

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E
MELHORAMENTO**

CYNTIA MEIRY DA SILVA

**DIVERSIDADE GENÉTICA EM *COFFEA ARABICA* NO CERRADO
BRASILEIRO**

**ALEGRE
2015**

CYNTIA MEIRY DA SILVA

**DIVERSIDADE GENÉTICA EM *COFFEA ARABICA* NO CERRADO
BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de *Magister Scientiae* em Genética e Melhoramento.

Orientador: Prof. DSc. Fábio Luiz Partelli

**ALEGRE
2015**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

S586d Silva, Cyntia Meiry da, 1981-
Diversidade genética em Coffea arábica no cerrado brasileiro /
Cyntia Meiry da Silva. – 2015.
64 f. : il.

Orientador: Fábio Luiz Partelli.

Coorientadores: Adésio Ferreira.

Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) –
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Café. 2. Biometria. 3. Cerrado brasileiro. 4. Análise multivariada.
5. Melhoramento do cafeeiro I. Partelli, Fábio Luiz. II. Ferreira, Adésio.
III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências
Agrárias. IV. Título.

CDU: 575:631.52

CYNTIA MEIRY DA SILVA

**DIVERSIDADE GENÉTICA EM *COFFEA ARABICA* NO CERRADO
BRASILEIRO**

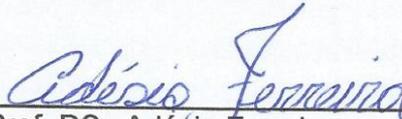
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de *Magister Scientiae* em Genética e Melhoramento.

Aprovada em 20 de fevereiro de 2015.

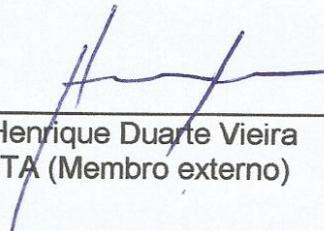
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. DSc Fábio Luiz Partelli
UFES/CEUNES (Orientador)



Prof. DSc Adésio Ferreira
UFES/CCA (Coorientador)



Prof. DSc Henrique Duarte Vieira
UENF/CCTA (Membro externo)

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida, sabedoria, saúde e por mostrar caminhos diante das dificuldades.

A minha mãe Leda Raquel e avó Eunice Caldas, pelo apoio em todos os momentos da minha vida, por terem sido meu porto seguro, mas principalmente, por ter suportado todo meu estresse.

Ao meu namorado Lindomar de Souza Machado, pela compreensão, apoio incondicional nessa e em todas as demais etapas de nossas vidas.

Ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de estudo, a CAPES que fomentou meus estudos durante os dois anos de mestrado.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Morrinhos, (IF Goiano-Campus Morrinhos), seus diretores, pesquisadores, técnicos, funcionários e diaristas, por possibilitarem a realização do nosso experimento, fornecendo área, experimento, apoio logístico e braçal.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fábio Luiz Partelli, por ter aceitado a orientação, abrindo assim novos horizontes de aprendizado, acima de tudo por sua disponibilidade.

Ao Prof. Dr. Adésio Ferreira, pelas inúmeras vezes que nos recebeu e pela grande contribuição imensamente na coorientação da dissertação.

Ao professor Dr. Adelmo Golynsk e ao aluno Nivaldo de Souza Pimentel do IF Goiano, pela compreensão e apoio na condução desse experimento mesmo distantes fisicamente. Gratidão!

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente fizeram parte dessa vitória. O nosso imenso obrigado!

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1 - Temperatura máxima, média e mínima (°C) (A), umidade relativa (%) do ar, precipitação (mm) e lâmina de irrigação (mm) (B) mensurada durante o experimento com 16 genótipos de *Coffea arabica* em Morrinhos Goiás, na estação automática de: A003 em Morrinhos, Goiás. Latitude: 17° 43' S Longitude: 49° 06' W Altitude: 771,42 m. Fonte: INMET - Instituto Nacional de Meteorologia 2013.26

Figura 2- Taxa de crescimento vegetativo (mm.dia⁻¹) de 16 genótipos de *Coffea arabica* em Morrinhos Goiás. Características avaliadas, crescimento do ramo ortotrópico (CO) e número de nós do ramo ortotrópico (NNO), comprimento do ramo plagiotrópico (CP), número de nós do ramo plagiotrópico (NNP).....33

CAPÍTULO 2

Figura 1 - Dendrograma representativo da divergência genética entre 16 genótipos de *Coffea arabica*, da característica comprimento do ramo ortotrópico (CO) obtidos pelo método UPGMA, utilizando o modelo de Mojena, em ensaios realizados em Morrinhos – Goiás.45

Figura 2 - Representação do dendrograma do agrupamento adesão para característica número de nós do ramo ortotrópico (NNO) de 16 genótipos de café arábica. As distâncias foram calculadas utilizando matrizes de dissimilaridade de Mojena e agrupadas de acordo com o método UPGMA.47

Figura 3 - Dendrograma de similaridade genética entre 16 cultivares de *Coffea arabica*, obtido a partir de caracteres morfoagronômicas comprimento do ramo plagiotrópico (CP),utilizando o método de agrupamento UPGMA. A linha pontilhada indica o ponto de corte com base na similaridade média calculada de 40%.48

Figura 4 - Análise de agrupamento hierárquico UPGMA da característica avaliada número de nós do ramo plagiotrópico (NNP) pelo método UPGMA de 16 genótipos de café arábica.50

Figura 5 - Gráfico dos escores do CP1 x CP2 utilizando 16 acessos de *Coffea arabica* Morrinhos- Goiás, 2014.54

Figura 6 - Gráfico dos escores do CP1 x CP3 utilizando 16 acessos de *Coffea arabica* Morrinhos- Goiás, 2014.56

Figura 7 - Gráfico dos escores do CP2 x CP3 utilizando 16 acessos de *Coffea arabica* Morrinhos- Goiás, 2014.58

Figura 8 - Dendograma dos escores dos componentes principais dos 16 genótipos de *Coffea arabica*, Morrinhos – Goiás, 2014.....60

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

TABELA 1 – Resultados dos Coeficientes de determinação (R^2), Coeficiente de determinação ajustado (R_a^2), critério de informação de Akaike (AIC) e o critério de informação Bayesiano (BIC) para o modelo exponencial, considerando a característica comprimento do ramo ortotrópico (CO) para 16 genótipos de *Coffea arabica* em Morrinhos Goiás. 16

TABELA 2 – Resultados dos Coeficientes de determinação (R^2), Coeficiente de determinação ajustado (R_a^2), critério de informação de Akaike (AIC) e o critério de informação Bayesiano (BIC) para o modelo exponencial, considerando a característica número de nós do ramo ortotrópico (NNO) para 16 genótipos de *Coffea arabica* em Morrinhos Goiás. 18

TABELA 3 – Resultados dos Coeficientes de determinação (R^2), Coeficiente de determinação ajustado (R_a^2), critério de informação de Akaike (AIC) e o critério de informação Bayesiano (BIC) para o modelo exponencial, considerando a característica crescimento do ramo plagiotrópico (CP) para 16 genótipos de *Coffea arabica* em Morrinhos Goiás. 20

TABELA 4 – Resultados dos Coeficientes de determinação (R^2), Coeficiente de determinação ajustado (R_a^2), critério de informação de Akaike (AIC) e o critério de informação Bayesiano (BIC) para o modelo exponencial considerando a característica número de nós do ramo plagiotrópico (NNP) para 16 genótipos de *Coffea arabica* em Morrinhos Goiás. 22

TABELA 5 – Avaliação ao término de 345 dias de experimento para as características, comprimento do ramo ortotrópico – CO (cm), comprimento do ramo plagiotrópico - CP (cm), número de nós do ramo ortotrópico - NNO e número de nós do ramo plagiotrópico – NNP, para 16 genótipos de *Coffea arabica* em Morrinhos, Goiás. 23

CAPÍTULO 2

TABELA 1 - Estimativa da variância do autovalor, porcentagem da variância e variância acumulada dos componentes principais, obtidos de oito caracteres morfológicos de *Coffea arabica* Morrinhos, Goiás 51

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - TAXA DE CRESCIMENTO DE 16 GENÓTIPOS DE CAFÉ ARÁBICA NO CERRADO BRASILEIRO

RESUMO.....	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUÇÃO.....	10
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4. CONCLUSÕES.....	34
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

CAPÍTULO 2 – DIVERSIDADE GENÉTICA EM 16 GENÓTIPOS DE *COFFEA ARABICA* NO CERRADO BRASILEIRO

RESUMO.....	38
ABSTRACT	39
1. INTRODUÇÃO.....	40
2. MATERIAL E MÉTODOS	41
3. RESULTADO E DISCUSSÃO	44
4. CONCLUSÕES.....	61
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	62

CAPÍTULO 1 - TAXA DE CRESCIMENTO DE 16 GENÓTIPOS DE CAFÉ ARÁBICA NO CERRADO BRASILEIRO

RESUMO

A cafeicultura apresenta importância em vários segmentos, desde social, econômica até o cultural, sendo o Brasil o maior produtor e exportador mundial. O objetivo desse trabalho foi avaliar a taxa de crescimento de 16 genótipos de café arábica (*Coffea arabica*) no Cerrado brasileiro. O experimento foi implantado em Morrinhos no estado de Goiás, com o espaçamento de 3x1m entre plantas. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo cada unidade experimental constituída de cinco plantas. Os caracteres avaliados foram comprimento dos ramos plagiotrópicos, comprimento dos ramos ortotrópicos, número de nós dos ramos plagiotrópicos e número de nós dos ramos ortotrópicos. As taxas de crescimento vegetativo variaram sazonalmente ao longo do período de avaliação. Ajustou-se o modelo não linear exponencial, sendo a qualidade do ajuste do modelo quantificada pelos Coeficientes de determinação (R^2), Coeficiente de determinação ajustado (R_a^2), critério de informação de Akaike (AIC) e o critério de informação Bayesiano (BIC). Concluiu-se que é possível a obtenção de genótipos adaptados as condições climáticas do cerrado brasileiro, com períodos de crescimento maiores condizendo com períodos de chuva e temperatura amenas. Presumidamente, os genótipos Catucaí 2 SL e Catuaí amarelo IAC 62, apresentam características que propiciem futuros estudos de melhoramento visando a adaptação em situações de estresse hídrico uma vez que os mesmos demonstraram menores alterações nas taxas de crescimento durante o período seco.

Palavra-chave: Melhoramento de plantas. *Coffea arabica*. Biometria. Cerrado Brasileiro.

ABSTRACT

The coffee has importance in several segments, from social, economic to the cultural, and Brazil is the largest producer and exporter. The aim of this study was to evaluate the growth rate of 16 Arábica coffee genotypes (*Coffea arabica*) in the Brazilian Cerrado. The experiment was established in Morrinhos in Goiás State, with the spacing of 3x1m between plants. The design was a randomized block design with four replications; each experimental unit consists of five plants. Traits recorded length of reproductive branches, length of orthotropic branches, number of nodes of reproductive branches and number of nodes of orthotropic branches. The vegetative growth rates varied seasonally throughout the evaluation period. Set the exponential not linear model, and the quality of the model fit quantified by determining coefficients (R^2), adjusted determination coefficient (R_a^2), information Akaike (AIC) and the criterion Bayesian (BIC) information. It was concluded that it is possible to obtain the genotypes adapted climatic conditions of the Brazilian cerrado, with highest growth periods befitting rain and mild temperature. Presumably, the Catucaí 2 SL genotypes and Yellow Catuaí IAC 62, have characteristics that facilitate future studies of breeding for adaptation to water stress situations since they have shown minor variations in growth rates during the dry season.

Keyword: Plant Breeding, *Coffea arabica*, Biometrics. Brazilian Cerrado.

INTRODUÇÃO

O cafeeiro pertence à família *Rubiaceae*, agrupadas em 630 gêneros, o gênero *Coffea* possui 124 espécies (Davis et al., 2011). Segundo IOC (2015) as espécies *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner nos últimos anos obtiveram uma produção mundial que ultrapassou 141 milhões de sacas.

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo, sendo o único país a produzir simultaneamente em larga escala as espécies *C. arabica* e *C. canephora*. O país colheu no ano de 2014 um volume de 45,34 milhões de sacas de 60 quilos beneficiadas (CONAB, 2015).

A cafeicultura brasileira apresenta grande importância na geração de empregos, recursos e divisas, sendo bastante diversificada, com particularidades regionais. O Cerrado brasileiro abrange mais de 200 milhões de hectares, distribuídos em oito estados e o Distrito Federal. O Estado de Goiás obteve uma produção de 265,2 mil sacas de café beneficiado, número praticamente idêntico ao obtido na safra 2013 (CONAB, 2015).

Programas de melhoramento de café têm como objetivo principal aumentar a produtividade média por hectare, adicionar características morfológicas e agronômicas de interesse.

No Brasil há diversas cultivares lançadas no mercado. O país apresenta dimensão continental e proporciona grande diversidade climática, tornando-se necessário estudar a adaptação local dessas cultivares e de novas, assim minimizar riscos futuros através do uso de cultivares adaptada a cada região (RODRIGUES et al., 2012).

Quando cultivado em baixas temperaturas, o cafeeiro apresenta como característica decréscimo acentuado no crescimento da parte aérea, além de danos no sistema radicular, levando a redução da produtividade. A cultura do café tende a sofrer alterações em suas fases fenológicas, condicionadas por fatores ambientais. Variações tais como no fotoperíodo, altitude e latitude, que originam diferenças meteorológicas e climatológicas que interferem na pluviosidade, umidade relativa do

ar e temperatura, com consequências não apenas na fenologia, mas também, na produtividade e qualidade da bebida (SILVA, 2010).

No cafeeiro temperaturas entre 13° e 17° C e déficit hídrico acentuado (-30 MPa) afetam diversos componentes do processo fotossintético, reduzindo a condutância estomática, fotossíntese líquida, eficiência fotoquímica do fotossistema II, transporte tilacoidal de elétrons, atividade enzimática e o metabolismo do carbono, alterando ainda a composição e a estrutura dos complexos de pigmentos fotossintéticos e classes lipídicas com intensidades distintas entre genótipos e espécies. (BATISTA-SANTOS et al., 2011; PARTELLI et al., 2013).

Por apresentar aspectos biológicos característicos de espécies perenes tais como ciclo reprodutivo longo, bienalidade, coincidência de gerações, manifestação de caracteres ao longo de vários anos, diferenças em maturidade e longevidade produtiva (PEREIRA et al., 2013), torna-se notório que tais peculiaridades agrônômicas da cultura afetam no melhoramento genético do café (OLIVEIRA et al., 2011).

As pesquisas acerca do desenvolvimento do cafeeiro, que podem ser feitas utilizando-se da análise do crescimento, apresentam uma importante aplicação na pesquisa agropecuária, pois permite ao pesquisador comparar o comportamento das plantas diante das diversas situações experimentais empregadas (PEREIRA et al. 2014).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a taxa de crescimento de 16 genótipos de *C. arabica*, cultivados em condições climáticas de Cerrado em Goiás.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado e conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Morrinhos, Estado de Goiás. Foram avaliados, 16 genótipos de *C. arabica* numa altitude de aproximadamente 750 metros.

O plantio da lavoura foi realizado em 13 de maio de 2011, os tratos culturais foram realizados conforme as orientações técnicas da cultura, sendo toda área irrigada.

Os tratamentos foram esquematizados em parcelas subdivididas no tempo, sendo as parcelas os genótipos (Catiguá MG2, Mundo Novo IAC 379/19, Mundo Novo IAC 376/4, Mundo Novo Machado, Catuaí vermelho IAC 99, Catucaí 2 SL, Acaiá cerrado MG 1474, Catuaí amarelo IAC 62, Araponga MG1, H-518-3-6-462-M, H-419-3-3-7-16-11, H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo, H-419-3-4-4-13(C-241) Bordadura, H-516-2-1-1-7-1, H-516-2-1-1-12-1, H-419-6-2-4-2-2).O espaçamento foi de três metros entre linhas e um entre plantas.

O delineamento empregado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, e cada unidade experimental constituída de cinco plantas.

As variáveis, comprimento dos ramos ortotrópico (CO), comprimento dos ramos plagiotrópicos (CP), número de nós dos ramos ortotrópico (NNO) e número de nós do ramo plagiotrópicos (NNP) foram mensurados quinzenalmente, no período de 08 de janeiro de 2013 a 19 de dezembro de 2013, totalizando 24 avaliações. Na última medição, as plantas tinham aproximadamente dois anos e sete meses de idade. As variáveis mensuradas em cada parcela, medida em centímetros, foram representadas pela média aritmética, das duas plantas centrais da parcela. Assim a evolução, do crescimento do ramo ortotrópico, crescimento do ramo plagiotrópicos, número de nós do ortotrópico e número de nós do plagiotrópicos, foram analisados ao longo do tempo.

As características foram avaliadas, durante todo o período foram: 1) comprimento dos ramos ortotrópico por meio da medição da altura das plantas (cm), utilizando uma régua graduada, da base ao ápice caulinar; 2) comprimento dos ramos plagiotrópicos obtido pela distância entre as inserções dos ramos com o ramo ortotrópico e, seus meristemas apicais; 3) número de nós no ramo ortotrópico determinado pela contagem direta no ramo; 4) número de nós no ramo plagiotrópico determinado pela contagem direta no ramo.

Em todas as características avaliadas, foram determinadas as taxas de crescimento mensais, obtida pela diferença entre o observado no mês atual e anterior, dividida

pelo número de dias entre avaliações. Sendo também determinado o crescimento, obtido pela diferença entre o observado no mês atual e o início do experimento.

Utilizando o aplicativo computacional “R” (R: Uma linguagem e ambiente para computação estatística) (2012), foi realizada a análise de variância ($P \geq 0,01$) com as médias mensais do crescimento, nas 04 características, durante o período. Para a realização desta análise, utilizou-se o esquema em parcelas subdivididas no tempo, com os genótipos na parcela e as épocas de avaliação na subparcela. Em seguida, foram realizadas análises de regressão não linear por características. O modelo estatístico usado foi o da regressão não linear exponencial: $\hat{y} = A * e^{B * t}$ em que: **A** é o crescimento inicial após determinado tempo, **B** a taxa de crescimento no tempo **t**, sendo o tempo **t** avaliações quinzenais durante o período de janeiro a dezembro de 2013.

Na literatura, vários modelos não lineares são utilizados para estimar as curvas de crescimento, entretanto é preciso adequar a curva ao melhor modelo que se ajusta. Para avaliação do método de ajuste escolhido foram utilizados dois avaliadores de qualidade de ajuste e dois de critério de informação.

O Coeficiente de determinação (R^2), citado por Bozsgogan (1987) utiliza a seguinte equação: $R^2 = 1 - \frac{SQR}{SQT}$, em que: SQR é a soma de quadrados do resíduo e SQT é a soma de quadrados total. O coeficiente assume valores entre zero e um e indica quando a variação dos dados foi explicada pelo modelo, quanto mais próximo de um melhor o modelo se adequou.

