

A cultivar BRS Sol do Cerrado apresentou os melhores índices de fluorescência da clorofila transiente a (Figura 4), com performance fotossintética superior as demais cultivares. Por outro lado, a cultivar BRS Gigante Amarelo obteve os menores valores na maioria das características, mas ao mesmo tempo tem as variáveis de trocas gasosas mais elevadas.

Os menores valores de Pi/ABS foram observados para cultivar BRS Rubi do Cerrado. Reduções no Pi/ABS podem significar diminuição na tolerância da planta às situações de cultivo (Dai et al., 2019), pois a variável está relacionada à eficiência de absorção, captura e transferência de energia de excitação do FSII, proporcionando melhor definição do grau de efeito do ambiente estressante (Sampaio et al., 2012).

Em relação aos teores de clorofila, os resultados demonstraram que os maiores valores foram observados no ambiente baixo P. A baixa disponibilidade de P aumentam o teor de clorofilas nas folhas (Talbi Zribi et al., 2018). Aumentos nos teores de P

podem reduzir o teor de nitrogênio nas folhas, que é um constituinte importante das clorofilas (Manna et al., 2015). Tal fato, pode explicar, no presente trabalho, os menores teores de clorofilas encontrados nas cultivares plantadas no ambiente alto P.

A cultivar UENF Rio Dourado apresentou os maiores teores de clorofila, valores esses que estão diretamente relacionados aos bons índices verificados para essa cultivar em condição de baixo P. A cultivar UENF Rio Dourado apresentou a menor relação Chl *a*/Chl *b* entre as cultivares.

Correlações fenotípicas

Para as correlações fenotípicas, observa-se que no ambiente alto P ocorreram maiores correlações entre características agronômicas e físico-químicas do que no ambiente baixo P, em que houve maiores números de correlações entre características fisiológicas, sugerindo que no ambiente baixo P as cultivares precisam de maiores ajustes fisiológicos para se adaptar.

No ambiente alto foram observadas correlações positivas entre as características agronômicas MF x DTF. Essas correlações são importantes uma vez que indicam que a escolha de cultivares com maiores MF poderá ser feita através da medição do DTF, ainda no campo, sem necessidade de pesá-los, contribuindo para que o processo de seleção seja dinâmico e de baixo custo. Observaram-se estimativas de correlação (Figura 6) negativas entre as características agronômicas MF, DLF e DTF com os teores de clorofilas no ambiente alto P, indicando que aumentos nos teores de clorofilas resultariam em redução de características agronômicas diretamente ligadas a produtividade. Tal fato pode ser justificado uma vez que aumentos nos teores de clorofila *a* podem ser indicativos de estresse em plantas (Bezerra et al., 2019).

Em relação as características físico-químicas, as características relacionadas a cor da polpa demonstraram correlacionadas positivamente. Verificou-se correlação positiva entre ATT x g_s , indicando que condutância estomática alta, promoverá maior acidez nos frutos.

Para as características relacionadas as trocas gasosas, observaram-se correlações positivas entre E x g_s , g_s x A/ci, A/ci x ETR, e g_s x ETR. Estes resultados já eram esperados, uma vez que se aumenta a condutância estomática, aumenta perda de água pela transpiração, e ao mesmo tempo, aumenta a entrada de CO₂ para a fotossíntese. Ao mesmo tempo em que se ocorre mais transporte de elétrons na

fotoquímica, mais ATP e NADPH são gerados, e esses dois produtos são essenciais para o Ciclo de Calvin ocorrer de forma satisfatória, ou seja, a carboxilação.

No ambiente baixo P, a produtividade demonstrou correlacionada positivamente com E , g_s e C_i/C_a , indicando que aumento na condutância estomática resultam em aumentos na transpiração e maior produtividade.

