

Campus  
Sudeste  
UnU - Ipameri



Universidade  
Estadual de Goiás



ESTADO  
DE GOIÁS



## **Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

# **DESEMPENHO DE CULTIVARES DE MILHO PIPOCA NO ESTADO DE GOIÁS**

**THIAGO SOUZA CAMPOS**

**MESTRADO**

**Ipameri-GO**

**2020**

**THIAGO SOUZA CAMPOS**

**DESEMPENHO DE CULTIVARES DE MILHO PIPOCA NO ESTADO DE GOIÁS**

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Jôsie Cloviane de Oliveira Freitas

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, *Campus* Ipameri como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri-GO

2020

CC198d Campos, Thiago Souza  
Desempenho de cultivares de milho pipoca no estado de Goiás / Thiago Souza Campos; orientador Jôsie Cloviane de Oliveira Freitas; co-orientador Fábio Santos Matos. -- Ipameri, 2020.  
84 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação Mestrado Acadêmico em Produção Vegetal) -- Unidade de Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, 2020.

1. Zea mays L. var. Everta. 2. Produtividade. 3. Fotossíntese. 4. Manejo Cultural. 5. Enfezamento. I. Freitas, Jôsie Cloviane de Oliveira, orient. II. Matos, Fábio Santos, co-orient. III. Título.

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** "DESEMPENHO DE CULTIVARES DE MILHO DE PIPOCA NO ESTADO DE GOIÁS"

**AUTOR (A):** Thiago Souza Campos

**ORIENTADOR (A):** Jósie Cloviane de Oliveira Freitas

Aprovado (a) como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE (A) EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:

*Fabício Rodrigues*

Prof. Dr. Fabrício Rodrigues

Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Ipameri - GO

*Jósie Cloviane de Oliveira Freitas*

Prof.ª. Dr.ª. Jósie Cloviane de Oliveira Freitas (orientadora)

Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Posse - GO

*Alexandre Pio Viana*

Prof. Dr. Alexandre Pio Viana  
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – Campos dos Goytacazes - RJ

*Larissa Pacheco Borges*

Prof.ª. Dr.ª. Larissa Pacheco Borges

Mestrado em Produção Vegetal-Ipameri - GO

### Registro de Declaração

Número: 056

Livro: R-01 Folhas: 1A

Data: 23/06/2020

Assinatura:

Data da realização: 23 de junho de 2020

## DEDICATÓRIA

À Deus pela realização de mais um sonho, e a minha base, Maria Rita, Leila Maria, Sandra Helena, Geusa Maria, Ordalita Oliveira, Adilson José e Carlos Anselmo e a minha irmã Loren Souza Campos, que foram minha estrutura e força para a realização de mais essa conquista.

**DEDICO**

“Sempre tente ir o mais longe que puder, nunca desista dos seus sonhos.” S.H.S

## AGRADECIMENTOS

À Deus por me dar forças e guiar aos caminhos da ciência.

À minha família, que nunca mediu esforços para me ajudar e motivar a querer sempre o melhor para minha vida.

Aos amigos do mestrado, Alana Costa, Ane Gabriele Vaz, Layanara Oliveira, Higor Rodrigues, Fernanda Alvarenga, Pedro Henrique Cintra, Osmanny Melo, Roberta Croda, Valdivino Domingos, Jaime Rego, Victor Amorim e Larissa Borges, que foram em muitos momentos mais que amigos e, aos demais colegas da turma, que conheci nessa jornada da pós-graduação.

Aos amigos que conheci que fizeram parte e apoio Fabio Janoni, Lilian Carvalho, Danilo Araújo, Lohayne Borges, Roberta Paiva, Jordana Lima, Amanda Vicentini e Michele Camargo, pessoas que estiveram comigo durante a jornada da realização do meu primeiro sonho, a graduação em agronomia até hoje.

Agradeço, em especial também, ao colega e amigo Westefann dos Santos Sousa, que me ajudou incansavelmente na realização desse trabalho e como muitos outros não tinha dia, nem hora, chuva ou sol, estava sempre comigo em todos os momentos da condução a publicação, demonstrou que não há vitória se você caminhar sozinho.

À minha orientadora Dra. Jôsie Cloviane de Oliveira Freitas e meu Coorientador Dr. Fábio Santos Matos, pelo apoio, conselhos e contribuições ao meu crescimento científico e pessoal.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da UEG – *Campus Ipameri*, em especial aos profs. Dra. Katiane Santiago Silva Benett e Dr. Cleiton Gredson Sabin Benett, com os quais tive o privilégio de poder realizar o estágio de docência e atuar junto ao Laboratório de Análises de Semente – UEG, e por oferecerem subsídios para defesa da minha especialização.

Aos Profs. Dr. Carlos Machado dos Santos, Dr. Adílio de Sá Junior e Dra. Flavia Andrea Nery Silva, que me orientaram na graduação e me incentivaram a seguir a vida acadêmica e sempre buscar o conhecimento.

A todos que, mesmo não citados aqui, colaboraram de alguma forma para a realização deste trabalho. Os meus mais sinceros agradecimentos!

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| RESUMO GERAL .....  | ix |
| GENERAL ABSTRACT .....  | xi |
| INTRODUÇÃO .....  | 13 |
| CAPÍTULO 1: DESEMPENHO DE TRÊS CULTIVARES DE MILHO PIPOCA ( <i>Zea Mays</i> var. Everta) NO NORDESTE GOIANO .....   | 15 |
| RESUMO .....  | 16 |
| ABSTRACT .....  | 17 |
| 1 INTRODUÇÃO .....  | 18 |
| 2 OBJETIVOS .....   | 20 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS .....  | 21 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 24 |
| 5 CONCLUSÃO .....   | 30 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 31 |
| CAPÍTULO 2: ASPECTOS AGRONÔMICOS E FISIOLÓGICOS EM CULTIVARES DE MILHO PIPOCA ( <i>Zea Mays</i> var. Everta) NO SUDESTE DE GOIÁS .....                        | 35 |
| RESUMO .....  | 36 |
| ABSTRACT .....  | 37 |
| 1 INTRODUÇÃO .....  | 38 |
| 2 OBJETIVO .....  | 41 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS .....  | 42 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 46 |
| 5 CONCLUSÃO .....   | 56 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 57 |
| CAPÍTULO 3: DESEMPENHO AGRONÔMICO E DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE TRÊS CULTIVARES DE MILHO PIPOCA ( <i>Zea Mays</i> var. Everta) CULTIVADAS EM DOIS LOCAIS ..... | 61 |

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| RESUMO .....                     | 62 |
| ABSTRACT .....                   | 63 |
| 1 INTRODUÇÃO.....                | 64 |
| 2 OBJETIVO .....                 | 66 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS.....        | 67 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 70 |
| 5 CONCLUSÃO.....                 | 80 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... | 81 |

## RESUMO GERAL

O estado de Goiás se destaca como o terceiro maior produtor nacional de milho, entretanto, a produção de milho pipoca ainda é muito incipiente e, a maior parte das áreas agrícolas do estado, são destinadas a produção de milho comum. Entretanto, os poucos produtores que buscam inserir em suas áreas a produção de milho pipoca, têm como entrave a escassez de informações sobre cultivares disponíveis no mercado, o manejo adequado da cultura e as recomendações técnicas. Portanto, os objetivos do presente estudo foram avaliar o desempenho agrônômico de três cultivares de milho pipoca, no Nordeste goiano, na época da seca e sob sistema de irrigação; e avaliar os desempenhos agrônômicos e fisiológicos de três cultivares de milho pipoca no Sudeste de Goiás, na safra das águas. Foram conduzidos e avaliados, dois experimentos. O experimento I foi conduzido na fazenda II da Universidade Estadual de Goiás - UEG, *Campus* Nordeste, na unidade Posse, sob sistema de irrigação por aspersão, durante a época das secas (abril – julho). Durante a condução deste experimento, foram observadas variáveis relacionadas ao crescimento e desenvolvimento das plantas e a porcentagem de plantas que apresentavam sintomas de enfezamento vermelho e pálido, de modo a avaliar o desempenho agrônômico das cultivares. Já o experimento II foi conduzido na área experimental da Universidade Estadual de Goiás, *Campus* Sudeste, Unidade Ipameri, sem sistema de irrigação, na safra das águas (nov. – março). Avaliaram-se as variáveis relacionadas aos estádios vegetativos e reprodutivos das plantas, a porcentagem de plantas apresentando sintomas de enfezamento vermelho e pálido, e as variáveis fisiológicas relacionadas ao desempenho da maquinaria fotossintética das plantas. Em ambos os experimentos foram estimados os componentes de variância ( $CV_g$ , IV,  $h^2$ ) e a diversidade genética. Os experimentos foram conduzidos em campo, utilizando-se o delineamento experimental de blocos casualizados (DBC), com três cultivares ('Americana', 'UENF-14', variedade Formosa) e quatro repetições. Cada parcela experimental foi constituída por quatro linhas, com 4 m de comprimento, com espaçamento de 0,90 m entre linhas e 0,25 m entre plantas. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância individual com os respectivos desdobramentos e teste de médias. No experimento I, houve diferença significativa para estande final, altura final da planta, altura de inserção da espiga, produtividade e porcentagem de plantas com sintomas de enfezamento vermelho. A cultivar UENF-14 apresentou as menores porcentagem de sintoma do enfezamento vermelho e a maior produtividade, enquanto, a variedade Formosa foi mais suscetível ao enfezamento vermelho, apresentou o menor estande final de plantas e baixa produtividade. A cultivar