Coeficiente de determinação ajustado (R_a^2), $R_a^2 = 1 - \left[\frac{(1-R^2) * (n-i)}{n-p} \right]$, e dado pelo o coeficiente de determinação (R^2), n o número de observações, p o número de parâmetros do modelo e i está relacionado com o intercepto da curva assumindo valor igual 1 quando houver intercepto e zero quando não houver.

O critério de informação de Akaike (AIC) proposto por (AKAIKE, 1974) permite utilizar o princípio da parcimônia na escolha do melhor modelo, ou seja, de acordo com esse critério nem sempre o modelo mais parametrizado é o melhor. Menores valores encontrados de AIC são considerados melhores na adequação do modelo. AIC utiliza a seguinte equação não linear: $AIC = -2 \log(Lp) + 2[(p + 1) + 1]$ onde

em que L_p é a função de máxima verossimilhança do modelo e p é o número de variáveis explicativas consideradas no modelo. O critério de informação Bayesiano (BIC), também chamado de critério de Schwarz (SCHWARZ, 1978), é um critério de avaliação de modelos definido em termos de probabilidade. O BIC, leva em consideração a grade de parametrização do modelo p , sendo assim quanto menor o valor do critério de informação Bayesiano (BIC) melhor o ajuste do modelo. Sendo sua expressão dada por: $BIC = -2\log(L_p) + [(p + 1) + 1] \log(n)$ em que: *loglike* o valor do logaritmo da função de verossimilhança considerando as estimativas dos parâmetros (p) e n é o número de observações utilizadas para ajustar a curva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso da análise de crescimento durante o período de janeiro a dezembro de 2013 permitiu avaliar o crescimento final das plantas. Assim, inferir sobre a atividade fisiológica, isto é, estimar, de forma bastante precisa, as causas de variações de crescimento entre os diferentes genótipos.

A taxa de crescimento no período de 08 de janeiro a 19 de dezembro de 2013, dos 16 genótipos de café arábica para as características avaliadas: crescimento do ramo ortotrópico (CO), número de nós do ramo ortotrópico (NNO), crescimento do ramo plagiotrópico (CP) e número de nós do ramo plagiotrópico (NNP) apresentaram modelo não linear de crescimento, descrevendo um padrão exponencial, sendo o que melhor se ajustou para as características avaliadas, estão apresentadas nas Tabelas 1, 2, 3 e 4 bem como os coeficientes de ajuste do modelo de regressão.

Analisando a variável comprimento do ramo ortotrópico (CO) na Tabela 1, pode-se observar que os genótipos apresentaram elevados valores para o coeficiente de determinação (R^2) e coeficiente de determinação ajustado (R_a^2), sendo os valores encontrados em ambos com valores superiores a 0,99, destacando o genótipo Catiguá MG2 (R^2) 0,9935 e (R_a^2) de 0,9932 que apresentou os maiores valores,

corroborando com a literatura que quanto mais próxima de 1 maior o ajuste ao modelo (BOZSDOGAN, 1987).

Os avaliadores de qualidade de ajustes apresentados pelos critérios de informação de Akaike (AIC) e o critério de informação Bayesiano (BIC), que são medidas de comparação da qualidade de ajuste do modelo, apresentaram-se adequados ao modelo exponencial conforme tabela 1, sendo o genótipo Catuaí vermelho IAC 99 apresentou o valor de AIC 86,52332, BIC 86,52337 o que apresentou os menores valores dos 16 genótipos estudados.

Ao término da avaliação o crescimento dos 16 genótipos, foi evidente os distintos comprimentos do ramo ortrótopico (CO), ao ordenar os genótipos do menor para o maior CO, observou-se certa amplitude na variável, chegando a 94 cm, tendo como destaque o genótipo Mundo Novo IAC 376/4 com 155,99 cm, dispendo-se com o menor valor na variável, mostrando-se como um genótipo de porte baixo, permitindo trabalhos futuros de melhoramento, com objetivo de selecionar plantas que permitam maior mecanização.

O genótipo H-516-2-1-1-12-1 com 250,31 de comprimento do ramo ortotrópico alcançando o maior valor para a CO.

Dos 16 genótipos avaliados cerca de 9 apresentaram crescimento menor do que a média da variável CO (186,31 cm), sendo eles Mundo Novo IAC 376/4, H-516-2-1-1-7-1, Catuaí amarelo IAC 62, Mundo Novo Machado, H-419-3-3-7-16-11, H-419-6-2-4-2-2, Catucaí 2 SL, H-518-3-6-462-M e Catiguá MG2 (Tabela 5).

Em programas de melhoramento onde objetiva-se encontrar plantas de porte baixo a avaliação do comprimento do ramo ortotrópico dos genótipos com baixas médias, poderão ser utilizadas quando se espera utilizar mecanização.

TABELA 1 – Resultados dos Coeficientes de determinação (R^2), Coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), critério de informação de Akaike (AIC) e o critério de informação Bayesiano (BIC) para o modelo exponencial, considerando a característica comprimento do ramo ortotrópico (CO) para 16 genótipos de *Coffea arabica* em Morrinhos Goiás.

GENÓTIPOS	MODELO EXPONENCIAL	COEFICIENTES DE AJUSTE			
		R^2	R^2_{aj}	AIC	BIC
Catiguá MG2	$\hat{Y} = CO \sim 2,77075 * \exp(0,01215 * \text{temp})$	0,9935	0,9932	89,25878	89,25883
Mundo Novo IAC 379/19	$\hat{Y} = CO \sim 3,37668 * \exp(0,01223 * \text{temp})$	0,9961	0,9960	88,91182	88,91187
Mundo Novo IAC 376/4	$\hat{Y} = CO \sim 2,67997 * \exp(0,01178 * \text{temp})$	0,9986	0,9986	88,69084	88,69089
Mundo Novo Machado	$\hat{Y} = CO \sim 2,22384 * \exp(0,01248 * \text{temp})$	0,9981	0,9980	88,41772	88,41777
Catuaí vermelho IAC 99	$\hat{Y} = CO \sim 1,80880 * \exp(0,01364 * \text{temp})$	0,9969	0,9968	86,52332	86,52337
Catuaí 2 SL	$\hat{Y} = CO \sim 1,91553 * \exp(0,01307 * \text{temp})$	0,9970	0,9969	87,17488	87,17493
Acaí cerrado MG 1474	$\hat{Y} = CO \sim 2,23520 * \exp(0,01315 * \text{temp})$	0,9961	0,9960	87,60632	87,60637
Catuaí amarelo IAC 62	$\hat{Y} = CO \sim 2,49998 * \exp(0,01212 * \text{temp})$	0,9979	0,9978	87,70860	87,70865
Araponga MG1	$\hat{Y} = CO \sim 2,77240 * \exp(0,01230 * \text{temp})$	0,9955	0,9953	89,32780	89,32785
H-518-3-6-462-M	$\hat{Y} = CO \sim 2,16678 * \exp(0,01286 * \text{temp})$	0,9975	0,9974	87,83474	87,83479
H-419-3-3-7-16-11	$\hat{Y} = CO \sim 2,43337 * \exp(0,01224 * \text{temp})$	0,9976	0,9975	87,96528	87,96533
H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo	$\hat{Y} = CO \sim 2,30874 * \exp(0,01282 * \text{temp})$	0,9955	0,9953	88,50456	88,50461
H-419-3-4-4-13(C-241) Bordadura	$\hat{Y} = CO \sim 2,71044 * \exp(0,01275 * \text{temp})$	0,9971	0,9969	88,62108	88,62113
H-516-2-1-1-7-1	$\hat{Y} = CO \sim 2,96881 * \exp(0,01156 * \text{temp})$	0,9973	0,9972	88,81334	88,81339
H-516-2-1-1-12-1	$\hat{Y} = CO \sim 3,07045 * \exp(0,01286 * \text{temp})$	0,9947	0,9945	89,05130	89,05135
H-419-6-2-4-2-2	$\hat{Y} = CO \sim 2,99646 * \exp(0,01175 * \text{temp})$	0,9976	0,9975	88,29856	88,29861
Média		0,9967	0,9965	88,29431	88,29436
Desvio padrão		0,0014	0,0014	77,764	77,764
CV(%)		0,0014	0,0014	0,0088	0,0088

As equações de regressão e os coeficientes R^2 , R_a^2 e os critérios de informação AIC e BIC da taxa de crescimento da variável número de nós do ramo ortotrópico (NNO) apresentados na Tabela 2, seguiu o mesmo padrão de modelo não linear com padrão exponencial, apresentando elevados valores de R^2 e R_a^2 , ratificando o modelo obtido, assim como a variável comprimento do ramo ortotrópico.

Apresentando valores de R^2 variando entre 0,9944 no genótipo H-516-2-1-1-12-1 a 0,9979 no genótipo H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo. O mesmo foi encontrado no coeficiente de ajuste R_a^2 . O genótipo Catuaí vermelho IAC 99 apresentou os menores valores de AIC 89.28576 e BIC 89.28581, indicando que os coeficientes de informação de qualidade apresentaram melhor qualidade do modelo (Tabela 2).

No somatório do crescimento dos 16 genótipos de *Coffea arabica* na última leitura, foi possível observar que a variável número de nós do ramo ortotrópico (NNO) apresentou padrão de crescimento similar a variável comprimento do ramo ortotrópico (CO), respeitando o intervalo de crescimento de cada genótipo, outra similaridade encontrada foi o posicionamento do genótipo H-419-6-2-4-2-2 com o maior valor obtido.

Outro fato analisado foi a disposição de seis genótipos com valores menor que a média da variável NNO (19), sendo estes: Mundo Novo IAC 376/4, H-419-3-3-7-16-11, Mundo Novo IAC 379/19, Araponga MG1, Mundo Novo Machado, Catuaí amarelo IAC 62, Catuaí vermelho IAC 99 (Tabela 5).

Os genótipos Acaiá cerrado MG 1474, H-518-3-6-462-M, H-516-2-1-1-12-1, H-419-3-4-4-13(C-241) Bordadura, Catucaí 2 SL, H-516-2-1-1-7-1, H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo, Catiguá MG2, H-419-6-2-4-2-2, apresentaram valores iguais ou superior a média encontrada, sendo indicados para situações onde as lavouras serão implantadas com maior espaçamento, por apresentarem um maior número de nós do ramo ortotrópico, conseqüentemente são plantas que necessitaram de uma maior área para que não houvesse sombreamento entre plantas.

TABELA 2 – Resultados dos Coeficientes de determinação (R^2), Coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), critério de informação de Akaike (AIC) e o critério de informação Bayesiano (BIC) para o modelo exponencial, considerando a característica número de nós do ramo ortotrópico (NNO) para 16 genótipos de *Coffea arabica* em Morrinhos Goiás.

GENÓTIPOS	MODELO EXPONENCIAL	COEFICIENTES DE AJUSTE			
		R^2	R^2_{aj}	AIC	BIC
Catiguá MG2	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0,79205 * \exp(0,01253 * \text{temp})$	0,9963	0,9962	82,01340	82,0139
Mundo Novo IAC 379/19	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0,8789 * \exp(0,0128 * \text{temp})$	0,9954	0,9952	82,32320	82,3237
Mundo Novo IAC 376/4	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0,74731 * \exp(0,01238 * \text{temp})$	0,9974	0,9973	80,89590	80,89595
Mundo Novo Machado	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0,58656 * \exp(0,01295 * \text{temp})$	0,9960	0,9958	80,86498	80,86503
Catuai vermelho IAC 99	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0,57706 * \exp(0,01351 * \text{temp})$	0,9963	0,9961	81,60304	81,60309
Catucaí 2 SL	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0,60501 * \exp(0,01297 * \text{temp})$	0,9962	0,9960	81,43642	81,43647
Acaia cerrado MG 1474	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0,67455 * \exp(0,01322 * \text{temp})$	0,9966	0,9964	80,63446	80,63451
Catuai amarelo IAC 62	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0,75424 * \exp(0,01236 * \text{temp})$	0,9961	0,9959	81,72564	81,72569
Araponga MG1	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0,58719 * \exp(0,01338 * \text{temp})$	0,9962	0,9960	79,93776	79,93781
H-518-3-6-462-M	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0,61868 * \exp(0,01264 * \text{temp})$	0,9968	0,9967	81,21938	81,21943
H-419-3-3-7-16-11	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0,75802 * \exp(0,01236 * \text{temp})$	0,9971	0,9970	81,24640	81,24690
H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0,62303 * \exp(0,01309 * \text{temp})$	0,9979	0,9978	81,68514	81,68519
H-419-3-4-4-13(C-241) Bordadura	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0,80276 * \exp(0,01284 * \text{temp})$	0,9975	0,9974	79,73476	79,73481
H-516-2-1-1-7-1	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0,97272 * \exp(0,01172 * \text{temp})$	0,9972	0,9970	82,99376	82,99381
H-516-2-1-1-12-1	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0,83113 * \exp(0,01304 * \text{temp})$	0,9948	0,9945	81,28718	81,28723
H-419-6-2-4-2-2	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0,70533 * \exp(0,01269 * \text{temp})$	0,9973	0,9971	80,44516	80,44521
Média		0,9966	0,9964	67,43887	67,43891
Desvio padrão		0,0008	0,0009	29,40746	29,40746
CV(%)		0,0008	0,0009	0,4361	0,4361

A taxa de crescimento da variável comprimento do ramo plagiotrópico (CP) apresentada na tabela 3, assim como as demais variáveis estudadas, ajustou-se ao modelo não linear e apresentou o mesmo modelo exponencial com valores de R^2 0,987101962, R_a^2 0,986515687, para o genótipo H-516-2-1-1-7-1 e valores 89,28576 e 89,28581 de AIC e BIC respectivamente, para o genótipo Catuaí vermelho IAC 99, sendo estes os que apresentaram os menores valores entre os 16 genótipos avaliados, expondo adequação ao modelo.

Baseando-se na avaliação do crescimento acumulado dos 16 genótipos, obteve-se a seguinte ordem do menor para o maior crescimento do ramo plagiotropico (CP): H-516-2-1-1-7-1, Mundo Novo IAC 376/4, H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo, H-419-6-2-4-2-2, Catuaí amarelo IAC 62, H-419-3-3-7-16-11, H-419-3-4-4-13(C-241) Bordadura, Catiguá MG2, Araponga MG1, Mundo Novo Machado, Mundo Novo IAC 379/19, Catucaí 2 SL, Acaí cerrado MG 1474, H-518-3-6-462-M, Catuaí vermelho IAC 99, H-516-2-1-1-12-1 (Tabela 5).

As inflorescências são constituídas nas axilas das folhas opostas dos ramos laterais (plagiotrópicos) crescidos na estação anterior, sendo que esses nós produzem flores apenas uma vez (RENA, apud RENA, 1986).

O crescimento de ramos é uma das características utilizadas para previsões da safra do ano seguinte, assim, quanto maior o crescimento dos ramos plagiotrópicos (CP), que é um indicativo de diâmetro da copa e de maior número de nós produtivos por ramo, sendo a combinação de comprimento do ramo ortotrópico e comprimento do ramo plagiotrópico um indicativo de maior número de nós produtivos por plantas, um dos mais importantes componentes da produtividade, maior será o potencial produtivo do ano seguinte, pela presença de maior número de nós e, conseqüentemente, maior número de inflorescências (PEREIRA et al.,2007).

Corroborando com o encontrado por Bonomo et al., (2004) ao avaliar as mesmas características em progênies obtidas de cruzamentos De descendentes do híbrido de timor com as cultivares Catuaí vermelho e Catuaí amarelo o caráter produção de grãos revelou correlação genotípica alta e positiva com os caracteres diâmetro do caule, vigor, porte, altura e diâmetro da planta.

TABELA 3 – Resultados dos Coeficientes de determinação (R^2), Coeficiente de determinação ajustado (R_a^2), critério de informação de Akaike (AIC) e o critério de informação Bayesiano (BIC) para o modelo exponencial, considerando a característica crescimento do ramo plagiotrópico (CP) para 16 genótipos de *Coffea arabica* em Morrinhos Goiás.

GENÓTIPOS	MODELO	COEFICIENTES DE AJUSTE			
		R^2	R^2_{aj}	AIC	BIC
Catiguá MG2	$\hat{Y} = CP \sim 3,00403 * \exp(0,01168*temp)$	0,9882	0,9877	90,89192	90,89197
Mundo Novo IAC 379/19	$\hat{Y} = CP \sim 3,63305 * \exp(0,01137*temp)$	0,9951	0,9948	90,78530	90,78535
Mundo Novo IAC 376/4	$\hat{Y} = CP \sim 2,77185 * \exp(0,01135*temp)$	0,9922	0,9918	90,87506	90,87511
Mundo Novo Machado	$\hat{Y} = CP \sim 2.74732 * \exp(0.01211*temp)$	0.9896	0.9891	90.62016	90.62021
Catuaí vermelho IAC 99	$\hat{Y} = CP \sim 2.66959 * \exp(0.01274*temp)$	0.9977	0.9976	89.28576	89.28581
Catuaí 2 SL	$\hat{Y} = CP \sim 2.92484 * \exp(0.01219*temp)$	0.9977	0.9976	90.36614	90.36619
Acaia cerrado MG 1474	$\hat{Y} = CP \sim 3.31880 * \exp(0.01199*temp)$	0.9967	0.9965	90.19990	90.19995
Catuaí amarelo IAC 62	$\hat{Y} = CP \sim 3.59763 * \exp(0.01108*temp)$	0.9908	0.9904	91.06820	91.06825
Araponga MG1	$\hat{Y} = CP \sim 3.03955 * \exp(0.01175*temp)$	0.9911	0.9907	90.73210	90.73215
H-518-3-6-462-M	$\hat{Y} = CP \sim 3.88374 * \exp(0.01156*temp)$	0.9936	0.9933	91.51780	91.51785
H-419-3-3-7-16-11	$\hat{Y} = CP \sim 3.68697 * \exp(0.01107*temp)$	0.9928	0.9925	91.13682	91.13687
H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo	$\hat{Y} = CP \sim 4.14252 * \exp(0.01048*temp)$	0.9901	0.9896	91.41446	91.41451
H-419-3-4-4-13(C-241) Bordadura	$\hat{Y} = CP \sim 3.12371 * \exp(0.01159*temp)$	0.9957	0.9955	90.35510	90.35515
H-516-2-1-1-7-1	$\hat{Y} = CP \sim 2.85799 * \exp(0.01108*temp)$	0.9871	0.9865	90.51206	90.51211
H-516-2-1-1-12-1	$\hat{Y} = CP \sim 2.96689 * \exp(0.01312*temp)$	0.9954	0.9952	90.38880	90.38885
H-419-6-2-4-2-2	$\hat{Y} = CP \sim 3.19715 * \exp(0.01123*temp)$	0.9942	0.9940	90.18308	90.18313
Média		0.9930	0.9927	90.64579	90.64584
Desvio padrão		0.0033	0.0035	54.288	54.288
CV(%)		0.0033	0.0035	0.0060	0.0060

Por meio da análise detalhada da tabela 4 as equações de regressão da taxa de crescimento da variável número de nós do ramo plagiotrópico (NNP) dos 16 genótipos de café arábica, observa-se que assim como as demais variáveis o modelo não linear exponencial, apresentando valores adequados de R^2 , R_a^2 , AIC e BIC.