Observaram-se correlações positivas entre os teores de clorofilas, Chl *a*, Chl *b* e Chl *total*. Estes resultados já eram esperados, pois Chl *total* é o resultado da soma de Chl *a* e Chl *b*. Aumentos nos teores de clorofilas também demonstraram correlacionadas com PI/ABS, de forma que maiores teores de clorofilas resultam em melhor performance da fotoquímica.

4.5. Conclusões

A interação cultivar x dose de fósforo foi inexistente para todas as características agrônômicas e físico-químicas, exceto PT e SST. Para as demais variáveis as cultivares não responderam ao aumento da dose do nutriente.

Para as variáveis fisiológicas a interação cultivar x dose de fósforo foi observada apenas para as características E , A , g_s , ETR e chl *a* / chl *b*.

As cultivares BRS Rubi do Cerrado e SCS 437 Catarina apresentaram as maiores produtividades e podem ser recomendadas para ambientes com baixa disponibilidade do nutriente.

A cultivar UENF Rio Dourado se torna interessante do ponto de vista de produção de frutos voltados para a indústria, tendo em vista maior teor de ATT em ambientes com baixo P. Ressalta-se que essa cultivar apresentou, para esse ambiente, produtividade satisfatória por se tratar de uma variedade de polinização aberta, característica essa que permite o reaproveitamento de sementes, tornando-se indicada para produtores com menor nível tecnológico.

Os resultados da fluorescência da clorofila demonstraram que a cultivares não passaram por condições estressantes quando cultivadas sob baixo P, e confirma a hipótese de que cultivares de maracujá-azedo tem desempenho semelhante sendo cultivados em condições de alto e baixo P no solo.

As estimativas de correlação obtidas permitiram a seleção indireta em variáveis que se mostraram correlacionadas significativamente sem a necessidade de

caracterização para todas as demais em trabalhos futuros, devendo-se priorizar aquelas com maior facilidade, exequibilidade e custo reduzido para a caracterização.

4.6. Referências

- Andrade, A. R. S., da Silva Cruz, A. F., de Albuquerque, J. C. F., Neto, A. H. G., da Silva, J. E. G., & da Silva, M. M. (2015). Influência de diferentes fontes de fósforo nas características químicas dos frutos do maracujazeiro. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI*, 9(4), 269-277.
- Bezerra, M. A., Cavalcante, L. F., Bezerra, F. T., Silva, A. R., Oliveira, F. F., & Medeiros, S. A. (2019). Saline Water, Pit Coating and Calcium Fertilization on Chlorophyll, Fluorescence, Gas Exchange and Production in Passion Fruit. *Journal of Agricultural Science*, 11(2).
- Brasil, E.C., Nascimento, E.V.S.D. 2010. Influência de calcário e fósforo no desenvolvimento e produção de variedades de maracujazeiro-amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(3), 892-902.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018. *Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 194, p. 23-33, 8 out. 2018*. Disponível em: <http://www.in.gov.br/leiturajornal?data=08-10-2018&secao=DO1>. Acesso em: 15 de maio. 2020.
- Chavarría-Perez, L.M., Giordani, W., Graças Dias, K.O., Costa, Z.P., Ribeiro, C. A.M., Benedetti, A.R., Vieira, M.L.C. 2019. Improving yield and fruit quality traits in sweet passion fruit: evidence for genotype by environment interaction and cross-compatibility in selected genotypes. *bioRxiv*, 714162.
- Cordeiro, M.H.M., Rosado, R.D.S., Luna Souto, A.G., Cremasco, J.P.G., Santos, C. E. M., Bruckner, C.H. 2019. Sour passion fruit hybrids with a low photoperiod and temperature requirement for genetic improvement in higher-latitude regions. *Scientia horticultrae*, 249, 86-92.
- Cruz Neto, A. J. D., Rosa, R. C. C., Oliveira, E. J. D., Sampaio, S. R., Santos, I. S. D., Souza, P. U., ... & Jesus, O. N. D. (2016). Genetic parameters, adaptability and stability to selection of yellow passion fruit hybrids. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 16(4), 321-329.