‘UENF-14’, foi a que apresentou a maior produtividade total (2325,83 t ha<sup>-1</sup>) diferindo-se das demais. No experimento II, as cultivares apresentaram diferenciadas significativas ( $p < 0,05$ ) para todas as variáveis agrônomicas, fitopatológicas e fisiológicas, exceto para as variáveis estande inicial (EI), diâmetro do colmo (DC), porcentagem de plantas acamadas (PA) e fluorescência mínima adaptada à luz (Fo’). A variedade Formosa apresentou a menor produtividade, em torno de 361 kg ha<sup>-1</sup>, seguida pela cultivar Americana, que apresentou valores intermediários de 781,5 kg ha<sup>-1</sup>, e por fim, a ‘UENF-14’ com produtividade total de 2.074,23 kg ha<sup>-1</sup>. O reflexo dos danos causados na estrutura vegetal pelos mollicutes (*Spiroplasma kunkelli* e Phytoplasma) e o próprio ambiente refletiu na eficiência fotoquímica do PSII, o que pode ter comprometido, a disponibilização efetiva de NADP e ATP, o que evidenciou a cultivar UENF-14, como a cultivar que sofreu menores danos na estrutura foliar. A estimativa dos parâmetros genéticos permitiu verificar efeitos da interação cultivares x ambientes significativos para a maioria das características avaliadas (AFP, AIE, PA, PP, PEN1, PEN2, R1, EFZP, EPP, CPE, PROD), logo as cultivares apresentaram desempenho muito distinto nos diferentes ambientes. A herdabilidade das características de produtividade foram de alta magnitude (>83,73%). A produtividade média das cultivares foi de 1305,37 kg ha<sup>-1</sup>. As variáveis que contribuíram para a divergência genética entre as cultivares, quando estas foram cultivadas em Posse-GO, foram número de espigas por parcela (66,32 %) e Produtividade (33,68%), ambas contribuíram com 100% da divergência existente. Já em Ipamerí – GO, as variáveis que mais contribuíram para a divergência entre as três cultivares foram altura de inserção da espiga (48,58%), produtividade (31,72%) e número de espigas por parcela (14,79%), ambas contribuíram com 95,05% da divergência existente. Os resultados permitem inferir que provavelmente a variedade Formosa seja oriunda de sucessivos salvamentos de sementes da cultivar Americana e que há divergência genética entre a UENF 14. Em sumo, conclui-se que a cultivar UENF 14 apresentou o melhor desempenho agrônomico e fisiológico, quando cultivada no Nordeste e também no Sudeste de Goiás, podendo ser recomendada para ambas as regiões.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L. var. Everta., Produtividade, Fotossíntese, Manejo Cultural, Enfezamento.

## GENERAL ABSTRACT

The state of Goiás stands out as the third largest national producer of corn, however, the production of popcorn is still very incipient and, most of the agricultural areas of the state, are destined for the production of common corn. However, the few producers who seek to insert popcorn production in their areas are hampered by the lack of information on cultivars available on the market, the proper management of the crop and the technical recommendations. Therefore, the objectives of the present study were to evaluate the agronomic performance of three popcorn corn cultivars, in the Northeast of Goiás, in the dry season and under irrigation system; and to evaluate the agronomic and physiological performance of three popcorn cultivars in Southeast Goiás, during the water harvest. Two experiments were conducted and evaluated. Experiment I was conducted at farm II of the State University of Goiás - UEG, Campus Nordeste, in the Posse unit, under a sprinkler irrigation system, during the dry season (April - July). During the conduct of this experiment, variables related to plant growth and development and the percentage of plants that showed symptoms of red and pale corn stunt were observed, in order to evaluate the agronomic performance of the cultivars. Experiment II, on the other hand, was carried out in the experimental area of the State University of Goiás, Campus Sudeste, Ipameri Unit, without irrigation system, during the water harvest (Nov. - March). The variables related to the vegetative and reproductive stages of the plants, the percentage of plants showing symptoms of red and pale corn stunt, and the physiological variables related to the performance of the photosynthetic machinery of the plants were evaluated. In both experiments, the components of variance ( $CV_g$ ,  $IV$ ,  $h^2$ ) and genetic diversity were estimated. The experiments were conducted in the field, using a randomized block design (DBC), with three cultivars ('Americana', 'UENF-14', variedade Formosa) and four replicates. Each experimental plot consisted of four lines, 4 m long, with a spacing of 0.90 m between lines and 0.25 m between plants. The experimental data were subjected to individual analysis of variance with the respective developments and averages test. In experiment I, there was a significant difference for final stand, final plant height, ear insertion height, productivity and percentage of plants with red corn stunt symptoms. The cultivar UENF-14 showed the lowest percentage of symptom of Phytoplasma and the highest productivity, while the Formosa variety was more susceptible to red corn stunt, presented the smallest final plant stand and low productivity. The cultivar 'UENF-14' was the one with the highest total productivity (2.325,83 t ha<sup>-1</sup>), differing from the others. In experiment II, the cultivars showed significant differences ( $p < 0.05$ ) for all agronomic, phytopathological and physiological variables, except for the

variables initial stand (EI), stem diameter (DC), percentage of bedridden plants (PA) and minimum fluorescence adapted to light ( $F_o'$ ). The variety Formosa showed the lowest productivity, around  $361 \text{ kg ha}^{-1}$ , followed by the cultivar Americana, which presented intermediate values of  $781,5 \text{ kg ha}^{-1}$ , and finally, the 'UENF-14' with productivity total of  $2.074,23 \text{ kg ha}^{-1}$ . The reflection of the damage caused to the plant structure by the mollicutes (*Spiroplasma kunkelli* and Phytoplasma) and the environment itself reflected in the photochemical efficiency of the PSII, which may have compromised the effective availability of NADP and ATP, which evidenced the cultivar UENF-14, as the cultivar that suffered less damage to the leaf structure. The estimation of the genetic parameters allowed to verify the effects of the interaction between cultivars x significant environments for most of the evaluated characteristics (AFP, IEA, PA, PP, PEN1, PEN2, R1, EFZP, EPP, CPE, PROD), so the cultivars showed different performance in different environments. The heritability of the productivity characteristics were of high magnitude ( $> 83,73\%$ ). The average yield of cultivars was  $1305.37 \text{ kg ha}^{-1}$ . The variables that contributed to the genetic divergence between the cultivars, when they were grown in Posse-GO, were number of ears per plot (66,32%) and Productivity (33,68%), both contributed to 100% of the existing divergence. In Ipamerí - GO, the variables that contributed most to the divergence between the three cultivars were ear insertion height (48,58%), productivity (31,72%) and number of ears per plot (14,79%), both contributed 95,05% to the existing divergence. The results allow us to infer that the Formosa variety probably originates from successive seed salvages of the Americana cultivar and that there is genetic divergence between UENF 14. In summary, it is concluded that the cultivar UENF 14 presented the best performance

**Keywords:** *Zea mays* L. var. Everta, Productivity, Photosynthesis, Corn management, Corn Stunt.

## INTRODUÇÃO

A produção brasileira de milho pipoca (*Zea mays* L. var. Everta) é insuficiente para atender a demanda do mercado nacional, isso se deve ao baixo número de cultivares comerciais disponíveis: Pipoca Americano RS 20, IAC 125 e BAS 5802 (MAPA, 2020). Desta forma, existe a necessidade dos produtores importarem sementes de outros países como Argentina e os Estados Unidos (VIEIRA et al., 2017; LIMA et al., 2018). Entretanto, esta cultura apresenta-se como promissora, com alto valor agregado, fato que eleva a renda do pequeno produtor. Segundo Cotapel (2020), o preço da saca do milho pipoca é bem superior ao preço pago à saca do milho grão, com preços capazes de superar em até duas a três vezes o milho comum.

O milho pipoca pertencente à espécie botânica *Zea mays* L., diferenciando-se por sua variedade Everta, constituída por grãos pequenos (76 a 105 grãos, em 100g), duros e com capacidade de expandir, quando o amido e a umidade confinada pelo pericarpo são aquecidos a altas temperaturas, sendo essa a principal característica atribuída na avaliação da qualidade final desta variedade de milho (CABRAL et al., 2016).

No Brasil, o estado do Mato Grosso se destaca como o maior produtor de milho pipoca, representa mais de 60% da produção nacional, a qual foi de 289,7 toneladas, em 67 mil hectares (KIST, 2019). No estado de Goiás a produção de milho pipoca se concentra na região Sul e Centro-Oeste do estado, nos municípios de Itumbiara, Goianésia e Porangatu (VENDRUSCOLO et al., 2001).

No Nordeste goiano não há relatos de produção do milho pipoca em larga escala, região a qual a agricultura predominante é familiar, e os pequenos agricultores não dispõem de apoio e/ou tecnologia, sendo carentes de subsídio do governo e de ações de pesquisas que visem à melhoria de suas condições (CARVALHO, 2004).

O Sudeste goiano se destaca pelas condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo agrícola, além das cidades situadas nestas regiões, estarem muito próximas de importantes centros consumidores, como Goiânia (GO), Brasília (DF) e Uberlândia (MG), e são próximas da BR 050, uma importante via de circulação que liga Brasília a São Paulo (MATOS e PESSÔA, 2012).

Embora o agronegócio esteja em sua grande parte concentrado no Centro Sul do estado, regiões como o Sudeste e Nordeste goiano possuem um grande potencial para exploração agrícola e condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo do milho pipoca. As

regiões apresentam relevo plano e estações climáticas bem definidas, semelhante às regiões produtoras de grãos no estado (ALVARES et al., 2013).

A realização de estudos para avaliar o potencial produtivo de distintas cultivares em diversas regiões se torna extremamente necessário, pois, conhecer a resposta dos genótipos em diversos ambientes permitirá a escolha e plantio de cultivares adaptadas as condições edafoclimáticas regionais, refletindo em altas produtividades (FRITSCHÉ-NETO e BORÉM, 2012).

Desta forma, a introdução e avaliação de cultivares de milho pipoca em diferentes regiões do estado de Goiás são importantes, visando contribuir para o desenvolvimento da agricultura.

**CAPÍTULO 1: DESEMPENHO DE TRÊS CULTIVARES DE MILHO PIPOCA (*Zea  
Mays* var. *Everta*) NO NORDESTE GOIANO**

## RESUMO

O milho pipoca é considerado uma ótima opção para aumentar a renda de pequenos produtores, entretanto, informações referentes ao desempenho agrônômico de cultivares dessa variedade de milho no estado do Goiás ainda é muito incipiente. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônômico de três cultivares de milho pipoca no Nordeste de Goiás, sob irrigação, para posterior recomendação à agricultores. O delineamento foi em blocos casualizados, com três cultivares, e com quatro repetições. As cultivares analisadas foram: 'UENF-14', 'Americana', e uma variedade local Formosa, doada por agricultores do município de Formosa-GO. Avaliou-se o estande inicial e final, a altura inicial e final das plantas, a altura de inserção da espiga, a porcentagem de plantas pendoadas nos estádios R<sub>1</sub> e R<sub>2</sub>, porcentagem de plantas infectadas com sintomas do enfezamento vermelho ou pálido, prolificidade e características relacionadas à produtividade. Houve diferença significativa para estande final, altura final da planta, altura de inserção da espiga, produtividade e porcentagem de plantas com sintomas de enfezamento vermelho. A cultivar 'UENF 14' apresentou as menores porcentagens de sintoma do enfezamento vermelho e a maior produtividade, enquanto, a variedade Formosa foi mais suscetível ao enfezamento vermelho, com o menor estande final e baixa produtividade. Desta forma, a 'UENF-14' poderá ser recomendada para ser cultivada nesta região, uma vez que, apresenta tolerância ao enfezamento e alto desempenho produtivo.