O genótipo Mundo Novo Machado apresentou os menores valores de R^2 , R_a^2 0,9950 e 0,9948, respectivamente, para os coeficientes de informação AIC e BIC o genótipo H-516-2-1-1-12-1 demonstrou valores de 80,9710 e 80,9708, novamente apresentando adequação ao modelo não linear não exponencial.

Ao término da avaliação taxa de crescimento no mês de dezembro, os 16 genótipos obtiveram distintos valores de número de nós do ramo plagiotrópico (NNP), ao agrupa-los em ordem do menor para o maior valor apresentado, obteve-se: Catiguá MG2,H-419-3-4-4-13(C-241) Bordadura,Mundo Novo IAC 379/19,Mundo novo machado,H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo,H-419-6-2-4-2-2,Catuaí amarelo IAC 62,H-516-2-1-1-7-1,H-419-3-3-7-16-11,Catuaí 2 SL, Acaí cerrado MG 1474,Mundo Novo IAC 376/4,Araponga MG1H-518-3-6-462-M,H-516-2-1-1-12-1,Catuaí vermelho IAC 99 (Tabela 5).

Assim como nas demais variáveis analisadas, o genótipo H-516-2-1-1-12-1 (Tabela 5) se destacou diante aos demais, pois apresentou a maior comprimento do ramo plagiotrópico com 266,83 centímetros, 23 nós no ramo plagiotrópico, características de interesse por se relacionar a produção, 250,31 centímetros do ramo ortotrópico e número de nós no ramo ortotrópico 19, pode ser considerado um genótipo promissor para programas de melhoramento que visem adensamento, e por apresentar uma combinação entre as variáveis que são importantes componentes na produtividade da planta.

TABELA 4 – Resultados dos Coeficientes de determinação (R^2), Coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), critério de informação de Akaike (AIC) e o critério de informação Bayesiano (BIC) para o modelo exponencial considerando a característica número de nós do ramo plagiotrópico (NNP) para 16 genótipos de *Coffea arabica* em Morrinhos Goiás.

GENÓTIPOS	MODELO	COEFICIENTES DE AJUSTE			
		R^2	R^2_{aj}	AIC	BIC
Catiguá MG2	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0.79205 * \exp(0.01253 * \text{temp})$	0.9951	0.9948	82.67458	82.67456
Mundo Novo IAC 379/19	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0.8789 * \exp(0.0128 * \text{temp})$	0.9967	0.9966	82.67676	82.67674
Mundo Novo IAC 376/4	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0.74731 * \exp(0.01238 * \text{temp})$	0.9963	0.9961	82.9384	82.9382
Mundo Novo Machado	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0.58656 * \exp(0.01295 * \text{temp})$	0.9950	0.9948	82.80738	82.80736
Catuaí vermelho IAC 99	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0.57706 * \exp(0.01351 * \text{temp})$	0.9979	0.9978	81.95558	81.95556
Catucaí 2 SL	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0.60501 * \exp(0.01297 * \text{temp})$	0.9952	0.9950	8.26336	8.26334
Acaí cerrado MG 1474	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0.67455 * \exp(0.01322 * \text{temp})$	0.9966	0.9965	82.80350	82.80348
Catuaí amarelo IAC 62	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0.75424 * \exp(0.01236 * \text{temp})$	0.9955	0.9953	83.68098	83.68096
Araponga MG1	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0.58719 * \exp(0.01338 * \text{temp})$	0.9972	0.9970	82.48752	82.48750
H-518-3-6-462-M	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0.61868 * \exp(0.01264 * \text{temp})$	0.9977	0.9975	83.12972	83.12970
H-419-3-3-7-16-11	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0.75802 * \exp(0.01236 * \text{temp})$	0.9958	0.9956	83.21922	83.21920
H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0.62303 * \exp(0.01309 * \text{temp})$	0.9953	0.9951	83.41664	83.41662
H-419-3-4-4-13(C-241) Bordadura	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0.80276 * \exp(0.01284 * \text{temp})$	0.9960	0.9958	82.27154	82.27152
H-516-2-1-1-7-1	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0.97272 * \exp(0.01172 * \text{temp})$	0.9960	0.9958	83.01350	83.01348
H-516-2-1-1-12-1	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0.83113 * \exp(0.01304 * \text{temp})$	0.9956	0.9954	80.9710	80.9708
H-419-6-2-4-2-2	$\hat{Y} = \text{NNO} \sim 0.70533 * \exp(0.01269 * \text{temp})$	0.9970	0.9969	82.65490	82.65488
Media		0.9962	0.9960	68.84038	68.84037
Desvio padrão		0.0009	0.0009	29.12483	29.12483
CV (%)		0.0009	0.0009	0.4231	0.4231

TABELA 5 – Avaliação ao término de 345 dias de experimento para as características, comprimento do ramo ortotrópico – CO (cm), comprimento do ramo plagiotrópico - CP (cm), número de nós do ramo ortotrópico - NNO e número de nós do ramo plagiotrópico – NNP, para 16 genótipos de *Coffea arabica* em Morrinhos, Goiás.

GENÓTIPOS	CO	NNO	CP	NNP
G1 - Catiguá MG2	182,34	20	170,88	19
G2 - Mundo Novo IAC 379/19	223,80	18	183,44	19
G3 - Mundo Novo IAC 376/4	155,99	17	141,03	22
G4 - Mundo Novo Machado	163,43	18	179,01	19
G5 - Catuaí vermelho IAC 99	195,29	19	212,90	24
G6 - Catucaí 2 SL	171,39	20	194,58	22
G7 - Acaiá cerrado MG 1474	203,26	19	204,73	22
G8 - Catuaí amarelo IAC 62	162,49	18	165,16	21
G9 - Araponga MG1	191,25	18	175,03	22
G10 - H-518-3-6-462-M	181,43	19	210,06	22
G11 - H-419-3-3-7-16-11	164,14	18	169,76	22
G12 - H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo	189,41	20	155,30	20
G13 - H-419-3-4-4-13(C-241) Bordadura	216,79	20	170,23	19
G14 - H-516-2-1-1-7-1	159,78	20	133,05	21
G15 - H-516-2-1-1-12-1	250,31	19	266,83	23
G16 - H-419-6-2-4-2-2	169,80	22	155,59	20
MÉDIAS	186,31	19	180,47	21

Em programas de melhoramento de café, devem-se buscar genótipos que apresentem características morfoagrômicas de interesse para o melhorista que poderão elevar a produção, entre elas a estabilidade, menor bienalidade, porte baixo, maior número de nós no ramo plagiotrópico, entre outras características. Algumas dessas características foram analisadas neste trabalho, entre elas o comprimento do ramo ortotrópico, buscando plantas com porte baixo a médio, mas que apresentem elevado número de nós no ramo ortotrópico para que possa expressar acentuado número de ramos produtivos (plagiotrópico), almejando-se grandes comprimentos desde acompanhado de amplo número de nós, esperando que tais características reflitam em produção.

Ao longo deste trabalho, com uso da taxa de crescimento, observou-se que alguns genótipos já consagrados como Acaiá Cerrado MG 1474, Araponga MG1 e Mundo Novo IAC 379/19 e outros genótipos em fase de estudo entre eles o H-516-2-1-1-12-1 apresentaram essas características, sendo assim esses genótipos podem se tornar promissores para região de Morrinhos, Goiás.

O estado de Goiás apresenta duas estações climáticas distintas, a chuvosa se inicia entre os meses de setembro e outubro e vai até o mês de abril e outra seca, se iniciando em abril ou maio, estendendo-se até o mês setembro ou de outubro (FERREIRA et al., 2013).

Diante dos dados meteorológicos referentes ao ano de 2013 do município de Morrinhos do estado de Goiás fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (IMMET), evidenciou-se a influência de fatores como temperatura, umidade relativa do ar e precipitação no comportamento da taxa de crescimento quinzenal dos diferentes genótipos avaliados (Figura 1).

Tendo a umidade do ar um impacto significativo sobre o crescimento vegetativo do cafeeiro. O café robusta cresce com sucesso sob saturação se que aproxima da alta umidade do ar, ou em áreas menos úmidas, desde que a estação seca seja curta. Em contrapartida, o café arábica requer um ambiente menos úmido, comparável à das terras altas da Etiópia (DAMATTA; RONCHII, 2007)

No ano de 2013 a temperatura mínima do ar começou a reduzir em meados de maio, mantendo-se na faixa de 14°C até início de setembro. Essa redução também foi observada com a temperatura média, onde a faixa de temperatura ficou próximo dos 20°C e a máxima dos 28°C.

Caracterizando assim um período de condições adversas ao crescimento dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, esses resultados confirmam os resultados relatados por Ferreira (2013) que mostraram que genótipos de *Coffea arabica* apresentam sensibilidade a baixas temperaturas, resultados similares foram também encontrados por Partelli et al. (2013) em genótipos de *Coffea conephora* no Norte do Estado do Espírito Santo. Semelhantemente, DaMatta e Ramalho (2006) relataram que além das temperaturas desfavoráveis, a seca é uma das principais limitações climáticas à produção do cafeeiro.

Na precipitação pode-se considerar o período seco a partir do mês de maio e se prolongando até o mês de setembro quando inicio o período chuvoso, sendo o experimento irrigado até o mês de junho, cessando nos meses de julho a agosto e retomando na primeira semana de setembro, com uma lâmina de irrigação de 40mm/dia.

Diante desse panorama meteorológico apresentado a partir de maio até o mês de setembro, os genótipos expressaram valores menores da taxa de crescimento quinzenal para todas as variáveis analisadas, contudo foi observado de forma geral no final do período chuvoso no mês março e abril houve dois picos nas taxas de CO, NNO, CP e NNP quando foi constatada precipitação elevada (Figura 1).

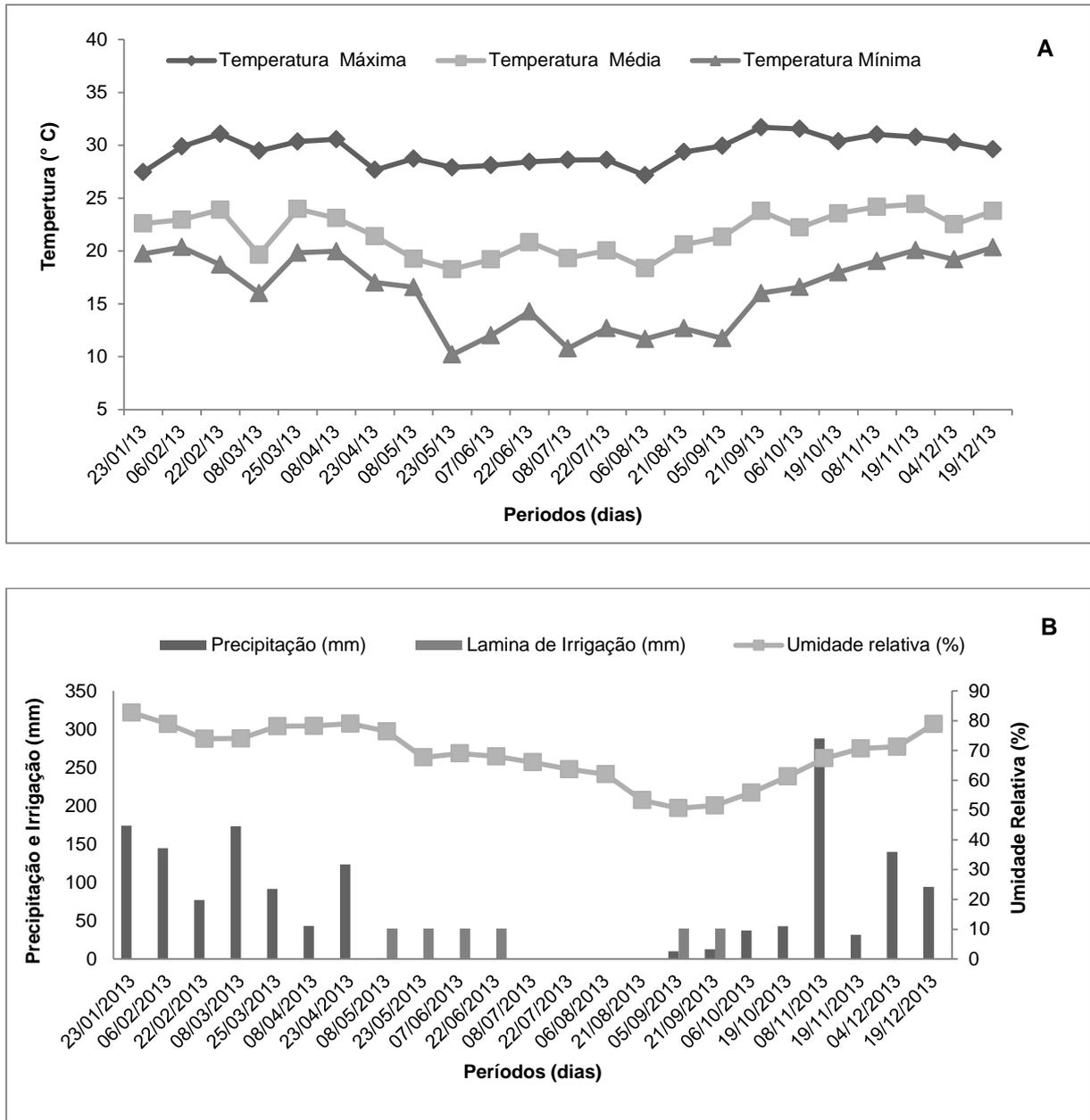


Figura 1 - Temperatura máxima, média e mínima (°C) (A), umidade relativa (%) do ar, precipitação (mm) e lâmina de irrigação (mm) (B) mensurada durante o experimento com 16 genótipos de *Coffea arabica* em Morrinhos Goiás, na estação automática de: A003 em Morrinhos, Goiás. Latitude: 17° 43' S Longitude: 49° 06' W Altitude: 771,42 m. Fonte: INMET - Instituto Nacional de Meteorologia 2013.

A partir do mês de abril quando se iniciou o período seco da região, constatam-se os menores valores de taxa de crescimento quinzenal em todas as variáveis e tornando a apresentar valores elevados a partir do mês de setembro, quando possui mudança dos fatores meteorológicos, aumentando novamente a temperatura (máxima, média e mínima), umidade relativa e iniciando o período chuvoso.

Damatta e Ronchi (2007) observaram taxas de crescimento da parte aérea do cafeeiro (crescimento dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, formação de nós, expansão foliar) variavam de forma sazonal, em virtude das condições climáticas, particularmente dos regimes de chuva e de temperatura, corroborando com esse trabalho, exibindo a necessidade da análise do crescimento do cafeeiro nas diferentes estações.

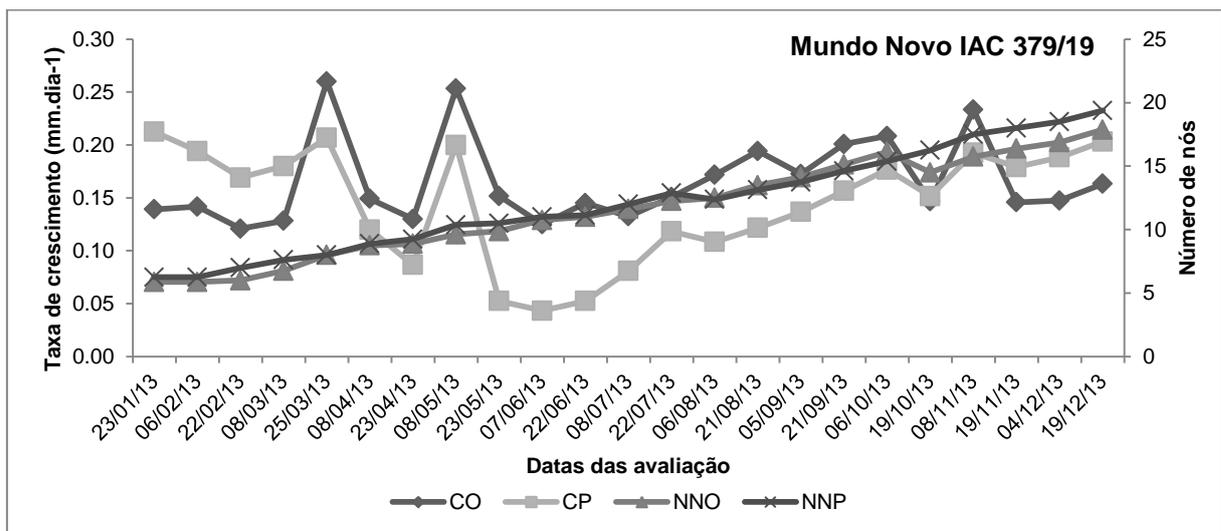
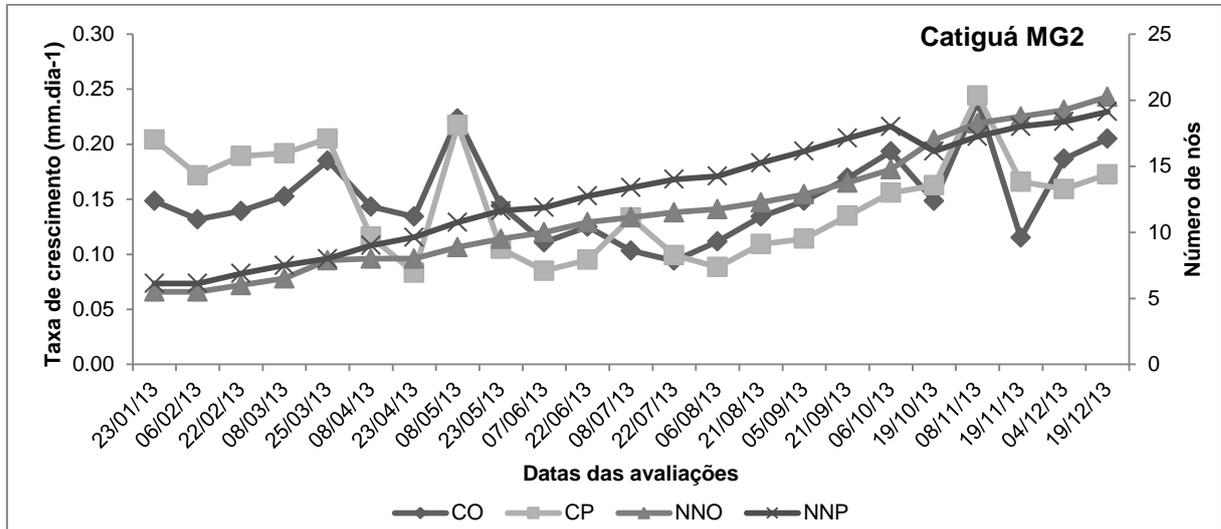
Apesar do comportamento diferencial entre os genótipos avaliados (Figura 2) é possível observar alguns genótipos com comportamento similar entre eles. Os genótipos Catiguá MG2 e Mundo Novo IAC 379/19 apresentaram um aumento nas taxas de crescimento para a variável comprimento do ramo ortotrópico (CO) e comprimento do ramo plagiotrópico (CP) nos períodos de julho a outubro, sendo constatados após o período de floração do café, podendo estar relacionado a irrigação fornecida. Os 16 genótipos apresentaram picos de crescimento na leitura 19/10 e 08/11 em resposta a precipitação significativa que aconteceu neste período.