- D'Abadia, A.C.A., Faleiro, F.G., Costa, A.M., Junqueira, N.T.V., Braga, M.F. 2020. Genetic variability of selected *Passiflora alata* genotypes based on the physical characteristics of fruits. *Ciência Rural*, 50(2).
- Dai, Y.; Yuan, L.; Zhang, S.; Wang, J.; Xie, S.; Zhao, M.; Chen, G.; Sun, R.; Wang, C. Comprehensive evaluation for cold tolerance in wucai (*Brassica campestris* L.) by the performance index on an absorption basis (PIabs). *Agronomy* 2019, 9, 61.
- Embrapa, 2013. Sistema Brasileiro de Classificação do Solo. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Terceira ed. Brasília, Brasil. 353 p.
- Epskamp, S.; Cramer, A.O.J.; Waldorp, L.J.; Schmittmann, V.D.; Borsboom, D. qgraph: network visualizations of relationships in psychometric data. *Journal of Statistical Software*, v.48, p.1-18, 2012. DOI: 10.18637/jss.v048.i04.
- Gan, H., Jiao, Y., Jia, J., Wang, X., Li, H., Shi, W., Luo, Z.B. 2016. Phosphorus and nitrogen physiology of two contrasting poplar genotypes when exposed to phosphorus and/or nitrogen starvation. *Tree physiology*, 36(1), 22-38.
- Gioppato, H. A., da Silva, M. B., Carrara, S., Palermo, B. R. Z., de Souza Moraes, T., & Dornelas, M. C. (2019). Genomic and transcriptomic approaches to understand *Passiflora* physiology and to contribute to passionfruit breeding. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 31(1), 173-181.
- Junghans, T. G., Jesus, O. N. Maracujá do Cultivo a comercialização. (2017). Editora: Embrapa, 1 edição, 341 págs.
- Kalaji, H. M., Jajoo, A., Oukarroum, A., Brestic, M., Zivcak, M., Samborska, I. A., & Ladle, R. J. (2016). Chlorophyll a fluorescence as a tool to monitor physiological status of plants under abiotic stress conditions. *Acta physiologiae plantarum*, 38(4), 102.
- Liu, C., Wang, Y., Jin, Y., Pan, K., Zhou, X., Li, N. 2017. Photoprotection regulated by phosphorus application can improve photosynthetic performance and alleviate oxidative damage in dwarf bamboo subjected to water stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 118, 88-97.
- Lopez-Arredondo, D.L., Leyva-González, M.A., González-Morales, S.I., López-Bucio, J., Herrera-Estrella, L. 2014. Phosphate nutrition: improving low-phosphate tolerance in crops. *Annual review of plant biology*, 65, 95-123.
- Manna, M., Islam, T., Kaul, T., Reddy, C. S., Fartyal, D., James, D., & Reddy, M. K. (2015). A comparative study of effects of increasing concentrations of phosphate and phosphite on rice seedlings. *Acta physiologiae plantarum*, 37(12), 258.