**Palavra-chave:** Produtividade, 'UENF 14', 'Americana', Goiás.

## ABSTRACT

Popcorn is considered a great option to increase the income of small producers, however, information regarding the agronomic performance of cultivars of this variety of corn in the state of Goiás is still very incipient. The present work aimed to evaluate the agronomic performance of three popcorn cultivars in Northeast Goiás, under irrigation, for later recommendation to farmers. The design was in randomized blocks, with three cultivars, with four replications. The cultivars analyzed were: 'UENF-14', 'Americana', and a local variety Formosa, donated by farmers in the municipality of Formosa-GO. The initial and final stand, the initial and final height of the plants, the height of the ear insertion, the percentage of pendoadas plants and in stages R1 and R2, percentage of infected plants with symptoms of red or pale stinging, prolificacy and characteristics related to productivity. There was a significant difference for final stand, final plant height, ear insertion height, productivity and percentage of plants with symptoms of red stubble. The cultivar 'UENF 14' showed the lowest percentages of symptom of red stinging and the highest productivity, while the variety Formosa was more susceptible to red stinging and the smallest final stand and low productivity. In this way, 'UENF-14' can be recommended to be grown in this region, since it has tolerance to stunting and high productive performance.

**Keyword:** Agronomic performance, "UENF 14", "Americana", Goiás.

## 1 INTRODUÇÃO

O milho pipoca pertence à mesma espécie botânica do milho comum (*Zea mays L.*), diferenciando-se por possuir grãos pequenos e duros, que estouram/expandem quando aquecidos em torno de 180°C (FARIA JUNIOR et al., 2018).

O Brasil é o segundo maior produtor de milho pipoca, ficando atrás somente dos Estados Unidos, com a região Centro-Oeste responsável por 80% da produção nacional. O estado do Mato Grosso é o maior produtor, com estimativa de safra para 2019/20 de 289 mil toneladas, em aproximadamente 67 mil hectares (KIST et al., 2019). No estado de Goiás, a produção de milho pipoca concentra-se nos municípios de Itumbiara, Cachoeira Dourada e Centralina (SAWAZAKI, 2014).

No Nordeste goiano a produção de milho pipoca constitui-se uma alternativa para aumentar a renda de pequenos e médios produtores, uma vez que, essa região fica próxima a eixos de escoamento de insumos agrícolas e de grandes centros consumidores como Brasília (DF), Formosa (GO) e Goiânia (GO) (MATOS e PÊSSOA, 2012).

Apesar da sua popularidade na culinária brasileira, o milho pipoca sempre foi pouco estudado, o que se deve ao baixo interesse econômico por essa variedade, em comparação ao milho comum. Desta forma, há um limitado número de instituições e melhoristas voltados para esta variedade de milho, conseqüentemente, reduzida disponibilidade de cultivares desenvolvidas (VON PINHO et al., 2003; RIBEIRO et al., 2016). Visando atender toda a demanda nacional, grande parte dos produtores brasileiros recorrem ao banco de sementes dos Estados Unidos ou da Argentina, que possuem um número maior de cultivares disponíveis e de melhor qualidade (SENHORINHO et al., 2019).

Atualmente, entre cultivares e híbridos de milho pipoca, existem 116 registros no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Destes, 88 são comercializados por empresas privadas e somente 28 estão disponíveis para os agricultores, 15 obtidos pela Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) e 13 pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) (MAPA, 2020).

Portanto, é importante a compreensão do comportamento destas cultivares, às diversas variações ambientais, como clima, manejo, solo e tecnologia aplicada, visando alcançar o máximo do potencial genético (OLIVEIRA et al., 2009; MEENA et al., 2017). No Brasil, esse campo de informações relacionado ao milho pipoca é escasso, o que dificulta seu cultivo no país (VENDRUSCOLO et al., 2001). Devido à baixa variabilidade de cultivares disponíveis, a maioria dos estudos realizados busca priorizar ganhos genéticos e

novas populações. Porém, são carentes os estudos de técnicas para melhorar o cultivo e manejo da cultivar (OLIVEIRA et al., 2019).

## **2 OBJETIVOS**

O presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho agronômico de três cultivares comerciais de milho pipoca, sob sistema de irrigação, no Nordeste do estado de Goiás.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na fazenda II da Universidade Estadual de Goiás (UEG), cujas coordenadas geográficas da área são: 14°05'35" S, 46°22'10" W, com altitude média de 811 m, localizada no município de Posse - GO, o plantio foi realizado em 14 de junho de 2019 e colhido em 20 de novembro de 2019. Foram avaliadas as seguintes cultivares: 'UENF-14', obtida pelo programa de melhoramento genético de milho pipoca da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF; 'Americana' adquirida pela empresa Isla Sementes; e uma cultivar local, variedade local cujas sementes foram doadas por agricultores de região de Formosa - GO., no caso foi intitulada por variedade Formosa.

**Tabela 1.** Característica das três cultivares de milho pipoca utilizados no experimento.

| CULTIVAR    | TIPO                       | CICLO | COR     | AFP           | AIE                         | PEN1                    |
|-------------|----------------------------|-------|---------|---------------|-----------------------------|-------------------------|
| 'Americana' | Híbrido Simples            | 120   | Amarelo | 150 cm        | -                           | 65                      |
| 'UENF-14'   | Pop. de Seleção Recorrente | 120   | Amarelo | 182 cm        | 103 cm                      | 59                      |
| Formosa     | Salvamento de Sementes     | -     | -       | -             | -                           | -                       |
|             | CPE                        | FE    | MGE     | ESPAÇAMENTO   | PROD                        | INSTITUIÇÃO             |
| 'Americana' | 12-18 cm                   | 13    | 12,5 g  | 0,80 x 0,25 m | 3320.20 kg ha <sup>-1</sup> | Isla Sementes           |
| 'UENF-14'   | 15,5 cm                    | 12    | 11,7g   | 0,60 x 0,18 m | 4023.30 kg ha <sup>-1</sup> | UENF - Darcy Ribeiro    |
| Formosa     | -                          | -     | -       | -             | -                           | Produtores Formosa - GO |

Altura final de plantas (AFP); Altura da inserção da espiga (AIE); Dias para início do pendão (PEN1); Comprimento da espiga (CPE); Número de fileiras por espigas (FE); Número de grãos por fileira (GF); Massa de 100 grãos por espiga (MGE); Produtividade total (PROD). **Fonte:** AMARAL JÚNIOR et al. 2013; ISLA, 2020.

O clima do bioma cerrado é considerado do tipo AW, tropical de savana, com duas estações bem definidas: período chuvoso que vai de outubro a março, e logo após um inverno seco, de abril a setembro (CARDOSO et al., 2015).

O solo é classificado como Neossolo Quartzarenico (SANTOS et al., 2018) e foi preparado de forma convencional. As características químicas do solo são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 2.** Resultado da análise química da área experimental da Universidade Estadual de Goiás. UEG, Campus Nordeste, Unidade Posse Posse, 2019.

| Ca                                 | Mg    | Al     | H+Al   | K                   | P    | S                               | Na                     | Zn                 | B    | Cu  | Fe   | Mn   |
|------------------------------------|-------|--------|--------|---------------------|------|---------------------------------|------------------------|--------------------|------|-----|------|------|
| ----- cmolc dm <sup>-3</sup> ----- |       |        |        | mg dm <sup>-3</sup> |      | ----- mg dm <sup>-3</sup> ----- |                        |                    |      |     |      |      |
| 2,0                                | 0,6   | 0,0    | 1,8    | 0,05                | 60,0 | 8,7                             | 5,0                    | 4,9                | 0,28 | 0,4 | 53,3 | 26,2 |
| V                                  | Ca/Mg | Ca/CTC | Mg/CTC | K/CTC               | pH   | CTC                             | MO                     | C                  |      |     |      |      |
| ----- % -----                      |       |        |        |                     |      | CaCl <sub>2</sub>               | cmolc dm <sup>-3</sup> | g dm <sup>-3</sup> |      |     |      |      |
| 59,77                              | 3,33  | 44,74  | 13,42  | 1,12                | 5,1  | 4,47                            | 16,0                   | 9,28               |      |     |      |      |

Ca = cálcio, Mg = magnésio, Al = alumínio, H = hidrogênio, K = potássio, P = fósforo, S = enxofre, Na = sódio, Zn = zinco, B = boro, Cu = cobre, Fe = ferro, Mn = manganês, V = saturação por bases, pH = potencial hidrogeniônico, CTC = capacidade de troca catiônica, MO = matéria orgânica, C = carbono.

O ensaio experimental foi realizado em campo, sob sistema de irrigação por aspersão. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC), com três cultivares, com quatro repetições. Cada parcela experimental foi constituída por quatro linhas com 4 m de comprimento, com espaçamento de 0,90 m entre linhas e 0,25 m entre plantas na linha. Foram colocadas três sementes por cova, na profundidade de 0,05 m, realizando-se o desbaste aos 28 dias após a semeadura.

A adubação de semeadura foi realizada com a aplicação de 41 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, 77 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio e 300 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples. Nas adubações de cobertura foram utilizados: 10,2 kg ha<sup>-1</sup> de ureia e 19,35 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio por linha, após 30 dias do plantio. Posteriormente, a cada dia 15 dias, foram utilizadas: 15,3 e 7,8 kg ha<sup>-1</sup>, de ureia e cloreto de potássio, respectivamente (COELHO, 2009).

Foram realizados os tratamentos fitossanitários de acordo com as necessidades da cultura, sendo eles o controle de formigas (*Atta* sp.) com distribuição de iscas granuladas Mirex – S (Sulfluramina). Aplicação do inseticida Decis ® 25 EC (30 mL 100 L<sup>-1</sup> de água) no controle de Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e o Galil® SC (300 mL ha<sup>-1</sup>) foi utilizado no controle do Percevejo-barriga-verde (*Dichelops melacanthus*) e da Cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*). O controle de plantas daninhas foi realizado de forma manual.