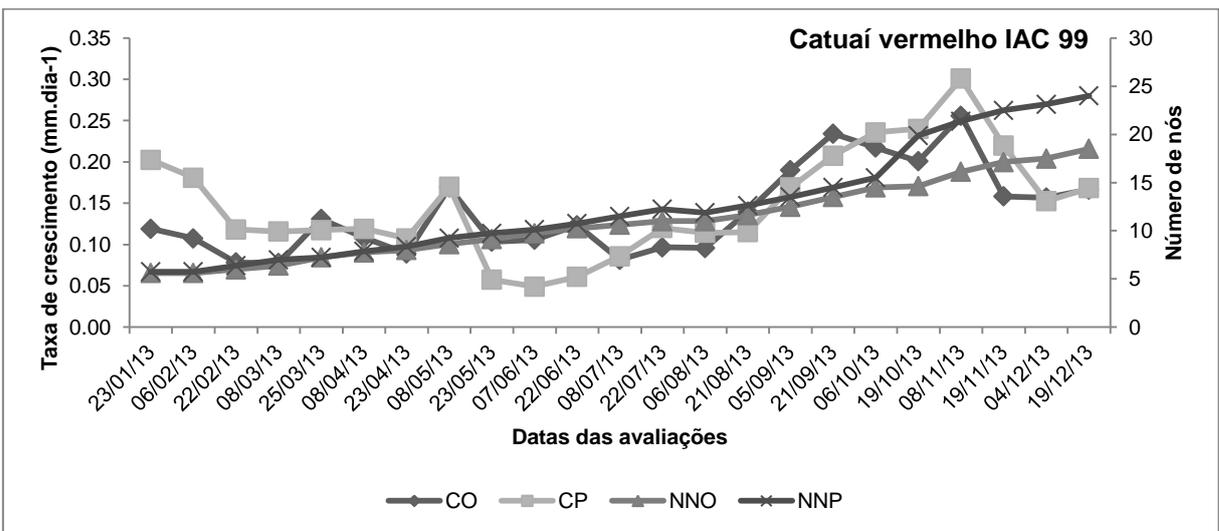
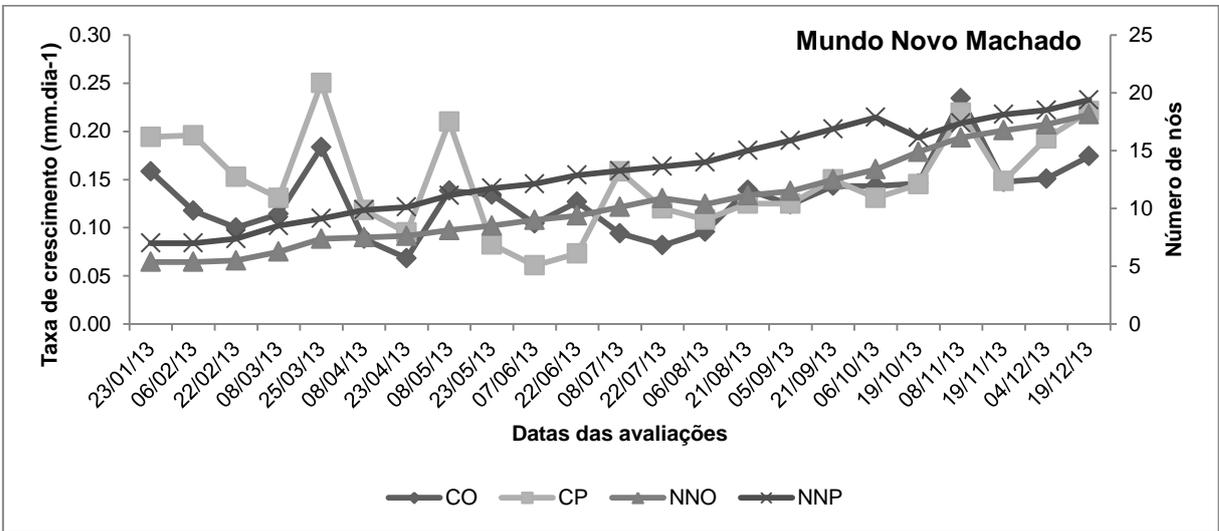
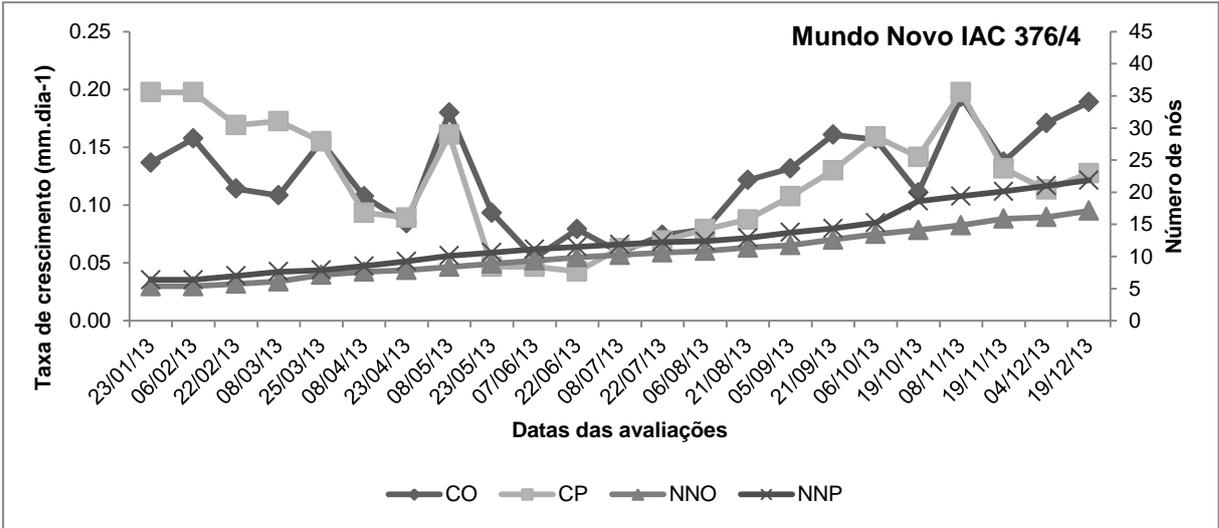
O genótipo Mundo Novo Machado apresentou taxas de crescimento mais constantes durante o período avaliado, se diferenciando dos demais genótipos estudado. Catuaí vermelho IAC 99 por sua vez, apresentou as menores taxas durante o período de janeiro a maio, o genótipo H-516-2-1-1-12-1 apresentou a maiores taxa de crescimento durante o inverno.

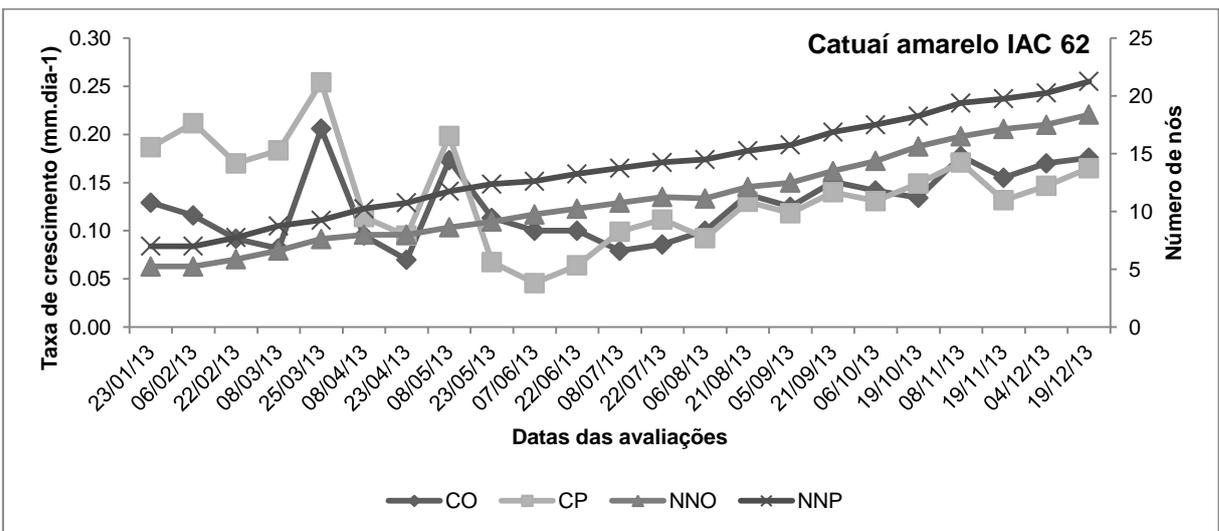
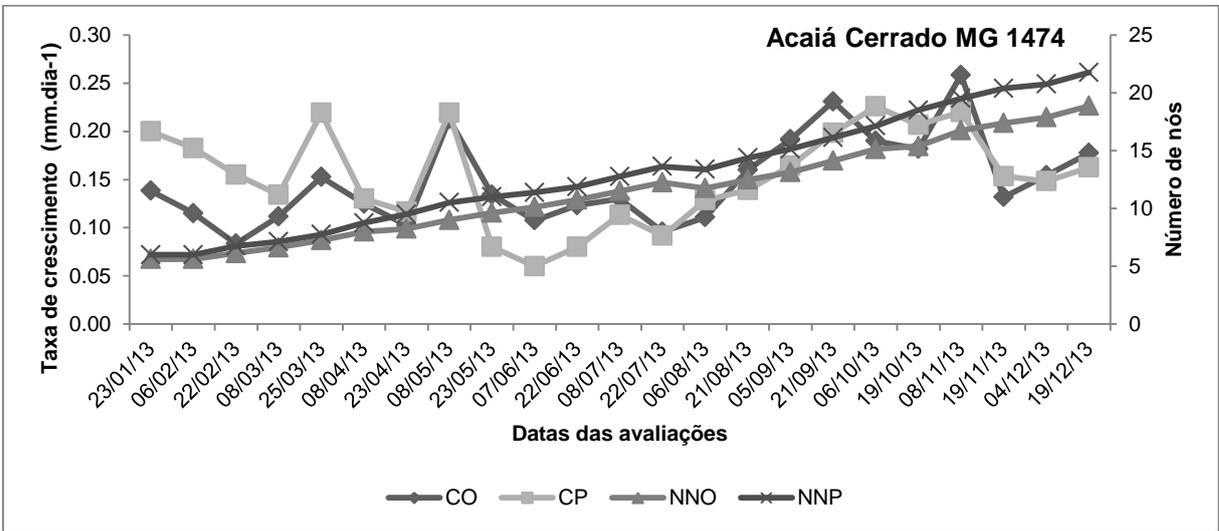
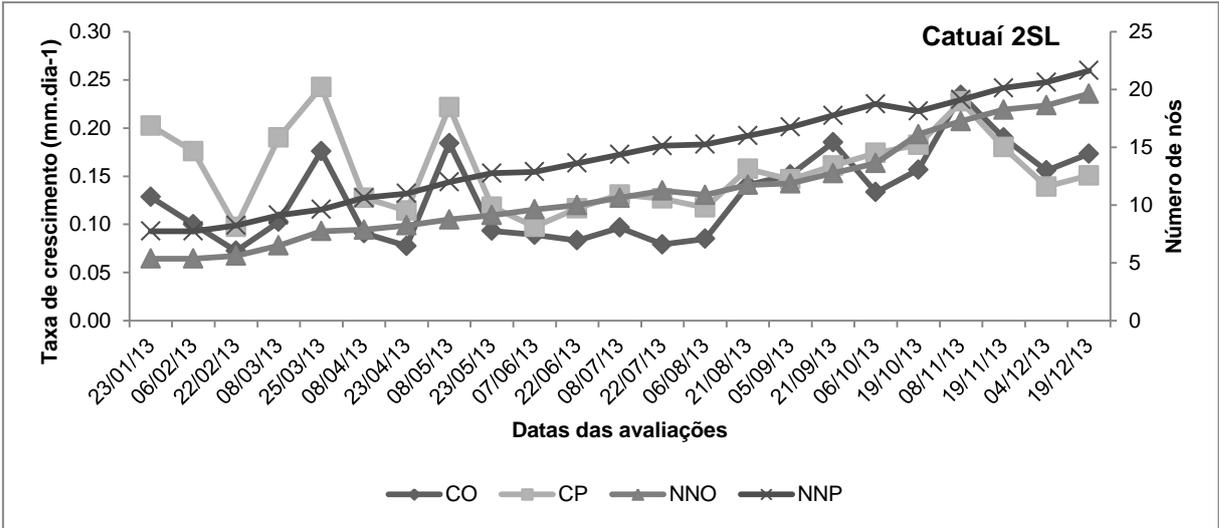
As variáveis, número de nós do ramo ortotrópico (NNO) e número de nós do ramo plagiotrópico (NNP), apresentou crescimento praticamente constante em todos os genótipos (Figura 2).

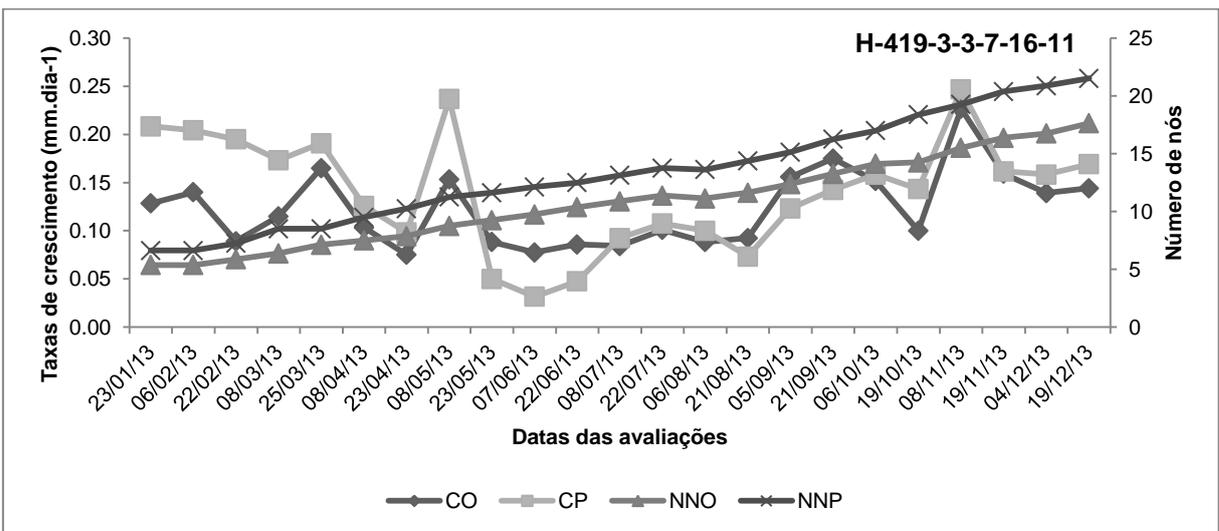
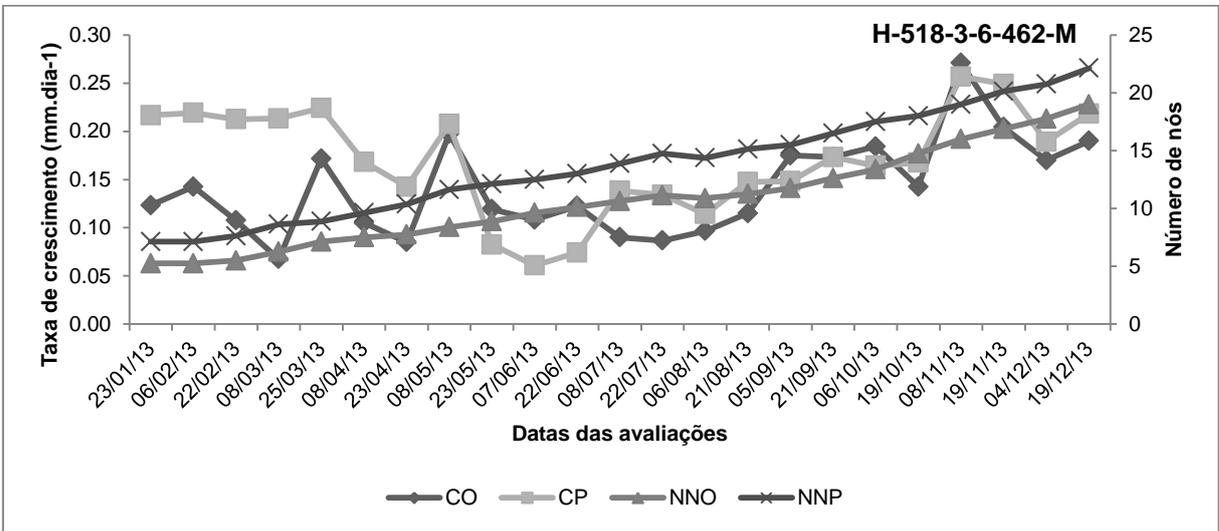
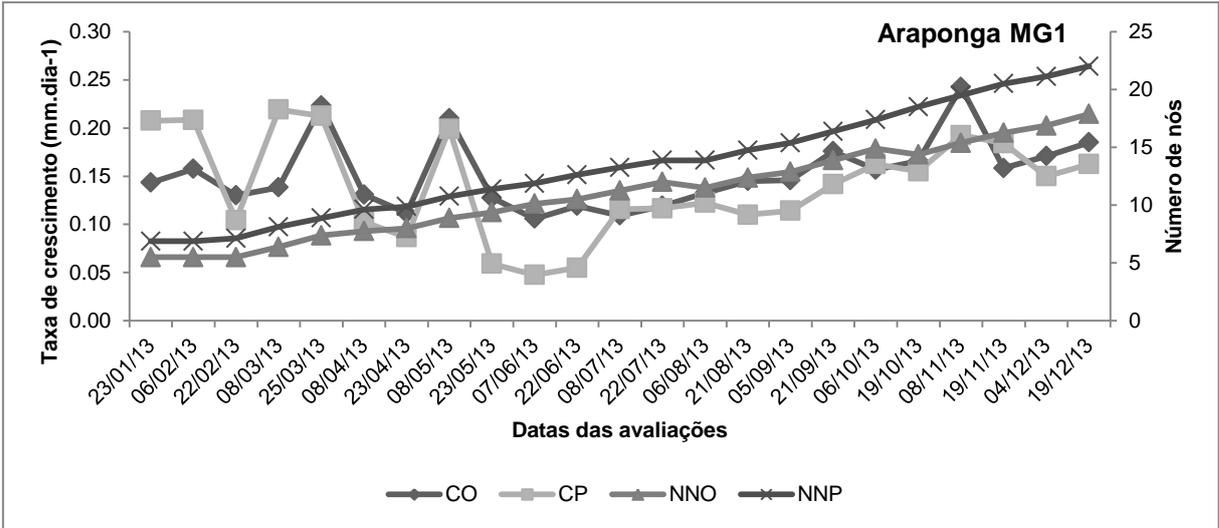
A taxa de crescimento dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos do *C. arabica* L. sofre alteração sazonal durante todo o ano, pois variações de temperaturas mínimas do ar abaixo de 17°C e déficit hídrico influencia a taxa de crescimento dos ramos de *C. arabica* L (FERREIRA et al., 2013, AMARAL et al., 2006). Corroborando com Rodrigues et al (2014), que ao estudar genótipos de café arábica no estado do Rio de Janeiro observaram que a variação entre as características ocorre devido à combinação entre os genótipos e as variações climáticas, espaçamento,