- MCGuire, R. G.; Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience*, v. 27, n. 12), p. 1254- 1255, 1992.
- Medeiros, S. A. S.; Bezerra, M. A. F.; Nascimento, J. A.; Cavalcante, L. F.; Freitas, C. A. S.; Ferreira, C. S. (2020). Produção e qualidade de maracujazeiro-amarelo sob lâminas de água, adubação fosfatada e matéria orgânica. *IRRIGA*, 25(1), 14-26.
- Montes, C.; Vicario, I. M.; Raymundo, M.; Feet, R.; Heredia, F. J. Application of tristimulus colorimetry to optimize the extraction of anthocyanins from jaboticaba (*Myrcia jaboticaba* Berg). *Food Research International*, v. 38, n. 8-9, p. 983-988, 2005
- Oliveira, E. J.; Santos, V. S.; Lima, D. S.; Machado, M. D.; Lucena, R. S.; Motta, T. B. N.; Castellen, M. S. Seleção em progênies de maracujazeiro-amarelo com base em índices multivariados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.43, p.1543-1549, 2008.
- R Development Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez, V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.
- Sampaio, O.M.; Silva, M.F.G.F. Evaluation de furanocumarinas como inibidores da fotossíntese através de ensaios de fluorescência da chlorophyll a. *Química Nova* 2012, 35, 2115–2118
- Santos, G. P. D., Lima Neto, A. J. D., Cavalcante, L. F., Lucena Cavalcante, I. H., & Souto, L. (2014). Crescimento e produção do maracujazeiro amarelo, sob diferentes fontes e doses de fósforo em cobertura. *Bioscience Journal*, 525-533.
- Schlüter, U., Colmsee, C., Scholz, U., Bräutigam, A., Weber, A. P., Zellerhoff, N., & Sonnewald, U. (2013). Adaptation of maize source leaf metabolism to stress related disturbances in carbon, nitrogen and phosphorus balance. *BMC genomics*, 14(1), 442.
- Silva, D.A., Tsai, S.M., Chiorato, A.F., Silva Andrade, S.C., Fatima Esteves, J. A., Recchia, G.H., Carbonell, S. A. M. 2019. Analysis of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) transcriptome regarding efficiency of phosphorus use. *PloS one*, 14(1).

- Strasser, R.J., Srivastava, A., Tsimilli-Michael, M. 2000. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. *Probing photosynthesis: mechanisms, regulation and adaptation*, 445-483.
- Talbi Zribi, O., Slama, I., Trabelsi, N., Hamdi, A., Smaoui, A., & Abdelly, C. (2018). Combined effects of salinity and phosphorus availability on growth, gas exchange, and nutrient status of *Catapodium rigidum*. *Arid Land Research and Management*, 32(3), 277-290.
- Veronica, N., Subrahmanyam, D., Kiran, T. V., Yugandhar, P., Bhadana, V. P., Padma, V., & Voleti, S. R. (2017). Influence of low phosphorus concentration on leaf photosynthetic characteristics and antioxidant response of rice genotypes. *Photosynthetica*, 55(2), 285-293.
- Wei T, Simko V. 2017. R package "corrplot": Visualization of a Correlation Matrix (Version 0.84). Available from <https://github.com/taiyun/corrplot>
- Xu, M., Li, A., Teng, Y., Sun, Z., & Xu, M. (2019). Exploring the adaptive mechanism of *Passiflora edulis* in karst areas via an integrative analysis of nutrient elements and transcriptional profiles. *BMC plant biology*, 19(1), 185.
- Zhang, D., Li, H., Wang, J., Zhang, H., Hu, Z., Chu, S., Yu, D. 2016. High-density genetic mapping identifies new major loci for tolerance to low-phosphorus stress in soybean. *Frontiers in plant science*, 7, 372.
- Zribi, O.T., Labidi, N., Slama, I. et al. Alleviation of phosphorus deficiency stress by moderate salinity in the halophyte *Hordeum maritimum* L. *Plant Growth Regul* 66, 75–85 (2012). <https://doi.org/10.1007/s10725-011-9631-9>

5. CONCLUSÃO GERAL

A metodologia REML/BLUP foi eficiente para identificar e selecionar cultivares nos ambientes estudados. A cultivar UENF Rio Dourado se torna interessante do ponto de vista de produção de frutos voltados à indústria, tendo em vista maior teor de ATT em ambientes com baixo P. Ressalta-se que essa cultivar apresentou, para esse ambiente, produtividade satisfatória por se tratar de uma variedade de polinização aberta, característica essa que permite o reaproveitamento de sementes, tornando-se indicada para produtores com menor nível tecnológico. As estimativas de correlação obtidas permitiram a seleção indireta em variáveis que se mostraram correlacionadas significativamente sem a necessidade de caracterização para todas as demais em trabalhos futuros, devendo-se priorizar aquelas com maior facilidade, exequibilidade e custo reduzido para a caracterização.