As variáveis analisadas no experimento foram: estande inicial (EI), aos 57 dias após a emergência, e estande final (EF), aos 104 dias; altura inicial (AIP) aos 57 dias após a emergência; altura final de plantas (AFP) aos 104 dias após a emergência; altura da inserção da espiga (AIE) todas mensuradas com uso de trena milimétrica; número de plantas acamadas (PA); número de plantas prolíferas (PP); porcentagem de plantas com pendão aos 61 dias após a emergência (PEN1); porcentagem de plantas com pendão aos 74 dias após a emergência (PEN2); porcentagem de plantas no estágio de embonecamento (R1);

porcentagem de plantas no estágio bolha d'água (R2); número de espigas por parcela (EPP); comprimento da espiga (CPE); número de fileiras por espigas (FE); número de grãos por fileira (GF); massa de grãos por espiga (MGE); número de grãos ardidos (GA); produtividade total, estimada pela colheita total da parcela de 12 m<sup>2</sup> (PROD) e porcentagem de plantas com sintomas do enfezamento vermelho ou enfezamento pálido. As análises de AIP, AFP, AIE, CPE, FE, GF, MGE e GA foram realizadas em seis plantas dentro da área útil de cada parcela; para as demais variáveis foi considerada todas as plantas da parcela.

A avaliação de enfezamento foi realizada nas duas linhas centrais do estande, por meio do número de plantas com sintomas de enfezamento vermelho (fitoplasma) e pelo número de plantas com sintomas de enfezamento pálido (espiroplasma), a fim de avaliar a porcentagem de incidência da doença para as diferentes cultivares na população de plantas analisadas. A análise visual para presença do enfezamento foi dada pela sintomatologia descrita por Oliveira et al. (2013) e Pereira (2016).

Os dados foram submetidos a análise de variância e a comparação das médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2019).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na implantação de uma cultura, o estande inicial pode ter influência direta no rendimento final. No presente trabalho, não foi verificada diferença entre as cultivares para o estande inicial, entretanto, houve diferença significativa entre as cultivares ( $p \leq 0,05$ ), para o estande final, o que demonstrou comportamento divergente das cultivares (Tabela 3).

As reduções observadas no estande final, geralmente, são ocasionadas por fatores naturais como: acometimento de pragas, doenças, tratos culturais e manejo (VENCOVSKY e CRUZ, 1991). Em relação ao estande inicial, as sementes de todas as cultivares apresentavam qualidade fisiológica e fitossanitária, uma vez que não houve diferença estatística para esta variável.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para estande inicial (EI) estande final (EF), altura inicial (AIP), altura final de plantas (AFP), em três cultivares de milho pipoca, sob sistema de irrigação no Nordeste goiano. UEG, Campus Nordeste, Unidade Posse, 2019.

| FV         | GL | EI                  | EF      | AIP                  | AFP      |
|------------|----|---------------------|---------|----------------------|----------|
| Bloco      | 3  | 18,97               | 2,08    | 141,92               | 31,04    |
| Cultivares | 2  | 38,58 <sup>ns</sup> | 135,25* | 302,93 <sup>ns</sup> | 2426,41* |
| Resíduo    | 6  | 15,80               | 9,25    | 83,74                | 115,79   |
| Média      |    | 57,58               | 49,25   | 54,89                | 113,79   |
| CV (%)     |    | 6,90                | 6,17    | 16,66                | 9,45     |

\*\* Significativo a 1% de probabilidade; \* Significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> Não Significativo; FV = Fator de variação; GL = Graus de Liberdade.

Todas três cultivares avaliadas, pendoaram na mesma época e de forma similar, de modo que aos 61 dias após a emergência (PEN1) e aos 74 dias após a emergência (PEN2), não foi verificada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) nas porcentagens de plantas com pendão. O mesmo ocorreu para as variáveis número de plantas acamadas (PA) e número de plantas prolíferas (PP). Também não foi verificada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as cultivares para a porcentagem de plantas que se encontravam nos estádios fisiológicos de embonecamento (R<sub>1</sub>) e bolha d'água (R<sub>2</sub>) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância para altura da inserção da espiga (AIE), número de plantas acamadas (PA), plantas prolíferas (PP), porcentagem de plantas com pendão inicial (PEN1) aos 61 dias após a emergência, porcentagem de plantas com pendão final (PEN2) aos 74 dias após a emergência, porcentagem de plantas no estágio de embonecamento (R1), porcentagem de plantas no estágio bolha d'água (R2), em três cultivares de milho pipoca, sob sistema de irrigação nas condições edafoclimáticas do Nordeste goiano. UEG, Campus Nordeste, Unidade Posse, 2019.

| FV         | GL | AIE      | PA                 | PP                 | PEN1                 | PEN2                 | R1                  | R2                  |
|------------|----|----------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| Bloco      | 3  | 23,43    | 0,52               | 40,55              | 111,30               | 134,42               | 31,22               | 9,41                |
| Cultivares | 2  | 205,98** | 0,33 <sup>ns</sup> | 9,08 <sup>ns</sup> | 131,87 <sup>ns</sup> | 211,45 <sup>ns</sup> | 25,58 <sup>ns</sup> | 17,57 <sup>ns</sup> |
| Resíduo    | 6  | 38,76    | 0,11               | 21,97              | 79,40                | 63,74                | 37,13               | 9,58                |
| Media      |    | 30,66    | 0,41               | 6,83               | 12,46                | 73,04                | 9,83                | 5,91                |
| CV (%)     |    | 20,30    | 80,00              | 68,59              | 71,50                | 10,93                | 61,97               | 52,32               |

\*\* Significativo a 1% de probabilidade; \* Significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> Não Significativo; FV = Fator de variação; GL = Graus de Liberdade.

Os valores médios do estande final variaram entre 43 a 54 plantas por parcela, sendo que as cultivares UENF-14 e Americana apresentaram as maiores médias para o estande final. Entretanto, a variedade Formosa apresentou o menor valor para estande final, diferindo-se das demais. As cultivares apresentaram altura similar, não se diferindo estatisticamente. Porém, aos 104 dias após a emergência, foi verificada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as cultivares para a variável altura de planta, com a cultivar UENF-14 obtendo o maior valor médio para altura final de planta (138,15 cm), enquanto a variedade Formosa obteve menor média (88,9 cm) (Tabela 5).

Sabe-se que altura de planta tem correlação positiva com a altura de inserção da espiga (CABRAL et al., 2016). Desta forma, a cultivar UENF 14 apresentando a maior altura de inserção de espiga (37,57 cm) (Tabela 5). Amaral Júnior et al. (2016), explicaram que isso faz parte da própria estrutura fisiológica da planta, pois, quanto mais alta for à planta, maior será a altura de inserção da espiga no colmo, o que permite a mecanização da cultura. Logo plantas mais altas e com inserção de espigas também mais altas apresentam vantagens na colheita mecanizada (CAMPOS et al., 2010).

Embora a 'UENF -14' apresentou os maiores valores médios para altura final de planta e altura da inserção da espiga, os valores obtidos no presente trabalho foram inferiores aos obtidos por Amaral Júnior et al. (2013) que observaram a altura média de plantas de 182 cm e altura de inserção de espiga de 103 cm para esta mesma cultivar. A redução na altura de plantas pode ser explicada pelos danos causados devido os enfezamentos ou mesmo o adensamento adotado.

**Tabela 5.** Médias para número de plantas no estande final (EF), altura final de plantas (AFP) e número da altura da inserção da espiga (AIE) de três cultivares de milho pipoca, sob sistema de irrigação nas condições edafoclimáticas do Nordeste goiano. UEG, Campus Nordeste, Unidade Posse, 2019.

| Cultivares | EF<br>und | AFP<br>cm | AIE<br>cm |
|------------|-----------|-----------|-----------|
| Americana  | 50,25 a   | 114,32 b  | 31,17 ab  |
| UENF-14    | 54,50 a   | 138,15 a  | 37,57 a   |
| Formosa    | 43,00 b   | 88,9 c    | 23,25 b   |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em consequência do menor porte, a variedade Formosa, também obteve a menor média para altura de inserção de espiga (23,25cm), diferindo-se estatisticamente dos demais Cultivares. Provavelmente, a redução da média na altura dessa variedade Formosa se deve ao acometimento pelo enfezamento, já que a doença provoca alterações hormonais nas plantas de milho. Segundo Magalhães et al. (2001), a redução na altura de plantas de milho pipoca da cultivar Pop Zélia quando submetidas a inoculação de mollicutes.

Os resultados verificados para o pendoamento e prolificidade das cultivares no presente trabalho, corroboram com os observados por Amaral Júnior et al. (2013) em milho pipoca, que relataram que a ausência de variação para estas características, pode ser explicada pela adaptação da cultivar às condições climáticas e ao cultivo aplicado. Já o índice de acamamento encontrado foi baixo devido às condições edafoclimáticas e do manejo adotado, diferente do que frequentemente é observado no milho pipoca, que devido à altura de planta elevada e, possuir colmos mais finos, são mais suscetíveis ao acamamento (FREITAS et al., 2014).

Já para as características número de espigas, massa de grãos por espiga (MGE), e produtividade total (PROD) observou-se diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre as cultivares (Tabela 6). Entretanto, não houve diferença entre as cultivares para comprimento da espiga (CPE), número de fileiras por espigas (FE), número de grãos por fileira (GF) e número de grãos ardidos (GA).

**Tabela 6.** Resumo da análise de variância para número de espigas por parcela (EPP), comprimento da espiga (CPE), número de fileiras por espigas (FE), número de grãos por fileira (GF), massa de grãos por espiga (MGE), número de grãos ardidos (GA), produtividade total (PROD) de três cultivares de milho pipoca, sob sistema de irrigação nas condições edafoclimáticas do Nordeste goiano. UEG, Campus Nordeste, Unidade Posse, 2019.

| FV         | GL | EPP     | CPE                  | FE                 | GF                   | MGE      | GA                 | PROD         |
|------------|----|---------|----------------------|--------------------|----------------------|----------|--------------------|--------------|
| Bloco      | 3  | 5,66    | 429,84               | 1,28               | 18,30                | 68,17    | 4,07               | 171705,85    |
| Cultivares | 2  | 687,58* | 867,04 <sup>ns</sup> | 5,67 <sup>ns</sup> | 107,58 <sup>ns</sup> | 741,55** | 1,01 <sup>ns</sup> | 3981014,84** |
| Resíduo    | 6  | 99,91   | 303,33               | 1,12               | 56,80                | 72,02    | 2,83               | 430420,03    |
| Media      |    | 70,16   | 12,68                | 12,87              | 18,41                | 22,71    | 1,29               | 1538,62      |
| CV (%)     |    | 14,24   | 13,53                | 8,23               | 40,92                | 37,36    | 13,0               | 17,41        |

\*\* Significativo a 1% de probabilidade; \* Significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> Não Significativo; FV = Fator de variação; GL = Graus de Liberdade.