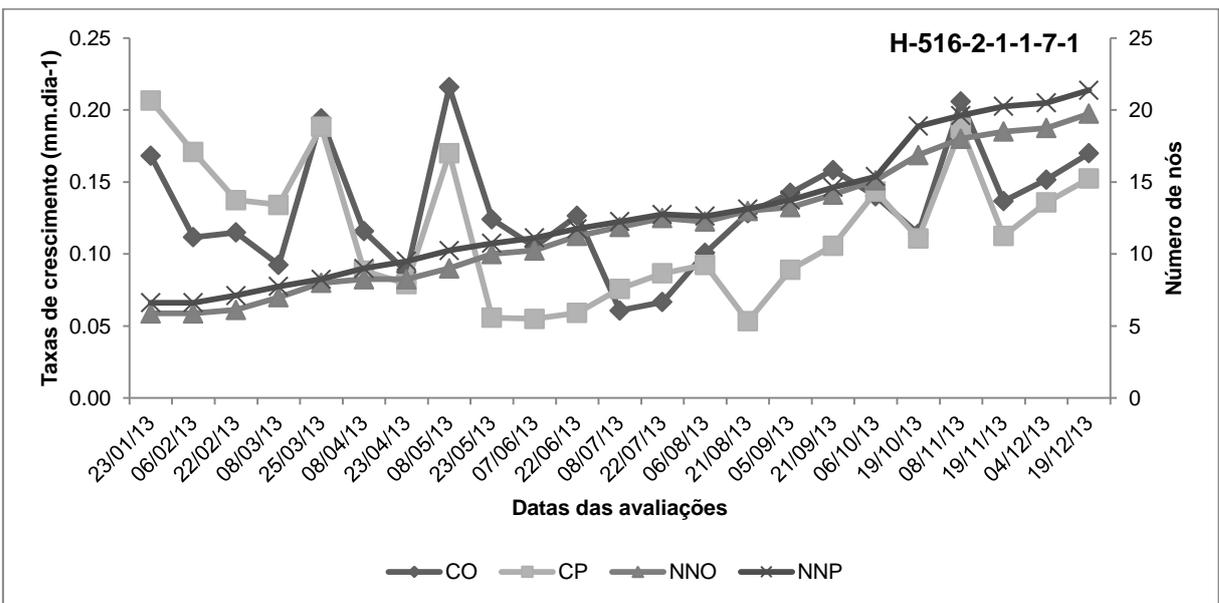
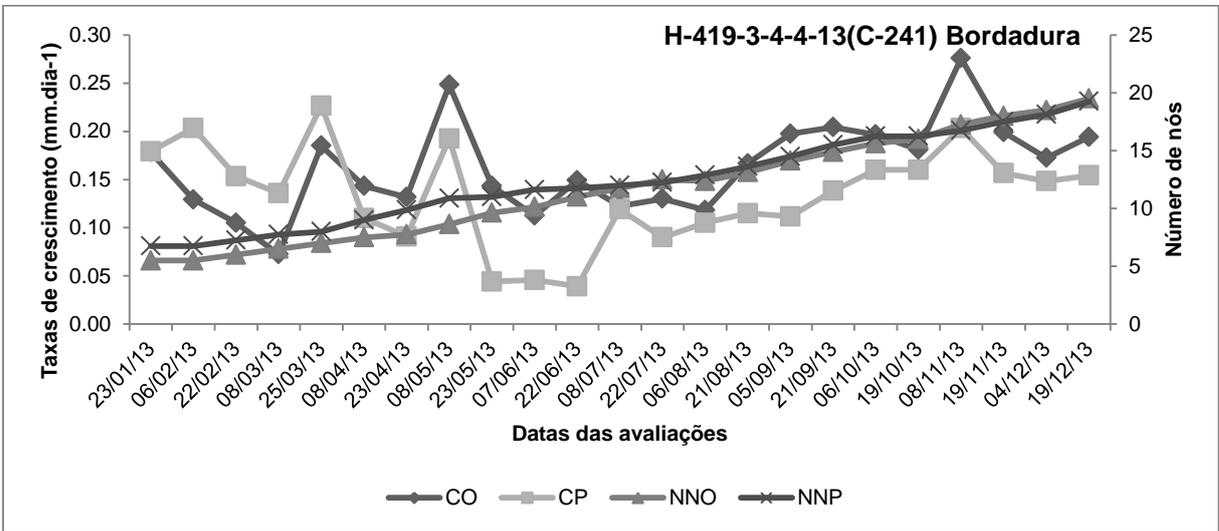
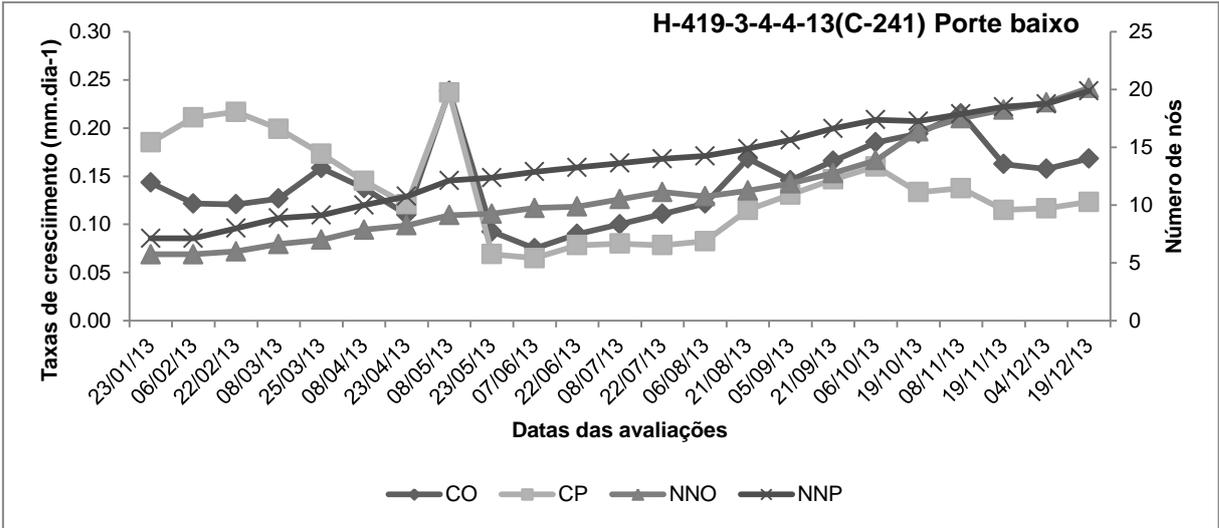
demonstrando a necessidade de estudos dessa interação e a recomendação de cada genótipo para cada região específica.











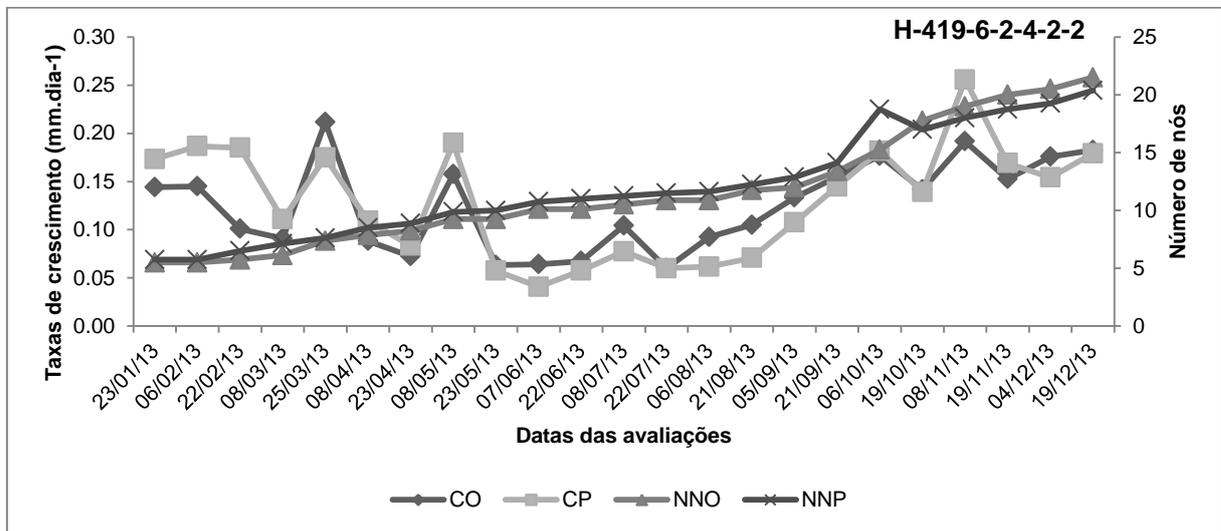
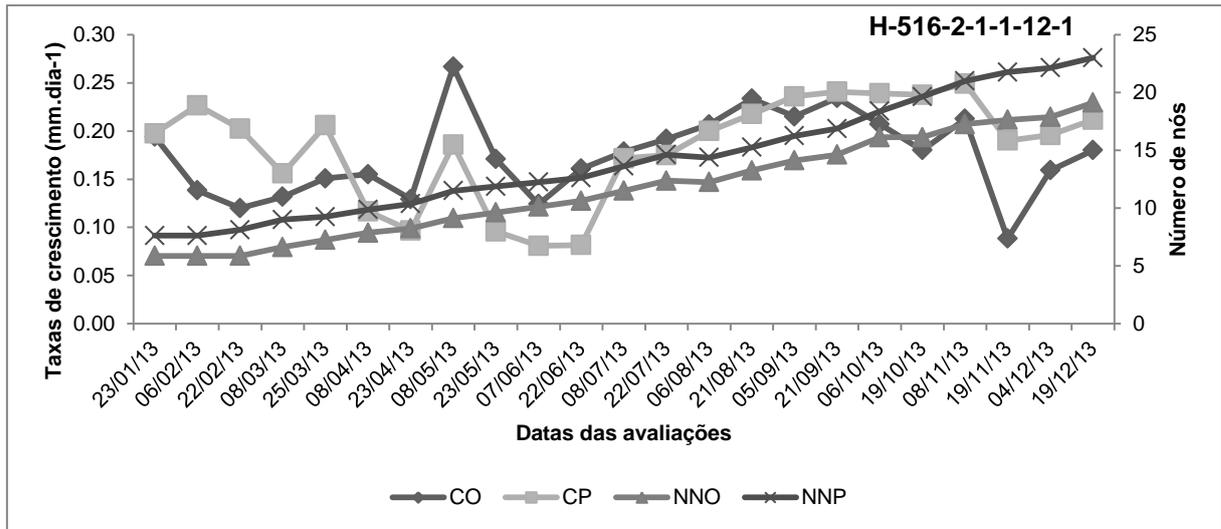


Figura 2- Taxa de crescimento vegetativo (mm.dia^{-1}) de 16 genótipos de *Coffea arabica* em Morrinhos Goiás. Características avaliadas, crescimento do ramo ortotrópico (CO) e número de nós do ramo ortotrópico (NNO), comprimento do ramo plagiotrópico (CP), número de nós do ramo plagiotrópico (NNP).

CONCLUSÕES

- 1) As taxas de crescimento variaram sazonalmente ao longo do ano, com maiores taxas em períodos chuvosos, e de temperaturas mais elevadas, porém não extremas, e no aumento da umidade relativa, e menores taxas no período seco e de temperaturas mais baixas, precipitação restrita e no decréscimo da umidade relativa.
- 2) Os genótipos Catucaí 2 SL e Catuaí amarelo IAC 62, apresentaram a menor variação nas taxas de crescimento durante o período analisado entre abril e setembro, podendo apresentar características que propiciem estudos futuros sobre a adaptação de tais materiais em situações de estresse hídrico permitindo assim a ampliação do cultivo da cultura na região do Cerrado.
- 3) As taxas de crescimento dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos apresentaram diferença entre os 16 genótipos apesar de apresentarem o mesmo modelo estatístico não linear na regressão com padrão exponencial, sendo o que melhor se ajustou para todas as variáveis analisadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, J. A. T.; RENA, A. B.; AMARAL, J. F. T. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e sua relação com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 377-384, 2006.

AKAIKE, H. A new look at the Statistical Model Identification. **IEEE Transaction on Automatic Control**, Boston, v.19, n.06, p. 716-723, 1974.

BATISTA-SANTOS, P.; LIDON, F.C.; FORTUNATO, A.; LEITÃO, A. E.; LOPES, E.; PARTELLI, F.L.; RIBEIRO, A.; RAMALHO, J. C. The impact of cold on photosynthesis in genotypes of *Coffea* spp. Photosystem sensitivity, photoprotective mechanisms and gene expression. **Journal of Plant Physiology**, Toronto, v.168, n.8, p.792-806, 2011.

BONOMO, P.; CRUZ, C.D.; VIANA, J.M.S. PEREIRA, A.A.P. OLIVEIRA, V.R. CARNEIRO, P.C.S. Avaliação de progênies obtidas de cruzamentos de descendentes do híbrido de Timor com as cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.02, p.207-219, 2004.

BOZSDOGAN, H. Model selection and Akaike's information criterion (AIC): The general theory and its analytical extensions. **Psychometrika**, Virgínia, v.52, n.03. p.345-370,1987.

CARVALHO, A.; MEDINA FILHO, H.P.; FAZUOLI, L. C.; GUERREIRO FILHO, O. LIMA, M. M. A. Aspectos genéticos do cafeeiro. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 14, n.01, p. 135-183, 1991.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2015). Acompanhamento da Safra Brasileira – Café, Safra 2015, primeira estimativa, janeiro /2015. Disponível em:<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_01_14_11_57_33_bol_etim_cafe_janeiro_2015.pdf>. Acesso em: 08 de janeiro 2015.

DAVIS, A.P.; TOSH, J.; RUCH, N.; FAY, M.F. Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. **Botanical Journal of the Linnean Society**, Londres, v. 167, n. 04, p. 357-377, 2011.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 01, p. 55-81, 2006.

DAMATTA, F.M.; RONCHI, C.P.; MAESTRI, M., BARROS. R.S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. Londrina, v.19, n.04, p. 485-510,2007.

FERREIRA E.P.B.; PARTELLI, F.L.; DIDONET, A.D. MARRA, G.E.R.; BRAUN, H. Crescimento vegetativo de *Coffea arabica* L. influenciado por irrigação e fatores climáticos no Cerrado Goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 06, suplemento 1, p. 3235-3244, 2013.

ICO-Organização Internacional do Café. **Estatísticas do Comércio**. Disponível em: <<http://dev.ico.org/prices/po.htm> > Acesso em: 26 de janeiro de 2015.

OLIVEIRA, A.C.B.; PEREIRA, A.A.; SILVA, F.L. REZENDE, J.C.; BOTELHO, C.E.; CARVALHO, G.R.; Prediction of genetic gains from selection in Arabica. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 11, p. 106-113, 2011.

PARTELLI, L.F.; MARRÉ, W.B.; FALQUETO, A.R.; VIEIRA, H.D.; CAVATTI, P.C. Seasonal Vegetative Growth in Genotypes of *Coffea canephora*, as related to climatic factors. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 5, n. 08, 2013.

PEREIRA, T.B.; CARVALHO, J.P.F.; BOTELHO, C.E.; REZENDE, M.D.V.; REZENDE, J.C.; MENDES, A.N.G. Eficiência da seleção de progênies de café F4 pela metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 3, p.230-236, 2013.

PEREIRA, A.A.; MORAIS, A.R., SCALCO, M.S., FERNANDES, T.J. , Descrição do Crescimento Vegetativo do Cafeeiro Rubi MG 1192, utilizando Modelos de Regressão. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 266-274, 2014.

RODRIGUES, W.P.; VIEIRA, H.D.; BARBOSA. D.H.S.G.; VITTORAZZI, C. Growth and yield of *Coffea arabica* L. in Northwest Fluminense: 2nd harvest. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n.6, p. 809-815, 2012.

RODRIGUES, W.P.; VIEIRA, H.D.; BARBOSA. D.H.S.G.; SOUZA FILHO, G.R.; PARTELLI, F.L. Agronomic performance of *arabica coffee* genotypes in northwest Rio de Janeiro State. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.13, n.3, p.5664-5673, 2014.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. **Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, Piracicaba, p. 13-85, 1986.

PEREIRA, S.P.; GUIMARÃES, R.J.; BARTHOLO, G. F. GUIMARÃES, P.T. G; ALVES, J.D. Crescimento vegetativo e produção de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) recepados em duas épocas, conduzidos em espaçamentos crescentes. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.31 n.3, p. 643-649. 2007.

SILVA, A.V.L. Clima e qualidade natural de bebida de café na região Mogiana do estado de São Paulo. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e subtropical)-**Instituto Agrônomo**. Campinas, 2010.

SCHWARZ, G. Estimating the dimension of a model. **The Annals of Statistics**. Hayward, v. 6, n.2, p. 461-406. 1978.

CAPÍTULO 2 – DIVERSIDADE GENÉTICA EM 16 GENÓTIPOS DE *COFFEA ARABICA* NO CERRADO BRASILEIRO

RESUMO

Para a seleção de plantas que reúnam uma série de características favoráveis como o cafeeiro, faz-se necessário a avaliação de variáveis, que naturalmente possam estar associadas. O conhecimento da divergência genética do cafeeiro arábica é de extrema importância, pois está associado a programas de melhoramento vegetal, tendo em vista aliar a divergência genética a um bom desempenho produtivo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a divergência genética entre 16 genótipos de café arábica (*Coffea arabica*), com vistas à identificação dos mais dissimilares, para o estabelecimento de programas de melhoramento e adaptação ao cerrado brasileira. A divergência genética foi avaliada por procedimentos multivariados, análise de agrupamento médio Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean (UPGMA) e componentes principais nos anos de 2013 e 2014. Oito caracteres foram avaliados em experimento conduzido em Morrinhos, GOIÁS. Por meio dos resultados constatou-se a presença de uma divergência genética entre os 16 genótipos de *Coffea arabica* para as condições do cerrado. A formação de grupos de UPGMA para as características avaliadas foi pertinente devido ao número de genótipos. Os três primeiros componentes principais explicaram 81.77% da variação total. O genótipo H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo é o mais divergentes, seguido pelo Catucaí 2 SL e Catiguá MG2, pelos escores dos componentes principais.

Palavras chave: Melhoramento de cafeeiro, multivariada, UPGMA.