**Tabela 7.** Médias para número de espigas por parcela (EPP), massa de grãos por espiga (MGE) e produtividade total (PROD) de três cultivares de milho pipoca, sob sistema de irrigação nas condições edafoclimáticas do Nordeste goiano. UEG, Campus Nordeste, Unidade Posse, 2019.

| Cultivares | EPP<br>und | MGE<br>g | PROD<br>kg ha <sup>-1</sup> |
|------------|------------|----------|-----------------------------|
| Americana  | 80,75 a    | 19,71 ab | 1.326,31 b                  |
| UENF-14    | 74,25 ab   | 37,58 a  | 2.325,83 a                  |
| Formosa    | 55,5 b     | 10,85 b  | 963,73 b                    |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Segundo Galvão et al. (2000), a qualidade do produto final é um dos principais fatores que impulsionam uma boa comercialização, entretanto, para o produtor rural, o que mais interessa é a produtividade total de grãos e capacidade de expansão. A cultivar Americana obteve maior média de número de espigas em torno de 80,75, diferindo-se estatisticamente das demais cultivares (Tabela 7), porém, em relação à variável massa de grãos por espiga e produtividade total, a cultivar UENF-14 apresentou o maior valor médio, 37,58 g e 2.325,83 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, com grande potencial para a produção na região do Nordeste goiano, sob sistema de irrigação na estação seca. A variedade Formosa apresentou os menores valores médios para as variáveis: número de espigas por parcela (55,5) e massa de grãos por espiga (10,85g), atrelada a baixa produtividade.

Segundo Vitorazzi et al. (2017), a variedade UENF-14 diferencia sua produtividade de acordo com o arranjo populacional, os quais foram avaliados entre 0,45 m, 0,60 e 0,90 metros entre linhas, com produtividades que variaram de 3.623,6; 3.450,9 e 3.077,7 kg ha<sup>-1</sup>,

respectivamente, logo a variedade nas condições do Nordeste goiano também apresentou desempenho inferior no arranjo 0,90 m adotado. Sugere-se então a semeadura em 0,60 m entre linhas.

Para as variedades oriundas de híbridos americanos, Scapim et al. (2010), verificaram produtividades entre 1.700 e 2.326 kg ha<sup>-1</sup>, em diferentes locais de cultivo, no estado do Rio de Janeiro. Entretanto, no presente trabalho a produtividade da cultivar Americana ficou abaixo deste intervalo, obteve-se 1.326 kg ha<sup>-1</sup>. Portanto, a instabilidade na produtividade da cultivar americana, pode ser justificada pelas variações ambientais como a altitude e temperatura média.

Já para a variedade Formosa, o fato de ser oriunda de uma sucessão de salvamento de sementes plantadas há anos na região e a alta suscetibilidade ao enfezamento (Tabela 8), esta apresentou danos severos, provavelmente explicaria a queda expressiva na produtividade e correlacionada a altura de plantas, comprimento da espiga, massa de grãos.

No Brasil, o ataque da cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*), inseto vetor dos mollicutes, causadores dos enfezamentos, têm sido observado desde a década de 90. O enfezamento é uma doença severa, que têm sido relatada como um importante fator limitante da produção de milho e de difícil controle (BEDENDO e LOPES, 2019). Nas últimas safras a incidência da doença foi relada em grande escala nas principais regiões produtoras, com destaque para a região centro-oeste, cuja produtividade das lavouras de milho foi comprometida em até 35% (COSTA et al., 2019).

Para as variáveis porcentagens de plantas com sintomas de enfezamento pálido e de enfezamento vermelho, observou-se diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as cultivares apenas para o enfezamento vermelho (Tabela 8).

**Tabela 8.** Resumo da análise de variância e médias da porcentagem (%) para enfezamento vermelho e pálido de três cultivares de milho pipoca sob sistema de irrigação nas condições edafoclimáticas do Nordeste goiano. UEG, Campus Nordeste, Unidade Posse, 2019.

| FV         | GL | Enfezamento vermelho | Enfezamento pálido   |
|------------|----|----------------------|----------------------|
| Bloco      | 3  | 132,17               | 470,48               |
| Cultivares | 2  | 1680,39**            | 522,58 <sup>ns</sup> |
| Resíduo    | 6  | 307,14               | 148,56               |
| Média      |    | 62,30                | 35,15                |
| CV (%)     |    | 28,12                | 34,66                |

\*\* Significativo a 1% de probabilidade; \* Significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> Não Significativo; FV = Fator de variação; GL = Graus de Liberdade.

Observou-se que a cultivar Americana apresentou a maior média em porcentagem de plantas acometidas pelo enfezamento vermelho (77,32%), enquanto a cultivar UENF14 apresentou a menor média (41,5%) e a cultivar Formosa um valor médio intermediário (58,4%) (Tabela 9). Desta forma, no presente trabalho, a cultivar Americana mostrou-se mais suscetível ao enfezamento vermelho e a cultivar UENF 14 apresentou maior resistência. Provavelmente, o acometimento do enfezamento vermelho refletiu na produtividade final com a cultivar que apresentou a menor porcentagem de plantas com sintomas do enfezamento, a UENF-14, apresentou produtividade de 2.326 kg ha<sup>-1</sup>.

Enquanto a Americana e Variedade Formosa, com produções de 1.326 e 964 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, apresentaram uma redução de 42,97 e 58,56% na produtividade total, quando comparada com a UENF 14. Sabato et al. (2013), identificaram plantas com nanismo em 72% da área após infestação de cigarrinha e acometimento do enfezamento, que resultou na redução em 65,5% da produtividade média.

**Tabela 9.** Médias de porcentagem de plantas com sintomas do enfezamento pálido e vermelho em três cultivares de milho pipoca, sob sistema de irrigação nas condições edafoclimáticas do Nordeste goiano. UEG, Campus Nordeste, Unidade Posse, 2019.

| Cultivares | Enfezamento vermelho | Enfezamento pálido |
|------------|----------------------|--------------------|
|            | %                    | %                  |
| Americana  | 77,32 b              | 21,70 a            |
| UENF-14    | 41,5 a               | 42,02 a            |
| Formosa    | 58,40 ab             | 20,30 a            |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Embora não houve diferença significativa entre as cultivares para a variável porcentagem de plantas com sintomas de enfezamento pálido, todas cultivares apresentaram sintomas da doença, com uma porcentagem média de 28%.

## **5 CONCLUSÃO**

A cultivar UENF 14 é mais recomendada para a região Nordeste de Goiás, uma vez que, apresentou tolerância ao enfezamento e o melhor desempenho agronômico para as variáveis altura de plantas, altura de inserção da espiga, massa de grãos e produtividade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AMARAL JÚNIOR, A. T.; GONÇALVES, L. S. A.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; CANDIDO, L. S.; VITTORAZZI, C., PENA, G. F.; RIBEIRO, R. M.; SILVA, T. R.C.; PEREIRA, M. G.; CARLOS ALBERTO SCAPIM, C.A.; VIANA, A.P.; CARVALHO, G. F. UENF 14: a new popcorn cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 13, n. 3, p. 218-220, 2013.

BEDENDO, I. P., LOPES, J. R. S. Impact and Management of Major Phytoplasma Diseases in Brazil. In: **Sustainable Management of Phytoplasma Diseases in Crops Grown in the Tropical Belt**. Springer, Cham, 2019. p. 251-268.

CABRAL, P. D. S.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; FREITAS, I. L. J.; RIBEIRO, R. M.; SILVA, T. R. C. Relação de causa e efeito de caracteres quantitativos sobre a capacidade de expansão do grão em milho-pipoca. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 1, p. 108-117, 2016.

CAMPOS, M. C. C.; DA SILVA, V. A.; CAVALCANTE, Í. H. L.; BECKMANN, M. Z. Produtividade e características agronômicas de cultivares de milho safrinha sob plantio direto no Estado de Goiás. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 8, n. 1, p. 77-84, 2010.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica**, v.8, n.16, p.40-55, 2015.

COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho**. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Sete Lagoas: Embrapa CNPMS, 2006. Circular Técnica, 78. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/490410/1/Circ78.pdf>>. Acesso em: 15 maio de 2019.

COSTA, R.V. da; SILVA, D.D. da; COTA, L.V.; CAMPOS, L.J.M.; ALMEIDA, R.E.M. de; BERNARDES, F.P. Incidence of corn stunt disease in off-season corn hybrids in different sowing seasons. *Pesquisa Agropecuária, Brasileira*, v.54, e00872, 10 p. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Árvore do conhecimento: milho**. Agência de Informação tecnológica. 2013. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy9zxynl02wx5ok0pvo4k359f3bo9.html>>. Acesso em: 15 maio de 2019.

FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. **Melhoramento de plantas para condições de estresses bióticos**. Viçosa, Editora: UFV, 2012, 250 p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. Brasília, DF : Embrapa, 2018. 356 p.

FERREIRA, Daniel Furtado. **Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs**. Revista Brasileira de Biometria, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FARIA JUNIOR, C. A.; FREITAS, P. S. L.; DALLACORT, R.; VORONIAK, J. M.; SOUZA, A. C. S.; MIOTO, L. S.; BARBIERI, J. D. Calibração dos coeficientes genéticos e simulação da produtividade do milho pipoca de segunda safra para Tangará da Serra, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**. Lisboa. v. 41, n.2, p.475-483, 2018.

FREITAS, I. L. J.; AMARAL JUNIOR, A. T.; VIANA, A. P.; PENA, G. F.; DA SILVA CABRAL, P.; VITTORAZZI, C.; SILVA, T. R. C. Ganho genético avaliado com índices de seleção e com REML/Blup em milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n.11, p.1464-1471, 2014.

GALVÃO, J. C. C.; SAWAZAKI, E.; MIRANDA, G. V. Comportamento de híbridos de milho-pipoca em Coimbra, Minas Gerais. **Revista Ceres**. Viçosa. v. 47, n.270, p. 200-2018, 2000.

IMB, Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos. **Cenário Socioeconômico e Ambiental - Estado de Goiás**. Goiânia: SEGPLAN, 2015, 84p. Disponível em: <<http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2015-04/estudo-do-cenario-socioeconomico-e-ambiental.pdf>> Acesso em: 30 de jan. 2020.

ISLA. Isla Sementes LTDA. Produtos, Hortaliças, 508 - **Milho-Pipoca Americano**. Americano, Porto Alegre. 2020. Disponível em: <<https://isla.com.br/produto/milho-pipoca-americano/508>> . Acesso em: 27 de jul. 2020.

KIST, B. B.; FILTER, C. F.; SANTOS, C. E.; CARVALHO, C. **Anuário brasileiro do milho**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz LTDA., 2019. 72 p. Disponível em: <[http://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wpcontent/uploads/2019/10/2019MILHO\\_Site.pdf](http://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wpcontent/uploads/2019/10/2019MILHO_Site.pdf)>. Acesso em: 15 de jan. 2020.

LIMA, V. J.; FREITAS JUNIOR, S. P.; SOUZA, Y. P.; SILVA, C. S.; FARIAS, J. E. C.; SOUZA, R. F.; CHAVES, M. M.; FEITOSA, J. V. Genetic gain capitalization in the first cycle of recurrent selection in popcorn at Ceará's Cariri. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, v.13, n.3, 2018.

MAGALHÃES, P. C.; OLIVEIRA, E.; GOMIDE, R. L.; VASCONCELOS, C. A.; SOUZA, R. P. Aspectos fisiológicos de plantas de milho infectadas por mollicutes sob diferentes níveis de água no solo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. Sete lagoas. v.13, n.3, p.293-301, 2001.

MAPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: **Cultivar Web**. Disponível em: <[http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas.php](http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php)> Acesso em: 31 abr. 2020.

MATOS, P. F.; PESSÔA, V. L. S. O Agronegócio No Cerrado Do Sudeste Goiano: Uma Leitura Sobre Campo Alegre de Goiás, Catalão e Ipameri. **Sociedade & Natureza**. Uberlândia. v. 24, n.1, p. 37-50, 2012.

MEENA, A. K.; CHOUHAN, D.; SINGH, D.; NEPALIA, V. Response of popcorn (*Zea mays everta*) varieties to varying plant densities and fertility levels. **Indian Journal of Agronomy**, v. 62, n. 1, p. 70-73, 2017.

OLIVEIRA, E. D.; FERNANDES, F.T., SOUZA, I.R.P.; OLIVEIRA, C.M.; CRUZ, I. **Enfezamentos, viroses e insetos vetores em milho – Identificação e controle**. Sete Lagoas: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Embrapa- Milho e Sorgo. Circular Técnica, 26, 2003, 65p.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K.T.; LIMA, C. J. G.S.; ALMEIDA JUNIOR, A. B.; AMÂNCIO, M. G. Desenvolvimento inicial do milho-pipoca irrigado com água de diferentes níveis de salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Pernambuco. v.4, n.2, p.149-155, 2009.

OLIVEIRA, G. H. F. D.; AMARAL, C. B. D.; REVOLTI, L. T. M.; BUZINARO, R.; MORO, G. V. Genetic variability in popcorn synthetic population. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 41, 2019.

PEREIRA, O. A. P. Doenças do milho. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2016. v. 2. 772 p.

RIBEIRO, R. M.; AMARAL JÚNIOR, A. T. D.; PENA, G. F.; VIVAS, M.; KUROSAWA, R. N.; GONÇALVES, L. S. A. Effect of recurrent selection on the variability of the UENF-14 popcorn population. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 2, p. 123-131, 2016.

SABATO, E. O.; LANDAU, E. C.; COELHO, A. M. Effect of the corn stunt Spiroplasma disease on maize production. In: Embrapa Milho e Sorgo-Resumo em anais de congresso (ALICE). **Acta Phytopathologica Sinica**, v. 43, p. 203-204, 2013.

SAWAZAKI, E.; DUARTE, A.P. Milho pipoca. Boletim 200 - **Informações agrícolas para as principais culturas econômicas**. Campinas: Instituto Agronômico, 2014. 452p.

SCAPIM, C. A.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; VIEIRA, R. A.; MOTERLE, L. M.; TEXEIRA, L. R., VIGANÓ, J.; JÚNIOR, G. B. S. Novos compostos de milho-pipoca para o Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 2, p. 321-329, 2010.

SENHORINHO, H. J. C.; COAN, M. M. D.; MARINO, T. P.; KUKI, M. C.; PINTO, R. J. B.; SCAPIM, C. A.; HOLLAND, J. B. Genomic-Wide Association Study of Popping Expansion in Tropical Popcorn and Field Corn Germplasm. **Crop Science**, v. 59, n. 5, p. 2007-2019, 2019.

VENCOVSKY, R.; CRUZ, C. D. Comparação de métodos de correção de rendimento de parcelas experimentais com estandes variados: I. Dados simulados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.26, n. 5, p. 647-657, 1991.

VENDRUSCOLO, E.C.G.; SCAPIM, C.A.; PACHECO, C.A.P.; OLIVEIRA, V.R.D.; BRACCINI, A.D.L.; VIDIGAL, M.C.G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca na região centro-sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. v.36, n.1, p.123-130, 2001.

VIEIRA, R. A.; ROCHA, R. D.; SCAPIM, C. A.; AMARAL JUNIOR, A. T. Recurrent selection of popcorn composites UEM-CO1 and UEM-CO2 based on selection indices. **Crop Breeding and Applied Biotechnolog**. v. 17, n. 3, p. 266-272, 2017.

VITORAZZI, C.; AMRAL JÚNIOR, T. A.; CANDIDO, L. S.; FREITAS, I. L. J.; SILVA, T.R.C. Arranjo populacional para a variedade uenf-14 de milho pipoca. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 3, p. 401-413, 2017.

VON PINHO, R. G.; BRUGNERA, A.; PACHECO, C. A. P.; GOMES, M. D. S. Estabilidade de cultivares de milho-pipoca em diferentes ambientes no estado de Minas Gerais. **Revista brasileira de Milho e Sorgo**. v.2, n.1, p.53-61, 2003.

**CAPÍTULO 2: ASPECTOS AGRONÔMICOS E FISIOLÓGICOS EM  
CULTIVARES DE MILHO PIPOCA (*Zea Mays* var. *Everta*) NO SUDESTE DE  
GOIÁS**

## RESUMO

A progressão da cultura de milho pipoca no Brasil depende da identificação de genótipos mais produtivos e tolerantes, além de mais estudos que gerem informações sobre o cultivo dessa variedade, de forma a possibilitar recomendações precisas do manejo para os diversos estados do país. O trabalho teve como objetivo identificar a melhor cultivar de milho pipoca para ser cultivada na época das águas, no Sudeste goiano, através de avaliações agronômicas e fisiológicas. O experimento foi instalado na área experimental da UEG, *Campus* Sudeste, unidade Ipameri, Ipameri-GO, em delineamento de blocos casualizados (DBC), com três cultivares e quatro repetições. Durante a condução foram avaliadas as variáveis agronômicas: G, EI, EF, AIP, AFP, AIE, DC, PA, PP, P1, P2, R1, NESP, NEC, CPE, FE, GF, M100, PROD, a porcentagem de sintomas de enfezamento vermelho e pálido; e a taxa de severidade das doenças. As variáveis fisiológicas foram as relacionadas com a fluorescência da clorofila *a*. A cultivar 'UENF-14', resultou na maior porcentagem plantas prolíferas (96%) e das médias de alturas final de plantas (228,7cm) e de altura inserção da espiga (95,9 cm), além de precocidade no pendoamento (56 dias) e embonecamento (71 dias); também demonstrou maior tolerância aos enfezamentos vermelho e pálido. O desempenho fotossintético do FSII da cultivar 'UENF-14' foi superior às demais cultivares com 0,681, seguidas por Formosa (0,666) e 'Americana' (0,636). Os resultados obtidos para as variáveis agronômicas, fitopatológicas e fisiológicas evidenciaram o melhor desempenho da cultivar 'UENF-14'.

**Palavra-chave:** Desempenho agronômico, Fluorescência clorofila *a*, Enfezamento, Fisiologia dos Cultivos.

## ABSTRACT

The progression of popcorn cultivation in Brazil depends on the identification of more productive and tolerant genotypes, in addition to more studies that generate information on the farming of this variety, in order to enable precise management recommendations for the different states of the country. The work aimed to identify the best popcorn corn cultivar to be cultivated during the water season, in Southeast Goiás, through agronomic and physiological evaluations. The experiment was installed in the experimental area of UEG, Campus Sudeste, Ipameri unit, Ipameri-GO, in a randomized block design (DBC), with three cultivars and four replications. Were evaluated the agronomic variables: G, EI, EF, AIP, AFP, IEA, DC, PA, PP, P1, P2, R1, NESP, NEC, CPE, FE, GF, M100, PROD, the percentage of symptoms of red and pale corn stunt; and the rate of disease severity. The physiological variables were related to the fluorescence of chlorophyll *a*. The cultivar 'UENF-14', resulted in the highest percentage of prolificacy plants (96%) and the average height of final plants (228,7 cm) and height of ear insertion (95,9 cm), in addition to precocious planting (56 days) and corn cob initial flowering (71 days); it also showed greater tolerance for red and pale corn stunt. The FSII of photosynthetic performance resulted the cultivar 'UENF-14' was superior to the other cultivars with 0,681, followed by Formosa (0,666) and 'Americana' (0,636). The results obtained for agronomic, phytopathological and physiological variables showed the best performance of the cultivar 'UENF-14'.

**Keyword:** Agronomic performance, Chlorophyll *a* fluorescence, Corn Stunt, Crop physiology.

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial demanda uma maior produção de alimentos, entretanto, a quantidade de áreas e recursos disponíveis são limitados, com isso, para a intensificação da produção deve - se recorrer as tecnologias agrícolas. Estudos visam inovações nos aspectos técnicos agrônômicos e genéticos, como o desenvolvimento de cultivares com alto potencial produtivo, e resistente a pragas e doenças; geração de organismos geneticamente modificados (OGM's); e maquinários avançados, como uma das soluções para a problemática (NEWTON, 2019). No entanto, existem elementos primários pouco explorados que necessitam de maiores explicações e que podem contribuir para o aumento da produtividade, a exemplo os aspectos fisiológicos e bioquímicos das plantas cultivadas.