ABSTRACT

For the selection of plants that brings together a number of favorable characteristics as the coffee, it is necessary to evaluate variables, which of course may be associated. Knowledge of the genetic diversity of Arabica coffee is extremely important because it is associated with plant breeding programs, with a view ally genetic divergence at a good productive performance. The objective of this study was to evaluate the genetic divergence among 16 genotypes Arabica coffee (*Coffea arabica*), in order to identify the most dissimilar to the establishment of improvement and adaptation to the Brazilian cerrado programs. Genetic divergence was evaluated by multivariate procedures, average cluster analysis Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean (UPGMA) and principal components in the years 2013 and 2014. Eight traits were evaluated in an experiment conducted in Morrinhos, GOIÁS . By the results it was found the presence of a genetic divergence among 16 genotypes of *Coffea arabica* for the cerrado conditions. The formation of UPGMA groups for the characteristics was relevant because of the number of genotypes. The first three principal components explained 81.77% of the total variation. The H-419-3-4-4-13 genotype (C-241) low Porte is the most divergent, followed by Catucaí 2 SL Catiguá and MG2, the scores of the principal components.

Keywords: coffee Improvement, multivariate, UPGMA.

INTRODUÇÃO

A cultura do café é uma importante fonte de renda, com evidência social e econômica, promovendo a ampliação de novas fronteiras agrícolas, atualmente o Brasil é o maior produtor do grão, no ano de 2014 colheu 45,34 milhões de sacas de café beneficiado (CONAB, 2015). O café arábica representa na nova safra, 73,7% da produção total (arábica e conilon) de café do país. O estado de Goiás colheu no ano de 2014 uma produção de 265,2 mil sacas de café (CONAB, 2015).

Estudos sobre a espécie *Coffea arabica* e a busca pelo conhecimento de todo o potencial genético das cultivares disponíveis, leva a constantes buscas por alternativas que aumentem a produtividade, além da adaptação a áreas como o Cerrado brasileiro. As cultivares brasileiras de *Coffea arabica* são altamente produtivas apesar da estreita base genética existente, a possibilidade de ganhos efetivos em produtividade de grãos reduz dentro dos programas de melhoramento (FAZUOLI et al., 2002).

Além dessa dificuldade em se obter progresso genético em produtividade, a *C. arabica* como planta perene possui um longo período juvenil bialidade de produção, sendo necessários vários anos para avaliar a precocidade e longevidade produtiva e realizar a seleção (SERA, 2001). Considerando todas estas dificuldades do melhoramento genético de café, é de fundamental importância utilizar características auxiliares nos processos de seleção que direta ou indiretamente aumentem a produtividade de grãos (PETEK et al., 2008). Assim, a procura por características morfoagrômicas satisfatórias no cafeeiro inicia-se com a manipulação dos recursos genéticos vegetais sendo a variabilidade e a diversidade genética sendo o ponto de partida de qualquer programa de melhoramento genético.

O conhecimento e estudo da divergência genética da espécie tende a fornecer parâmetros que serão de grande valia na escolha de genitores que, ao serem cruzados, permitirão maior efeito heterótico na progênie, aumentando as chances de

obtenção de genótipos superiores em gerações segregantes (ALVARES et al., 2012).

O estudo da diversidade genética por meio de técnicas multivariadas é de substancial importância para o planejamento de programas de melhoramento e na definição de futuras estratégias de trabalho (GUEDES et al., 2013). O sucesso em programas de melhoramento depende de materiais vegetais divergentes e promissores para gerar populações segregantes para a seleção, por isso as técnicas de agrupamento e as análises de componentes principais podem ajudar na orientação e escolha dos genótipos mais adaptados a região de cultivo.

No melhoramento genético de café, estudos sobre a previsão de ganhos por uma determinada estratégia de seleção fornecem uma orientação mais eficiente os programas de melhoramento e a escolha de alternativas e possivelmente técnicas mais eficazes, baseadas em evidências científicas (OLIVEIRA et al., 2011).

Diante do contexto apresentado e da ausência de estudos de diversidade genética embasadas em análises multivariadas para o Cerrado, envolvendo características morfoagrômicas. Este trabalho teve como objetivo avaliar a diversidade genética de 16 genótipos de *Coffea arabica* adaptados ao Cerrado brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Morrinhos, Goiás, localizado a sudeste da capital do Estado de Goiás entre as coordenadas de 17°30'20" a 18°05'40" latitude sul e 48°41'08" a 49°27'34" de longitude oeste, situado numa altitude de aproximadamente 750 metros, possui clima ameno e suave (tropical úmido) e tem uma topografia plana e relevo ondulado, com uma temperatura média anual de 20°C. As sementes dos diferentes materiais genéticos de *Coffea arabica* L., utilizadas neste estudo foram disponibilizadas pela EPAMIG, e as mudas produzidas em Morrinhos, Goiás. O

plântio foi realizado dia 13 de maio de 2011, com espaçamento 3,5x1 metro adotado, respectivamente, para distância entre linhas e plantas.

O delineamento experimental foi o delineamento em blocos casualizados (DBC) sendo quatro blocos. Os tratamentos foram esquematizados em parcelas, constituídas por cinco plantas, sendo os diferentes genótipos Catiguá MG2, Mundo Novo IAC 379/19, Mundo Novo IAC 376/4, Mundo Novo Machado, Catuaí vermelho IAC 99, Catucaí 2 SL, Acaí cerrado MG 1474, Catuaí amarelo IAC 62, Araponga MG1, H-518-3-6-462-M, H-419-3-3-7-16-11, H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo, H-419-3-4-4-13(C-241) Bordadura, H-516-2-1-1-7-1, H-516-2-1-1-12-1, H-419-6-2-4-2-2 distribuídas nas parcela.

As características do experimento foram avaliadas nos anos de 2013 e 2014. As características avaliadas no ano de 2013 foram as seguintes: 1) comprimento do ramo ortotrópico (CO), 2) número de nós do ramo ortotrópico (NNO), 3) comprimento do ramo plagiotrópico (CP), 4) número de nós do ramo plagiotrópico (NNP), 5) Produção.

Posteriormente no ano de 2014 foram avaliadas as características: 1) Área foliar específica (AE), 2) Diâmetro maior da base da copa (DMBC), 3) Comprimento do ramo ortotrópico (CO), 4) Diâmetro do ramo ortotrópico (DRO), 5) volume da raiz (mm^3) (Vol), 6) Área superficial da raiz (mm^2) (AS), 7) Diâmetro ponderado da raiz (mm) (DPR), 4) Produção(P).

As características do ano de 2013, comprimento do ramo ortotrópico (CO), número de nós do ramo ortotrópico (NNO), comprimento do ramo plagiotrópico (CP), número de nós do ramo plagiotrópico (NNP) foram avaliadas, durante todo o período de 08 de janeiro a 19 de dezembro de 2013, quinzenalmente, a obtenção do CO foi por meio da medição da altura das plantas (cm), utilizando uma régua graduada, da base ao ápice caulinar; CP obtido pela distância entre as inserções dos ramos com o ramo ortotrópico e, seus meristemas apicais; NNO determinado pela contagem direta no ramo; NNP determinado pela contagem direta no ramo.

No ano de 2014, para as avaliações da área específica (AE) foram realizadas coletas de 20 folhas do terço médio da planta, tais folhas foram armazenadas em sacos de papel, transportadas e posteriormente com o auxílio do medidor de área foliar foram calculadas a área específica da copa (AE). O Diâmetro maior da base da copa (DBMC) e o Comprimento do ramo ortotrópico (CO) foram avaliados com auxílio de uma trena graduada, sendo o DBMC medido na base maior da copa da planta e o CO da base da planta ao ápice, Diâmetro do ramo ortotrópico (DRO) foi obtido com o ajuda de um paquímetro digital.

Características relacionadas ao sistema radicular: 1) Volume da raiz (mm^3), 2) Área superficial da raiz, ($\text{cm}^2 \text{ dm}^{-3}$), 3) Diâmetro ponderado da raiz (mm) foram retirados monólitos de solo com raízes. As distâncias de coleta variaram com o diâmetro da copa dos genótipos avaliados, em uma faixa de profundidade (0 a 0,20m), nos quatro pontos cardeais da planta, sendo avaliada uma planta por parcela em cada blocos.

As amostras coletadas foram armazenadas em sacos de plástico, para a separação das raízes. A lavagem foi realizada sob água corrente, em peneira de 30 mesh. As raízes coletadas pela peneira de 30 mesh foram transferidas para outra de 60 mesh e, novamente, lavadas em água corrente (PARTELLI et al., 2006; PARTELLI et al., 2014).

As raízes, depois de lavadas foram fotografadas com câmera digital, Kodak Easyshare M530, sendo posteriormente analisadas pelo software SAFIRA – Sistema de Análise de Fibras e Raízes, desenvolvido pela Embrapa Instrumentação Agropecuária, de São Carlos, SP (JORGE; RODRIGUES, 2008), para quantificação do comprimento, volume e área superficial das raízes. Para análise do sistema radicular, utilizaram-se as raízes inferiores a 01 mm de diâmetro, e os dados foram estimados por cm^3 de solo (PARTELLI et al., 2014).

A produção foi avaliada com base na colheita que foi realizada quando 90% dos frutos apresentavam coloração cereja, os frutos foram colhidos manualmente sobre uma lona de derriça, para que não haver contato com o solo, e posteriormente seco,

após seca as amostras constituídas pelos frutos das cinco plantas de cada parcela foram pilados.

Utilizando-se o Programa Computacional Genes (CRUZ, 2006) os 16 genótipos de *Coffea arabica* foram agrupados utilizando o método de agrupamento das divergências médias (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean-UPGMA).

Verificou-se ainda, a importância relativa das características para discriminação da divergência genética através do método dos componentes principais, ou seja, as variáveis com maior peso na combinação linear dos primeiros componentes principais são as mais importantes do ponto de vista estatístico.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Diversos métodos podem ser aplicados para avaliações multivariadas na predição da divergência genética, como a análise por componentes principais, por variáveis canônicas, métodos aglomerativos ou métodos de agrupamento. A escolha do método mais adequado deve ser realizada em função da precisão desejada, da facilidade de análise e da forma com que os dados foram obtidos (FONSECA et al.,2006)

A técnica de ligação média entre grupos (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean - UPGMA) apresentou-se eficiente para o agrupamento dos genótipos, sendo os cortes realizados pelo método de Mojena (1977).

O UPGMA permitiu a formação de dois grupos distintos para a característica comprimento do ramo ortotrópico (CO) apresentado na figura 1, sendo que os genótipos que fazem parte do mesmo grupo apresentam similaridade genética entre os mesmos.

O primeiro grupo foi formado por seis genótipos, sendo estes, Catuaí vermelho IAC 99, Mundo Novo Machado, Catucaí 2 SL, Acaíá cerrado MG 1474, H-518-3-6-462-M,

H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo, o segundo grupo formado pelos demais dez genótipos, Catuaí amarelo IAC 62, H-419-3-3-7-16-11, Catiguá MG2 , Araponga MG1, Mundo Novo IAC 376/4, H-516-2-1-1-7-1, H-419-6-2-4-2-2, Mundo Novo IAC 379/19, H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo, H-516-2-1-1-12-1.

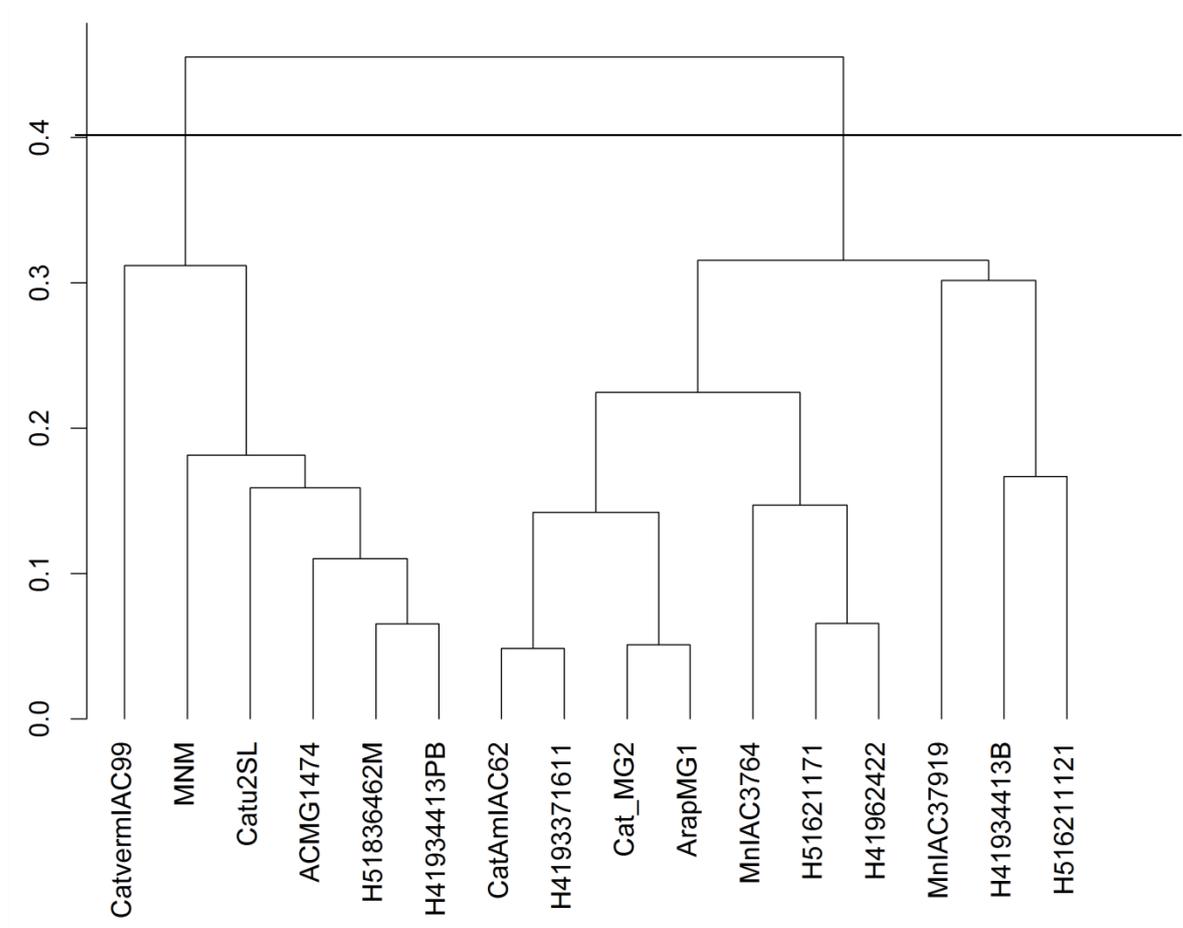


Figura 1 - Dendrograma representativo da divergência genética entre 16 genótipos de *Coffea arabica*, da característica comprimento do ramo ortotrópico (CO) obtidos pelo método UPGMA, utilizando o modelo de Mojená, em ensaios realizados em Morrinhos – Goiás.

Baseando no mesmo critério de agrupamento e corte na variável número de nós do ramo ortotrópico (NNO) permitindo à formação de dois grupos distintos, apresentado na Figura 2.

O primeiro grupo formado por quinze dos 16 genótipos avaliados, Catiguá MG2, Mundo Novo IAC 379/19, Mundo Novo IAC 376/4, Mundo Novo Machado, Catuaí vermelho IAC 99, Catucaí 2 SL, Acaiá cerrado MG 1474, Catuaí amarelo IAC 62, Araponga MG1, H-518-3-6-462-M, H-419-3-3-7-16-11, H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo, H-419-3-4-4-13(C-241) Bordadura, H-419-6-2-4-2-2 e o segundo grupo formado pelo genótipo H-516-2-1-1-7-1.

Observou-se que o genótipo H-516-2-1-1-7-1 mostrou-se bastante divergente dos demais, visto que formou um grupo exclusivo e permaneceu isolado dos demais acessos no dendrograma. Tal genótipo pode ser indicado para compor programas de melhoramento de café arábica, que objetivem plantas com maior área foliar, em plantações menos adensadas.

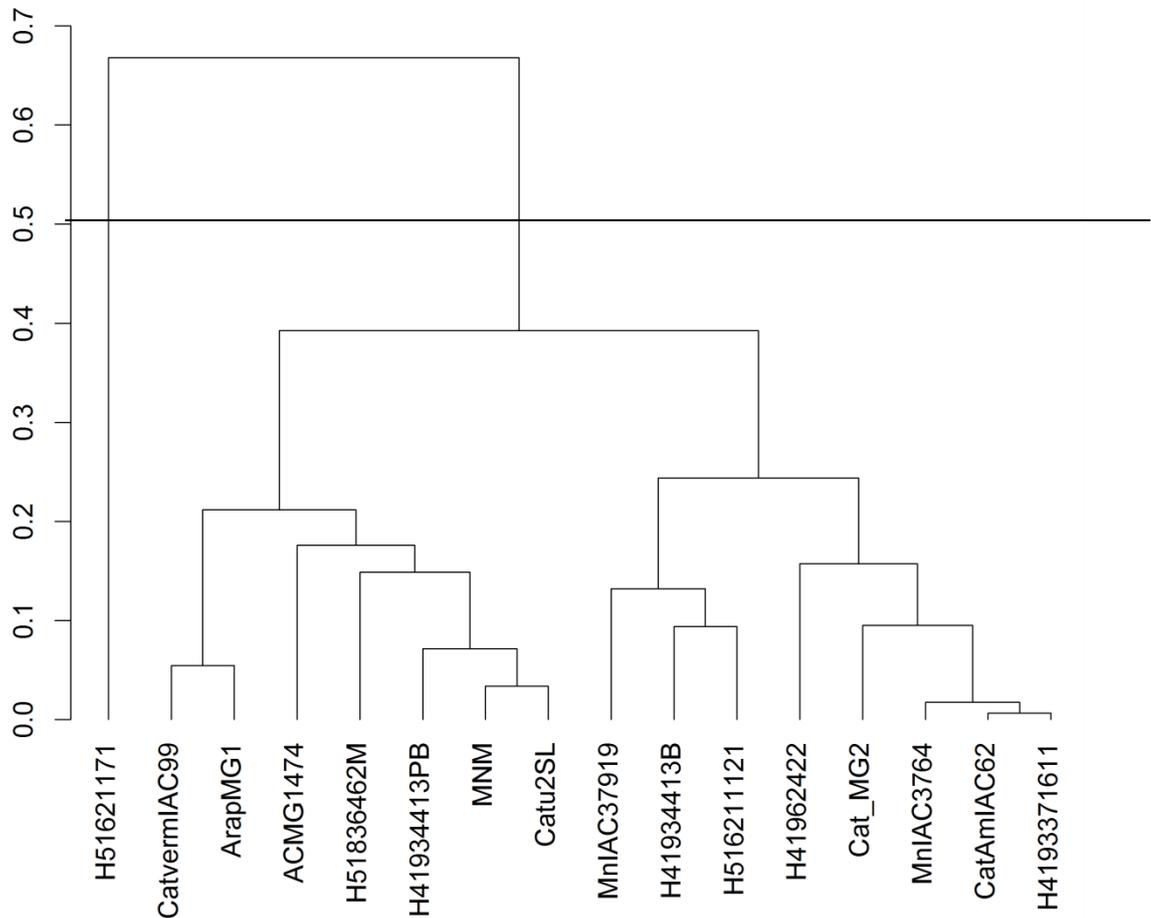


Figura 2 - Representação do dendrograma do agrupamento adesão para característica número de nós do ramo ortotrópico (NNO) de 16 genótipos de café arábica. As distâncias foram calculadas utilizando matrizes de dissimilaridade de Mojena e agrupadas de acordo com o método UPGMA.