O Brasil apresenta grande capacidade produtiva de alimentos, frente às condições favoráveis de solo e clima, em destaque para o bioma cerrado, que concentra grande parte da produção nacional, por possuir solo poroso, permeável e bem drenado, estações bem definidas e com bons níveis de pluviosidade, além de relevos planos de fácil mecanização (SANO et al., 2020). O país destaca-se na produção de grãos, sendo o terceiro maior exportador do mundo, com previsão de expansão de 27% na produção e de 15,3% em área plantada até 2030 (BRASIL, 2019). Na safra 2019/20 a área cultivada de grãos foi de 65.110 mil hectares, acrescida 2,9% em comparação à safra anterior, influenciada principalmente pelo crescimento das áreas de soja e milho, com isso, a produção de grãos deve atingir 251,8 milhões de toneladas, sendo a maior registrada (CONAB, 2020).

Dentre os grãos produzidos estão o milho, com uma produção nacional de 102 milhões de t ha<sup>-1</sup> em 2019/20, distribuída nos estados do Mato Grosso (31,3%), Paraná (16,7%), Goiás (10,4%), Mato Grosso do Sul (10,1%) e Minas Gerais (7,4%), os quais produziram 72,2 milhões de toneladas, que representou 75,8% da produção nacional (BRASIL, 2019; CONAB, 2020).

Entretanto, a variedade de milho pipoca é pouco cultivada pelos agricultores brasileiros, devido ao baixo investimento tecnológico, as tornando mais suscetíveis às pragas e doenças, quando comparada com o milho grão. A produção na safra 2018/19 foi de apenas 289 mil toneladas, em aproximadamente 67 mil hectares (KIST et al., 2019).

A espécie (*Zea mays* Everta) necessita de mais estudos que assegurem a produtividade em campo, pois, é uma excelente alternativa agrícola, devido ao alto valor agregado na saca de milho pipoca quando comparado ao milho comum, além do potencial à

exportação e possuir adaptação às diversas regiões brasileiras (SFAGRO, 2018). A ampla adaptação às diferentes regiões está relacionada aos seus componentes morfofisiológicos, planta  $C_4$ , anual, cespitosa, ereta, com baixo perfilhamento e monoica, caracterizada como uma das plantas mais eficientes no armazenamento de energia luminosa (MAGALHÃES et al., 2002).

Entretanto, a baixa variabilidade genética e o pequeno número de cultivares disponíveis no mercado, impede a expansão da cultura, logo a avaliação de cultivares distintas em diferentes locais possibilitará à identificação de materiais mais adaptados e estáveis a determinadas condições ambientais. No caso do milho pipoca, estudos indicaram bom desempenho de cultivares nos estados Minas Gerais, Rio de Janeiro, Pará e Mato Grosso, não havendo relatos para o estado de Goiás (FARIA et al., 2010; CABRAL et al., 2016; SOUSA et al., 2016; FARIA JUNIOR et al., 2019).

Para avaliar diferentes materiais genéticos de milho pipoca, visando identificar genótipos ou cultivares superiores, deve - se observar os atributos agronômicos, como tolerância a pragas e doenças, resistência ao tombamento, produtividade, qualidade e capacidade de expansão do grão. Porém, ao avaliar os aspectos fotossintéticos, os quais inferem diretamente nos fatores produtivos, deve-se observar os efeitos dos danos oxidativos que são induzidos mediante o aumento na severidade de estresses bióticos e abióticos; ou mesmo a inibição desses sistemas antioxidantes, que interferem nos processos bioquímicos das espécies vegetais (BHATTACHARJEE, 2010; TAIZ et al., 2017).

Uma das formas de mensurar as características fisiológicas é identificar o modo como a energia é absorvida pelas moléculas de clorofila nas folhas através do cálculo da emissão de fluorescência da clorofila *a*, permitindo caracterizar o nível de excitação no sistema do pigmento associado a transferência de elétrons do fotossistema II (BOLHÀR-NORDENKAMPF et al., 1989). As principais variáveis observadas nas medições da fluorescência da clorofila *a* são: fluorescência inicial ( $F_0$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), fluorescência variável ( $F_v$ ), máxima eficiência quântica do PSII ( $F_v/F_m$ ), eficiência de captura da energia de excitação pelos centros de reação abertos do PSII ( $F_v'/F_m'$ ), fluorescência constante ( $F'$ ), fluorescência máxima sob luz ( $F_m'$ ), fluorescência mínima adaptada à luz ( $F_0'$ ), coeficiente de extinção fotoquímico (qP) e coeficiente de extinção não-fotoquímica (NPQ) (KRAUSE & WEISS, 1991).

As alterações destas variáveis podem ser observadas antes que a planta manifeste sintomas de danos causados ao aparato fotossintético, como a senescência e amarelecimento das folhas, redução do crescimento e na área foliar, obtendo informações do que pode ter

causado a redução na produtividade (MATOS, 2020). No entanto, a capacidade de tolerar esses danos está associada à maior eficiência do sistema fotoprotetor do PSII (SILVA et al., 2006), assim considera-se benéfico identificar genótipos com maior capacidade de fotoproteção, de modo a escolher cultivares mais resistentes aos estresses abióticos.

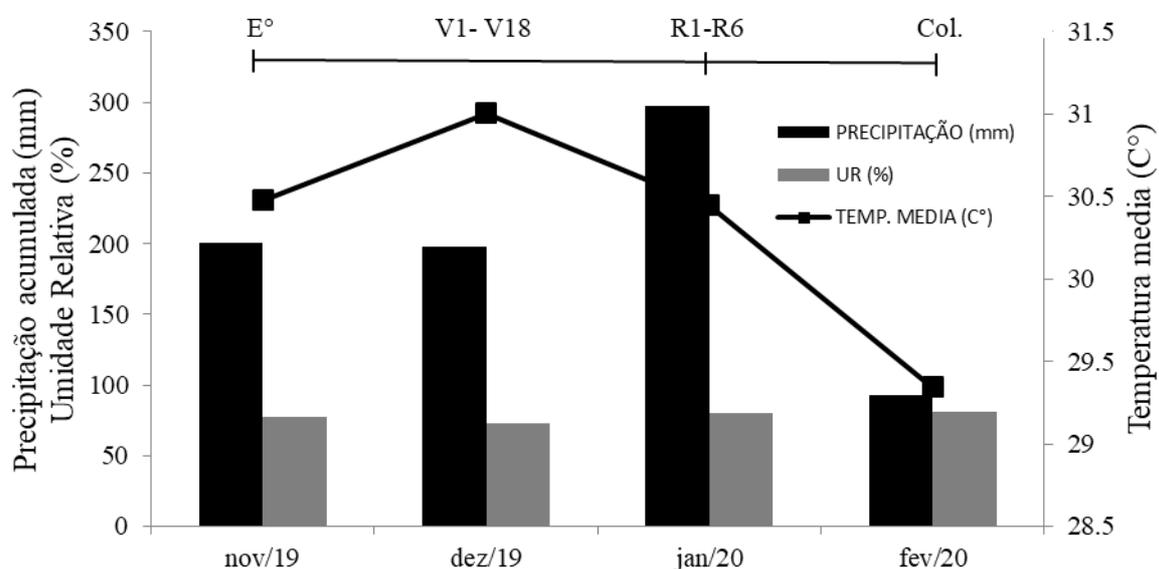
A integração do comportamento fisiológico do milho pipoca com a região de cultivo, neste caso, possibilita direcionar e afirmar melhor sobre a escolha da cultivar, época de semeadura, zoneamento e práticas de manejo específicas, além de detectar fatores estressantes, de ação indireta ou direta, no metabolismo vegetativo da cultura.

## **2 OBJETIVO**

O presente estudo teve como objetivo identificar a melhor cultivar de milho pipoca para ser cultivada na época das águas, no Sudeste goiano, através de avaliações agronômicas e fisiológicas.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado no dia 14 de novembro de 2019, na área experimental da UEG, cujas coordenadas geográficas da área são: 17° 42' 59,12" S, 48°08'40,49" W, e altitude de 773 m, localizada na Universidade Estadual de Goiás - UEG, *Campus* Sudeste, unidade Ipameri, Ipameri, GO. Essa região possui clima tropical com inverno seco e verão úmido (Aw) de acordo com a classificação de Köppen e temperatura média de 20 °C (ALVARES et al., 2013). As variações de temperatura média do ar e precipitação e umidade relativa durante a condução do experimento estão apresentadas na Figura 1.



**Figura 1.** Variações semanais de precipitação pluvial acumulada (mm), umidade relativa (%) e temperatura média (°C) no período de condução do experimento, na safra agrícola 2019/2020. Dados estação 83522, Ipameri-GO, INMET, 2020.

Foram avaliadas as seguintes cultivares: ‘UENF 14’, obtida pelo programa de melhoramento genético de milho pipoca da Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, ‘Americana’ adquirida pela empresa Isla Sementes, e uma variedade local cujas sementes foram doadas por agricultores de região de Formosa-GO, no caso foi intitulada por variedade Formosa.