Empregando como critério a magnitude da dissimilaridade genética para variável comprimento do ramo plagiotrópico (Figura 3), verificou-se a formação de dois grupos distintos de indivíduos. Grupo 1: H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo, H-518-3-6-462-M, Mundo Novo IAC 379/19, Catuaí amarelo IAC 62, H-419-3-3-7-16-11. Grupo 2: Catuaí vermelho IAC 99, H-516-2-1-1-12-1, Mundo Novo Machado, Catuaí 2 SL, Mundo Novo IAC 376/4, H-516-2-1-1-7-1, Acaiá cerrado MG 1474, H-419-6-2-

4-2-2, H-419-3-4-4-13(C-241) Bordadura, Catiguá MG2, Araponga MG1. Corroborando com Silva et al (2013), ao avaliar a divergência genética em acessos de cafeeiro, encontrou divergência genética e formação de grupos similar quando se considerou características qualitativas.

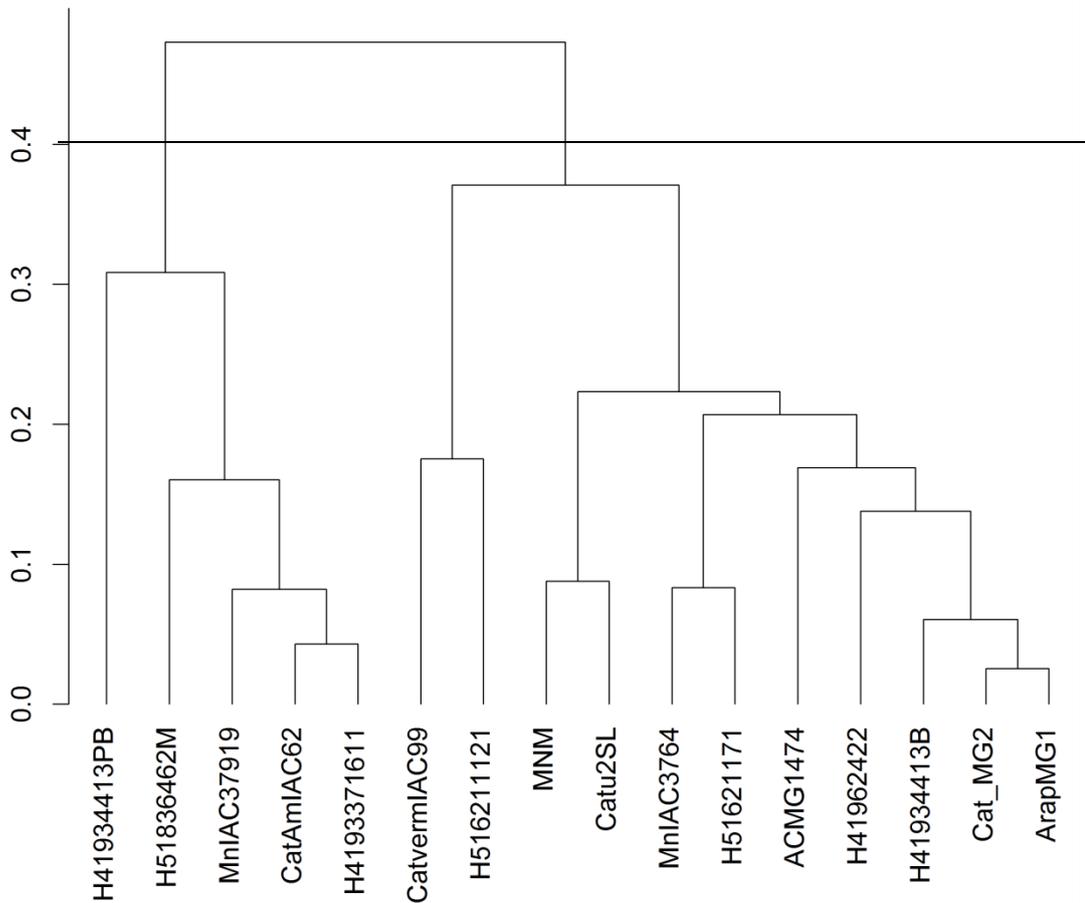


Figura 3 - Dendrograma de similaridade genética entre 16 cultivares de *Coffea arabica*, obtido a partir de caracteres morfoagrônomicos comprimento do ramo plagiotrópico (CP), utilizando o método de agrupamento UPGMA. A linha pontilhada indica o ponto de corte com base na similaridade média calculada de 40%.

O dendrograma obtido pelo método hierárquico das médias das distâncias (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean - UPGMA) (Figura 4)

considerando-se o corte pelo método de Mojena (1977) a 50% do nível de fusão máxima para a variável número de nós do ramo plagiotrópico (NNP).

Verificou-se que os 16 genótipos foram separados em dois grupos dissimilares: o primeiro grupo formou-se com um genótipo sendo este: Catuaí vermelho IAC 99, o segundo grupo foi formado pelos demais genótipos avaliados, Acaiá cerrado MG 1474, Catuaí amarelo IAC 62, H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo, H-516-2-1-1-12-1, Mundo Novo IAC 376/4, Mundo Novo IAC 376/4, Catucaí 2 SL, Catiguá MG2, H-518-3-6-462-M, Araponga MG1, H-516-2-1-1-7-1, H-419-6-2-4-2-2, Mundo Novo IAC 379/19, Mundo Novo Machado, H-419-3-3-7-16-11, H-419-3-4-4-13(C-241) Bordadura.

O genótipo Catuaí vermelho IAC 99, foi o genótipo mais divergentes e deve ser utilizado em programas de melhoramento genético, principalmente na obtenção de plantas que almejem maior produção, pois se expressou de forma mais acentuado número de ramos produtivos (plagiotrópico), aguardando que tal característica reflita em produção.

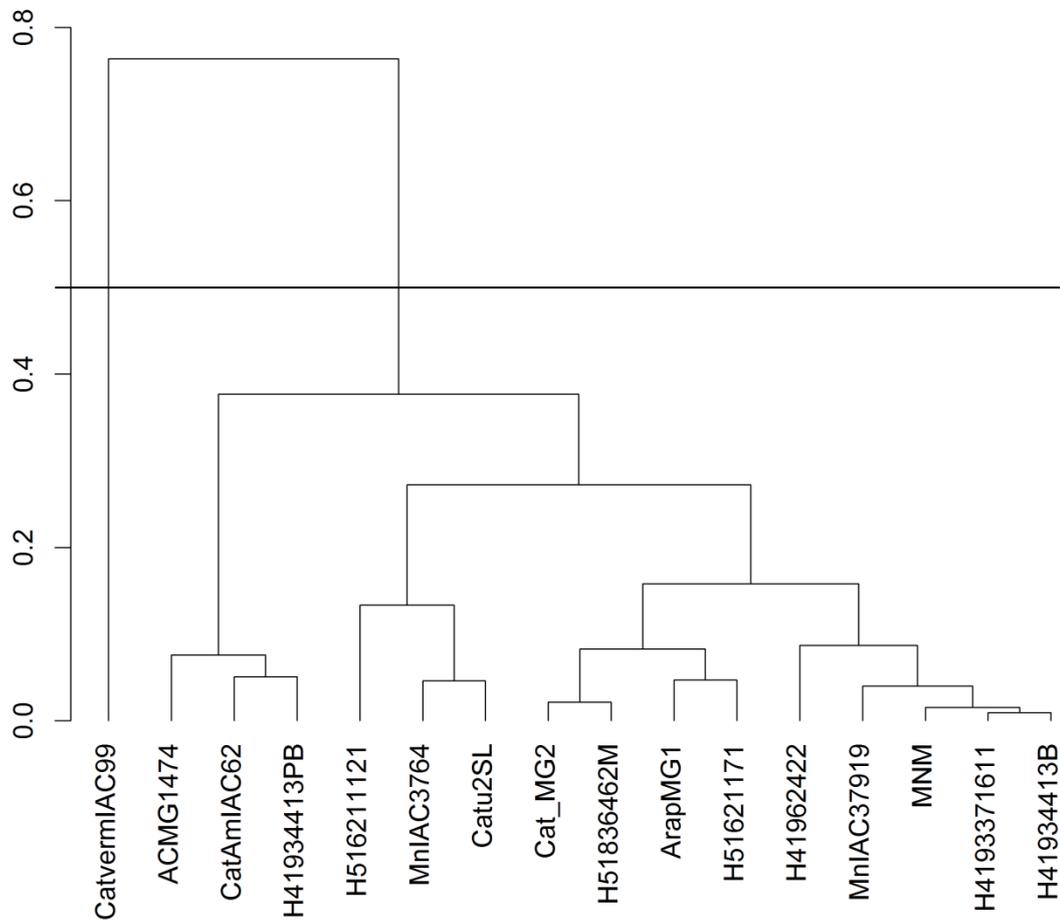


Figura 4 - Análise de agrupamento hierárquico UPGMA da característica avaliada número de nós do ramo plagiotrópico (NNP) pelo método UPGMA de 16 genótipos de café arábica.

Avaliações de características morfológicas são importantes para os programas de melhoramento, pois auxiliam o melhorista na seleção e descarte precoce de acessos (Teixeira et al., 2013).

Avaliações de características morfológicas do ano de 2014, área específica (ae), diâmetro maior da base da copa (dmbc), comprimento do ramo ortotrópico (co), diâmetro do ramo ortotrópico (dro), volume da raiz (mm³) (vol), área superficial da

raiz (mm^2) (ar), diâmetro ponderado da raiz (dp) e produção (P) podem auxiliar na seleção e descarte precoce de acessos.

As estimativas dos autovalores com suas respectivas variâncias individuais e acumuladas estão apresentadas na Tabela 1. Por meio dos resultados é possível observar os três primeiros componentes são os de maior importância na discriminação entre genótipo de café arábica, explicando 81,76% da variância total.

Segundo Cruz e Regazzi (2012) além de possibilitar o estudo da diversidade genética esse resultado pode ser considerado bom, visto que, variações totais acima de 80% obtidos com os dois ou três primeiros componentes principais possibilitam a análise de grupos de genótipos utilizando gráficos de dispersão.

Resultados similares foram encontrados por Teixeira et al (2013), ao analisar os componentes principais em caracteres morfológicos de café arábica em estágio juvenil em Minas Gerais, onde dois componentes principais explicaram 81.77% das variáveis.

Semelhantemente a resultados encontrados por Motta et al (2014), ao avaliar dez genótipos de *Coffea arabica* a construção da divergência genética e do dendrograma Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean - UPGMA a baixa diversidade entre os genótipos de *C. arabica* avaliados era esperado, devido ao processo de autogamia e estreito genética base, resultando a partir do processo de homozigose e os sucessivos ciclos de seleção.

Resultados encontrados por Vieira et al (2010) a maior parte das variedades brasileiras quando estudadas foram colocados em um único grupo com alto valor inicialização (81,7). Os híbridos interespecíficos e duas variedades brasileiras (Tupi e Icatu Vermelho) foram colocados em grupos com valores de bootstrap abaixo de 50% indicando assim que o agrupamento observado de variedades no dendrograma representa com precisão as estimativas de similaridade genética.

Tabela 1 - Estimativas da variância do autovalor, porcentagem da variância e variância acumulada dos componentes principais, obtidos de oito caracteres morfológicos de *Coffea arabica* Morrinhos, Goiás.

Componentes	Autovalor	Variância (%)	Variância acumulada (%)
1	2.9543046	36.9288074	36.9288074
2	2.5113615	31.3920184	68.3208258
3	1.0763055	13.4538186	81.7746444
4	0.6394276	7.9928445	89.7674889
5	0.5396478	6.7455973	96.5130861
6	0.1975094	2.4688671	98.9819533
7	0.0612892	0.7661153	99.7480686
8	0.0201545	0.2519314	100.0

Avaliando o gráfico de dispersão (Figura 5) dos componentes CP1 e CP2, pode-se observar a formação de cinco grupos distintos. Grupo 1: H-518-3-6-462-M, H-419-3-4-4-13(C-241) Bordadura, Araçuaia MG1, H-419-3-3-7-16-11, Mundo Novo Machado, Mundo Novo IAC 376/4, H-516-2-1-1-7-1, Catuaí vermelho IAC 99, Acaí cerrado MG 1474, Catuaí amarelo IAC 62, Catiguá MG2, H-419-6-2-4-2-2; grupo 2: Mundo Novo IAC 379/19; grupo3: H-516-2-1-1-12-1; grupo 4: H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo; grupo 5: Catuaí 2 SL.

Sendo as características diâmetro ponderadas da raiz, área específica da raiz e volume da raiz as mais importantes para o CP1, mesmo sendo negativos os valores observados na figura 5.

Ainda na figura 5 ao analisarmos os CP2 encontramos as características diâmetro maior da base da copa (dmbc), área específica das folhas (ae), crescimento do ramo ortotrópico (cro) e diâmetro do ramo ortotrópico (dro) como as de maior importância entre as oito avaliadas no experimento.

O interessante nessas análises reside na possibilidade do descarte de caracteres que pouco contribuem para a discriminação dos genótipos (PEREIRA et al., 2010).

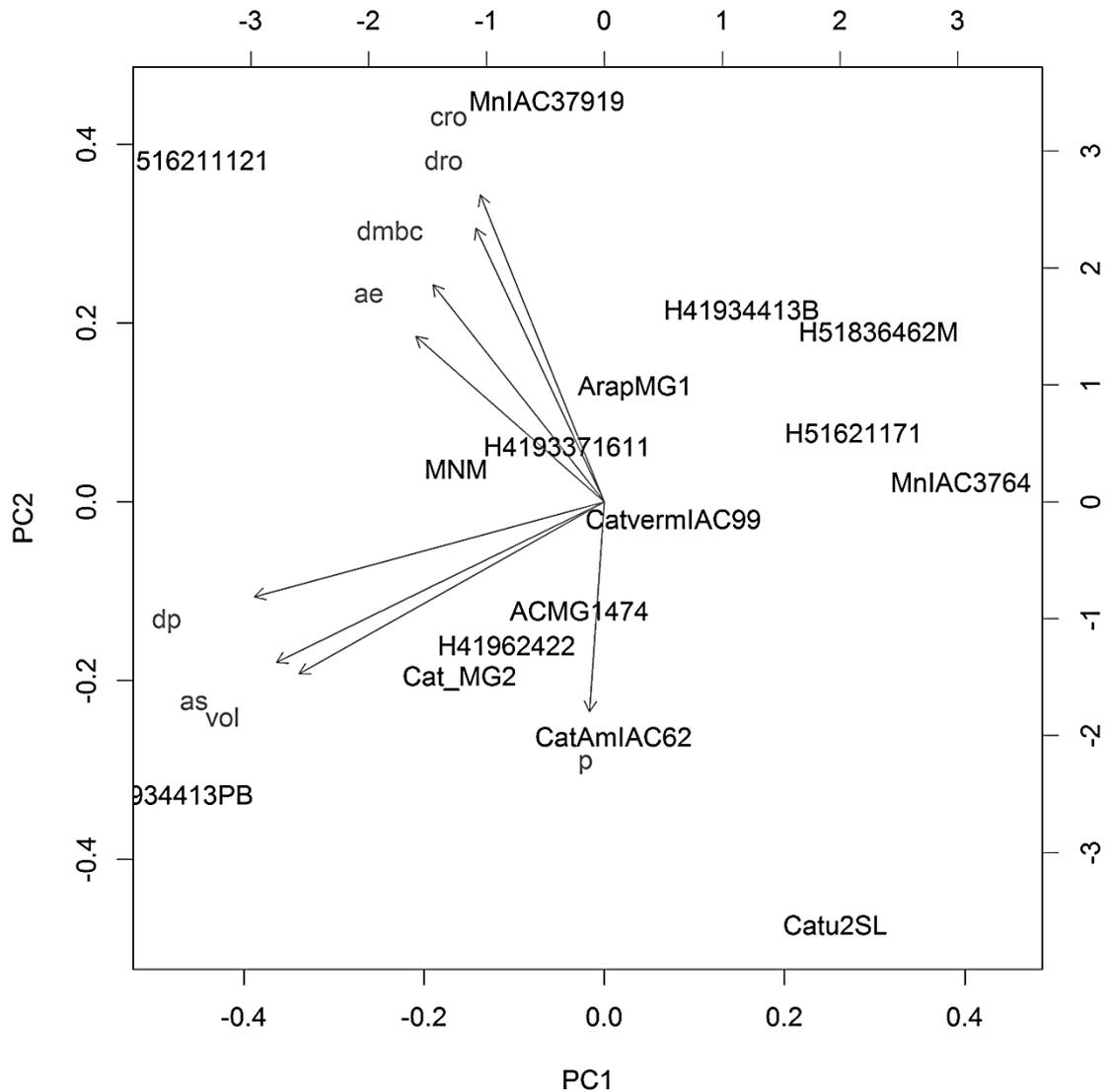


Figura 5 - Gráfico dos escores do CP1 x CP2 utilizando 16 acessos de *Coffea arabica* Morrinhos-Goiás, 2014.

Os componentes CP1 e CP3 (Figura 6) formaram cinco grupos, grupo 1: Mundo Novo IAC 376/4, H-518-3-6-462-M, H-516-2-1-1-7-1, H-419-3-4-4-13(C-241) Bordadura, Catuaí vermelho IAC 99, Catuaí amarelo IAC 62, Acaíá cerrado MG 1474, H-419-3-3-7-16-11, Mundo Novo IAC 379/19, grupo 2: Catiguá MG2, Grupo 3: Catucaí 2 SL, grupo 4: Araponga MG1, grupo 5: H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo, H-516-2-1-1-12-1.

Por meio dos resultados apresentados no gráfico dos escores CP1 x CP3 é possível observar que as características diâmetro do ramo ortotrópico (dro), diâmetro maior da base da copa (dmbc) e crescimento do ramo ortotrópico (cro), apresentam-se como as mais importantes para o CP1, volume de raiz (vol), área específica da raiz (as) e diâmetro ponderado (dp), serão consideradas as mais importantes para CP3, apesar de apresentar valores negativos na discriminação entre genótipo de café arábica conforme apresentado na figura 6.

De posse dessas informações podem-se concentrar maiores esforços na avaliação das mesmas, descartando a avaliação das outras variáveis que pouco contribuem para a distinção dos materiais.

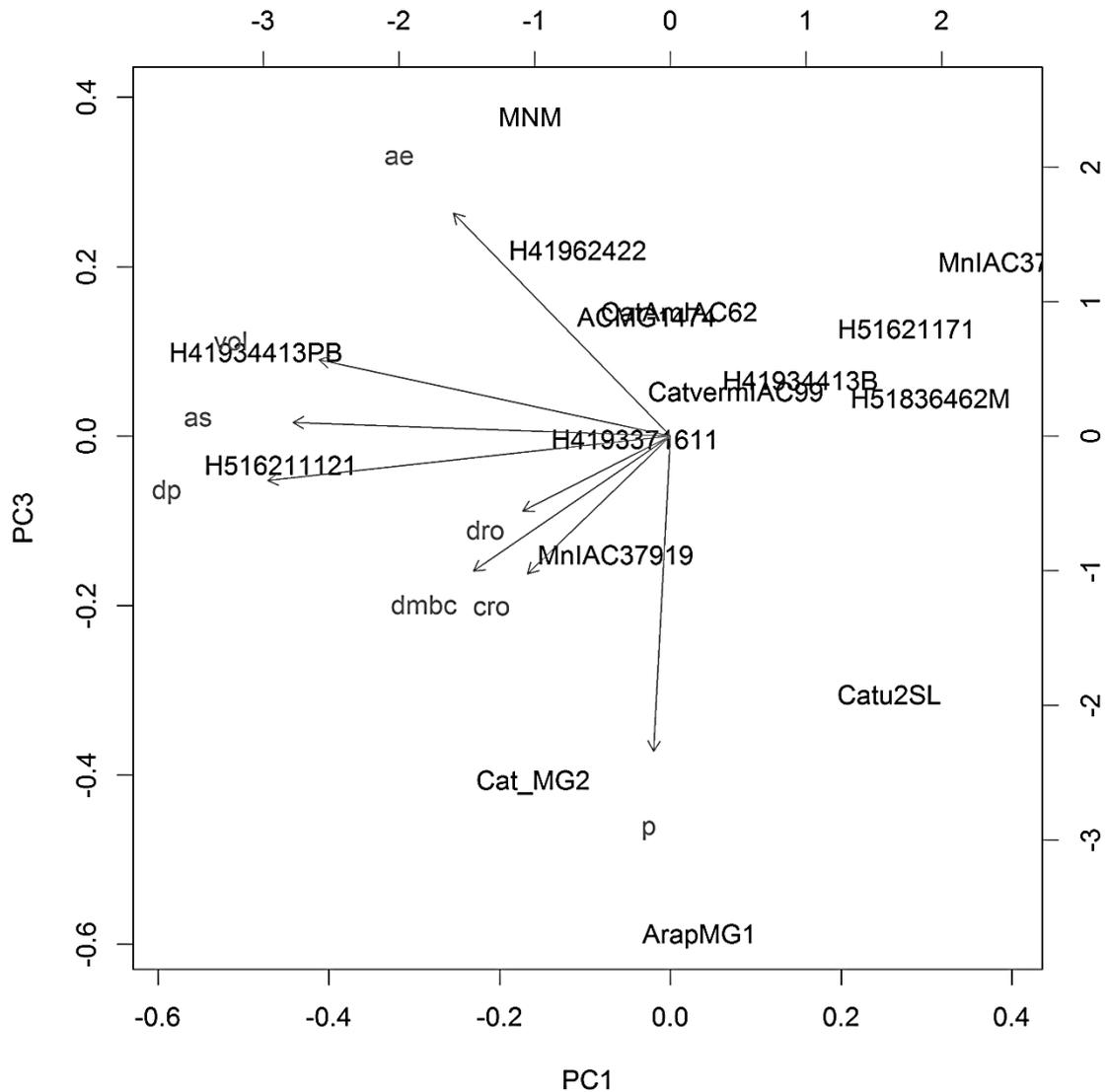


Figura 6 - Gráfico dos escores do CP1 x CP3 utilizando 16 acessos de *Coffea arabica* Morrinhos-Goiás, 2014.

O gráfico CP2 com o CP3 (Figura 7) possibilitou o agrupamento dos 16 genótipos em seis grupos sendo esses: grupo 1 - Mundo Novo Machado, Grupo 2 - H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo, Catuaí amarelo IAC 62, H-419-6-2-4-2-2, Acaia cerrado MG 1474, Catuaí vermelho IAC 99, Mundo Novo IAC 376/4, H-516-2-1-1-7-1, H-419-3-3-7-16-11, H-518-3-6-462-M, H-419-3-4-4-13(C-241) Bordadura, grupo 3 - Mundo Novo IAC 379/19, H-516-2-1-1-12-1, grupo 4 - Catucaí 2 SL, grupo 5 - Catiguá MG2, grupo 6 - Araponga MG1.

O gráfico dos escores do CP2 x CP3 utilizando os 16 genótipos de *Coffea arabica* permitiu observar que as variáveis de maior peso são diâmetro do ramo ortotrópico (dro), comprimento do ramo ortotrópico (cro), diâmetro da base maior da copa (dmbc) para o CP2 e volume específico da raiz (vol), área superficial da raiz (as) e diâmetro ponderado (dp) para o CP3.

Os componentes principais CP1 e CP3 diferenciam com eficiência, os agrupamentos em função de características relacionadas ao porte vegetativo das plantas.

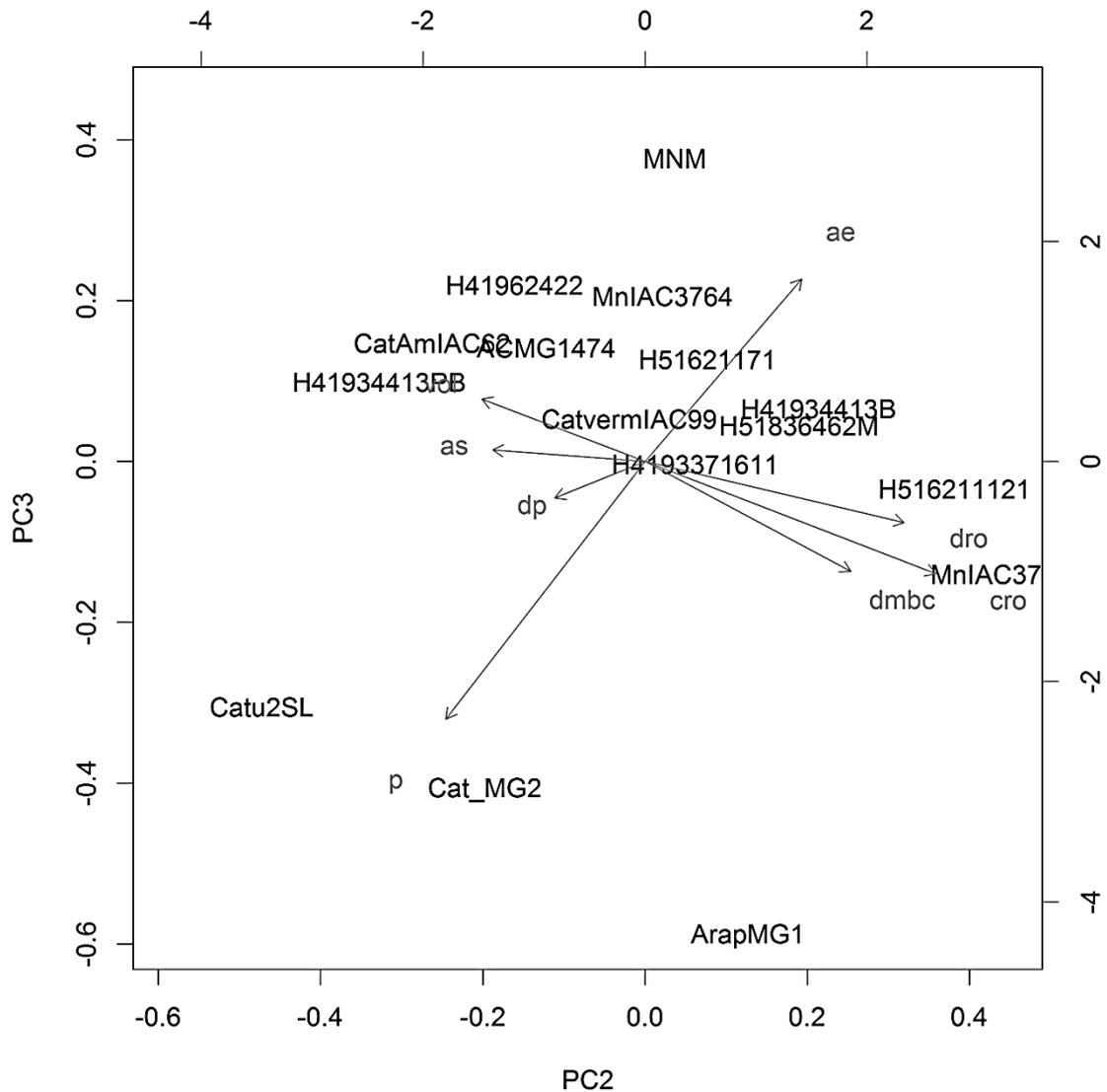


Figura 7 - Gráfico dos escores do CP2 x CP3 utilizando 16 acessos de *Coffea arabica* Morrinhos-Goiás, 2014.

Com os escores dos componentes foi possível o agrupamento dos 16 genótipos de *Coffea arabica* representados no dendograma (Figura 8). Sendo o UPGMA um método mais sensível para determinação do número de grupos, pois consegue captar mais eficientemente a existência de acessos discrepantes.

A formação de quatro grupos distintos por meio desses resultados foi possível observar que os genótipos agrupados formam grupos homogêneos para as oito

características avaliadas e os grupos distintos são aqueles onde encontramos a diversidade genética.

Grupo 1: H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo, Grupo 2: Catucaí 2 SL, Catiguá MG2, Araponga MG1, Grupo 3: Mundo Novo IAC 379/19, H-516-2-1-1-12-1, Grupo 4: Mundo Novo IAC 376/4, H-419-3-4-4-13(C-241) Bordadura, H-518-3-6-462-M, H-516-2-1-1-7-1, Mundo Novo Machado, Catuaí vermelho IAC 99, , H-419-3-3-7-16-11, Catuaí amarelo IAC 62, Acaiá cerrado MG 1474, H-419-6-2-4-2-2.

Nesse caso, tendo o genótipo H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo apresentado grande divergência genética, foi esperado que houvesse a formação de mais grupos e até mesmo com alguns dos grupos contendo muitos acessos, uma vez que apenas poucos destes acessos apresentam grande dissimilaridade. Conforme apresentado na figura 8.

Sua divergência genética pode ser explorada em programas de melhoramento que visem genótipos melhor adaptadas as condições do cerrado brasileiro.

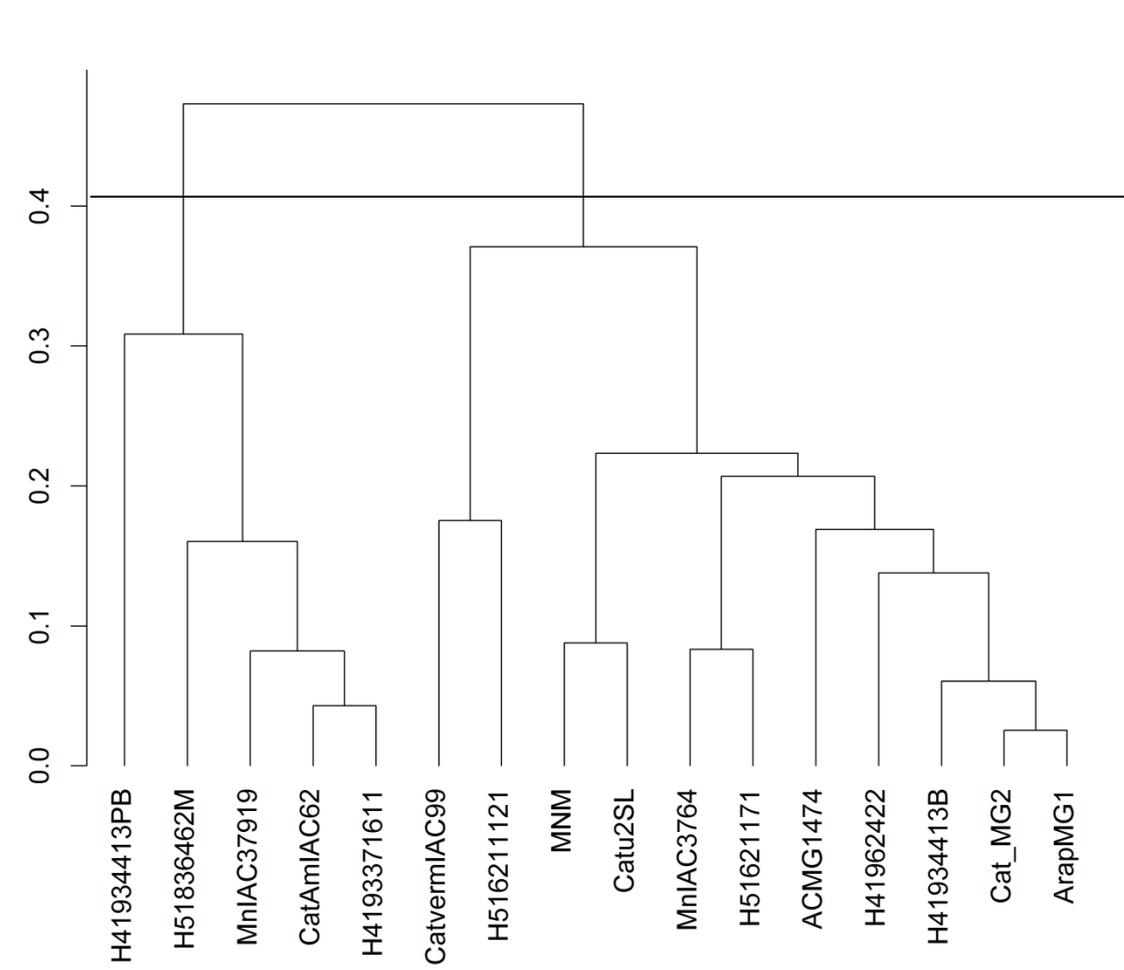


Figura 8 - Dendrograma dos escores dos componentes principais dos 16 genótipos de *Coffea arabica*, Morrinhos – Goiás, 2014.

CONCLUSÕES

- 1) Há divergência genética entre os 16 genótipos de *Coffea arabica* avaliados.
- 2) O genótipo H-516-2-1-1-7-1 apresentou-se o mais divergente para a característica número de nós do ramo ortotrópico (NNO).
- 3) O genótipo Catuaí vermelho IAC 99 apresentou alta divergência para a característica número de nós do ramo plagiotrópico, formando um grupo isolado.
- 4) Os genótipos H-419-3-4-4-13(C-241) Porte baixo pode ser considerado o mais divergentes entre os 16 genótipos estudados, seguido pelo Catucaí 2 SL e Catiguá MG2. Sendo a formação de grupos pertinente devido ao número de genótipos e características avaliadas. Com base no gráfico de UPGMA dos escores dos componentes principais.
- 5) A dispersão gráfica obtida a partir dos escores dos componentes principais foi eficaz na identificação dos genótipos, ou grupos de genótipos mais divergentes.
- 6) O modelo utilizado de análise multivariada possibilitou identificar com eficiência, dentre todas as características morfológicas estudadas, que o comprimento do ramo plagiotrópico, diâmetro do ramo ortotrópico, diâmetro maior da base da copa, área específica de raiz, diâmetro ponderado de raiz e volume da raiz, são as variáveis de maior importância e consideradas suficientes para a distinção de genótipos em café arábica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

ALVARES, R.C.; Reis, E.F.; PINTO, J, F, N.; Genetic divergence in pepper genotypes from southwest Goiás. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 5, p. 498-506, 2012.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). (2014) Acompanhamento da Safra Brasileira – Café, Safra 2014, quarta estimativa, dezembro/2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_12_22_09_53_55_boletim_dezembro_2014.pdf> Acesso em: 08 de janeiro 2015.

CRUZ, C.D.; Programa Genes: aplicativo computacional em genética e estatística. Editora UFV, Viçosa, p.175, 2006.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, v.1, 4ª edição. 514, 2012.

ALMEIDA, A.F. da FONSECA.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C.D.; SAKAIYAMA,N.S.;FERRÃO,M.A.G.;FERRÃO,R.G.;BRAGANÇA, S.M. Divergência genética em café conilon. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.41, n.4, p.599-605, abr. 2006

GUEDES, J.M.; VILELA, D.J.M.; REZENDE, J.C.; SILVA, F.L.; BOTELHO, C.E.; CARVALHO, S.P. Divergência genética entre cafeeiros do germoplasma Maragogipe. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 2, p.127-132, 2013.

ICO-Organização Internacional do Café. **Estatísticas do Comércio**. Disponível em: <<http://dev.ico.org/prices/po.htm> > Acesso em: 26 de janeiro de 2015.

JORGE, L.A.C.; RODRIGUES, A.F.O. Safira: Sistema de Análise de Fibras e Raízes. **Embrapa Instrumentação Agropecuária**, São Carlos, 1a edição, p.20,2008.

MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal**, South Kingstown,v.20, n.4, p. 359-363. 1977.

MOTTA,L.B.; SOARES,T.C.B.; FERRÃO,M.A.G.; CAIXETA,E.T.; LORENZONI,R.M.; NETO,J.D.S. Molecular Characterization of Arabica and Conilon Coffee Plants Genotypes by SSR and ISSR Markers. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.57 n.5: pp. 728-735, 2014.

OLIVEIRA, A.C.B.; PEREIRA, A.A. SILVA, F.L. REZENDE,J.C., BOTELHO, C.E.;CARVALHO,G.R.; Prediction of genetic gains from selection in Arabica. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 11, p. 106-113, 2011.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H.D.; SANTIAGO; A. R.; BARROSO, D. G. Produção e desenvolvimento radicular de plantas de café ‘Conilon’ propagadas por sementes e

por estacas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p.949-954, 2006.

PARTELLI, F.L.; COVRE, A.M.; OLIVEIRA, M.G.; ALEXANDRE, R.S.; VITÓRIA, E.L.; SILVA, M.B. Root system distribution and yield of 'Conilon' coffee propagated by seeds or cuttings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.49, n.5, p.349-355, 2014.

PEREIRA, M. C.; CHALFOUN, S.M.; CARVALHO, G.R.; SAVIAN, T.V. Multivariate analysis of sensory characteristics of coffee grains (*Coffea arabica* L.) in the region of upper Paranaíba. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 635-641, 2010.

PETEK, M.R., SERA, T., FONSECA, I.C.B. Predição de valores genéticos aditivos na seleção visando obter cultivares de café mais resistentes à ferrugem. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p.133-140, 2008.

SERA T. Coffee genetic breeding at Iapar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.1, n.2, p.179-200. 2001.

SILVA, F.L., BAFFA, D.C., OLIVEIRA, A.C.B., PEREIRA, A.A., BONOMO, V.S. Integração de dados quantitativos e multicategóricos na determinação da divergência genética entre acessos de cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 3, p.224-229, 2013.

TEIXEIRA, A.L., GONÇALVES, F.M.A., REZENDE, J.C., ROCHA, R.B., PEREIRA, A.A., Análise de componentes principais em caracteres morfológicas de café arábica em estágio juvenil. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 205-210, 2013.

VIEIRA, E.S.N.; PINHO, E.V.R.V.; CARVALHO, M.G.G. ESSELINK, D. G. ; VOSMAN, B. Development of microsatellite markers for identifying Brazilian *Coffea arabica* varieties. *Genetics and Molecular Biology*, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 507-514, 2010.