**Tabela 1.** Característica das três cultivares de milho pipoca utilizados no experimento.

| CULTIVAR    | TIPO                       | CICLO | COR     | AFP           | AIE                         | PEN1                    |
|-------------|----------------------------|-------|---------|---------------|-----------------------------|-------------------------|
| ‘Americana’ | Híbrido Simples            | 120   | Amarelo | 150 cm        | -                           | 65                      |
| ‘UENF-14’   | Pop. de Seleção Recorrente | 120   | Amarelo | 182 cm        | 103 cm                      | 59                      |
| Formosa     | Salvamento de Sementes     | -     | -       | -             | -                           | -                       |
|             | CPE                        | FE    | MGE     | ESPAÇAMENTO   | PROD                        | INSTITUIÇÃO             |
| ‘Americana’ | 12-18 cm                   | 13    | 12,5 g  | 0,80 x 0,25 m | 3320.20 kg ha <sup>-1</sup> | Isla Sementes           |
| ‘UENF-14’   | 15,5 cm                    | 12    | 11,7g   | 0,60 x 0,18 m | 4023.30 kg ha <sup>-1</sup> | UENF - Darcy Ribeiro    |
| Formosa     | -                          | -     | -       | -             | -                           | Produtores Formosa - GO |

Altura final de plantas (AFP); Altura da inserção da espiga (AIE); Dias para início do pendão (PEN1); Comprimento da espiga (CPE); Número de fileiras por espigas (FE); Número de grãos por fileira (GF); Massa de 100 grãos por espiga (MGE); Produtividade total (PROD). **Fonte:** AMARAL JÚNIOR et al. 2013; ISLA, 2020.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 2018), e o preparo realizado foi o convencional. Realizou-se coleta de solo para análise em laboratório. As características químicas do solo são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Resultado da análise química da área experimental da Universidade Estadual de Goiás. UEG, Campus Morrinhos, Unidade Ipameri, safra 2019/20.

|                                    |       |        |                           |       |                                 |     |                        |      |                    |      |    |      |
|------------------------------------|-------|--------|---------------------------|-------|---------------------------------|-----|------------------------|------|--------------------|------|----|------|
| Ca                                 | Mg    | Al     | H+Al                      | K     | P                               | S   | Na                     | Zn   | B                  | Cu   | Fe | Mn   |
| ----- cmolc dm <sup>-3</sup> ----- |       |        | -- mg dm <sup>-3</sup> -- |       | ----- mg dm <sup>-3</sup> ----- |     |                        |      |                    |      |    |      |
| 4,8                                | 2,61  | 0,0    | 3,64                      | 145   | 20,6                            | 1,2 | 5,0                    | 0,12 | 0,12               | 0,12 | 72 | 13,9 |
| V                                  | Ca/Mg | Ca/CTC | Mg/CTC                    | K/CTC | pH                              |     |                        | CTC  |                    | MO   |    | C    |
| ----- % -----                      |       |        | -----                     |       | CaCl <sub>2</sub>               |     | cmolc dm <sup>-3</sup> |      | g dm <sup>-3</sup> |      |    |      |
| 68,1                               | 1,84  | 42,03  | 22,85                     | 3,26  | 5,8                             |     | 11,42                  |      | 39                 |      |    |      |

Ca = cálcio, Mg = magnésio, Al = alumínio, H = hidrogênio, K = potássio, P = fósforo, S = enxofre, Na = sódio, Zn = zinco, B = boro, Cu = cobre, Fe = ferro, Mn = manganês, V = saturação por bases, pH = potencial hidrogeniônico, CTC = capacidade de troca catiônica, MO = matéria orgânica, C = carbono.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com três cultivares e quatro repetições. Cada parcela experimental foi constituída por quatro linhas com 4 m de comprimento, com espaçamento de 0,90 m entre linhas e 0,25 m entre plantas na linha. A semeadura foi realizada no dia 15 de novembro de 2019 e a colheita em 13

fevereiro de 2020. Foram semeadas três sementes por cova, na profundidade de 0,05 m, com posterior desbaste aos 28 dias após a semeadura.

A adubação de plantio foi realizada incorporando ao solo: 20 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, 40 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio e 60 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples. Nas adubações de cobertura utilizou-se: 70 kg ha<sup>-1</sup> de ureia e 20 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio, parceladas em três aplicações, 30, 45 e 60 dias após a semeadura (COELHO, 2009).

Foram realizados os tratamentos fitossanitários de acordo com as necessidades da cultura, sendo eles o controle de formigas (*Atta* sp.) com distribuição de iscas granuladas Mirex – S (Sulfluramina). Aplicação do inseticida Decis ® 25 EC (30 mL 100 L<sup>-1</sup> de água) no controle de Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e o Galil® SC (300 mL ha<sup>-1</sup>) para o controle do Percevejo-barriga-verde (*Dichelops melacanthus*) e da Cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) e o controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capinas manuais.

### 3.1 Avaliações agronômicas

As variáveis para avaliação do desempenho agronômico foram: porcentagem de germinação (G) através do teste de canteiro conforme Brasil (2009), utilizando 4 repetições de 50 sementes; estande inicial (EI) pela contagem do número de plantas aos 57 dias após a emergência; estande final (EF), aos 104 dias; altura inicial (AIP), aos 57 dias após a emergência; altura final de plantas (AFP) aos 104 dias após a emergência; altura da inserção da espiga (AIE) com auxílio de trena milimétrica; diâmetro do colmo (DC) com auxílio de paquímetro; porcentagem de plantas acamadas (PA); porcentagem de plantas prolfieras (PP); porcentagem de plantas com pendão, início do pendoamento - 61 dias após a emergência (P1); porcentagem de plantas com pendão aos 74 dias após a emergência (P2); porcentagem de plantas no estágio de embonecamento (R1); número de espigas por parcela (NESP); comprimento da espiga (CPE) com auxílio de régua milimétrica; número de fileiras por espigas (FE); número de grãos por fileira (GF); número de espigas colhidas (NEC); massa de grãos por espiga (MGE); e produtividade total (PROD), que foi estimada pela colheita total da parcela de 12 m<sup>2</sup>. As análises de AIP, AFP, AIE, CPE, FE, GF, MGE e GA foram realizadas em seis plantas dentro da área útil de cada parcela; para as demais variáveis foi considera a parcela total.

A avaliação de enfezamento foi realizada nas duas linhas centrais do estande, observando-se o número de plantas com sintomas de enfezamento vermelho (fitoplasma) e número de plantas com sintomas de enfezamento pálido (espiroplasma) a fim de avaliar a

porcentagem de incidência da doença para as diferentes cultivares na população de plantas analisadas. A análise visual para presença do enfezamento foi dada pela sintomatologia descrita por Pereira (2016).

A análise da severidade das doenças foi quantificada pela escala de Sabato e Teixeira (2015), que são descritas por uma escala de 0 a 5, sendo as plantas classificadas como: (0) ausentes de sintomas; (1) sintomas em uma folha; (2) sintomas em 25% das folhas; (3) sintomas em até 50% das folhas; (4) sintomas em mais de 50% das folhas; (5) sintomas em várias folhas, redução no tamanho de internódios e altura, espigas pequenas.

### 3.2 Avaliações fisiológicas

Área foliar (AF) foi mensurada diretamente a partir da retirada da folha da espiga em seis plantas, utilizando-se o aparelho CI-202 Portable Laser Leaf Area Meter.

Os parâmetros de fluorescência da clorofila *a* foram determinados durante o período do escuro, às 4:00 h da manhã, por meio de um fluorômetro com pulso modulado portátil JUNIOR-PAM (Walz, Germany), com emissão de um pulso de luz saturante de 0,3 s, sob frequência de 0,6 KHz. Foi realizada a medição utilizando a folha da espiga. O horário que foram mensurados os parâmetros, permitiu que as plantas estivessem adaptadas ao escuro. As folhas foram inicialmente expostas a um fraco pulso de luz vermelho-distante ( $1-2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), para a determinação da mínima intensidade da fluorescência ( $F_0$ ). Em seguida, um pulso de luz saturante, com uma irradiância de  $6000 \mu\text{mol (fótons) m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e duração de 1 s, foi aplicado para estimar-se a fluorescência máxima ( $F_m$ ), e quando os centros de reação do FSII estavam fechados, obteve-se a fluorescência variável ( $F_v$ ). Em seguida, foi aplicado um pulso de luz saturante  $6000 \mu\text{mol (fótons) m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para, por 1 s, para obtenção de fluorescência máxima sob luz ( $F'$ ) e posterior ao pulso de luz vermelho distante, para a obtenção da fluorescência mínima adaptada à luz ( $F_0'$ ). Foram estimados, então, o coeficiente de extinção fotoquímica (qP), eficiência de captura de energia de excitação pelos centros de reação abertos do FSII ( $F_v'/F_m'$ ), coeficiente de extinção não-fotoquímica (NPQ) e a máxima eficiência quântica do transporte de elétrons do FSII (FSII). A eficiência fotoquímica máxima do FSII ( $F_v/F_m$ ) nas amostras aclimatadas no escuro também foi determinada. Os dados obtidos foram armazenados no fluorômetro e posteriormente computados utilizando-se o software WinControl-3.

Os dados foram submetidos à análise de variância e para comparação das médias utilizou-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2019).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados climáticos obtidos no campo experimental (Figura 1), constatou-se que houve precipitação pluviométrica ideal em todo ciclo da cultura, principalmente nos estádios vegetativos iniciais e reprodutivos, com um total acumulado de 788 mm. Houve também alta umidade relativa, uma vez que a exigência pluviométrica da cultura do milho é de no mínimo 550 mm. O levantamento das condições climáticas é importante para identificar possíveis problemas, principalmente nos primeiros estádios ( $V_1$ - $V_3$ ) de crescimento do milho, que pode afetar a produtividade da cultura, pois, nestes estádios define-se o potencial produtivo (MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

### 4.1 Avaliações Agronômicas

A qualidade das sementes utilizadas foi testada, com o intuito de estabelecer uma emergência uniforme em campo. No teste de germinação, observaram-se porcentagens de germinação para as cultivares Americana e UENF-14, de 90 e 86%, respectivamente, enquanto a variedade Formosa, apresentou germinação em torno de 70%, sendo este valor o percentual mínimo de germinação requerido para comercialização de sementes de milho pipoca (BRASIL, 2013).

A qualidade da semente interfere no desempenho inicial das culturas, para o fechamento do estande, uniformidade de crescimento, evitando ressemeaduras (MONDO et al., 2012). A baixa germinação da variedade Formosa, provavelmente advém da ausência de tecnologia dessas sementes, não se tem padrões da qualidade física, fisiológica, sanitária e genética. Para as cultivares testadas houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ), para as seguintes variáveis: germinação, estande final, altura inicial, altura final de plantas, e altura de inserção da espiga. Não foi observada diferença entre as cultivares para estande inicial (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância e médias de porcentagem para germinação (G), estande inicial (EI), aos 57 dias após a emergência; estande final (EF), aos 104 dias; altura inicial (AIP), aos 57 dias após a emergência; altura final de plantas (AFP) aos 104 dias após a emergência; altura da inserção da espiga (AIE), em três cultivares de milho pipoca sobas condições edafoclimáticas do Sudeste goiano. UEG, Campus Morrinhos, Unidade Ipameri, safra 2019/20.

| FV         | GL | G       | EI                 | EF     | AIP      | AFP      | AIE      |
|------------|----|---------|--------------------|--------|----------|----------|----------|
| Bloco      | 3  | 9,11    | 3,33               | 36,88  | 18,81    | 316,6    | 39,17    |
| Cultivares | 2  | 461,7** | 5,08 <sup>ns</sup> | 69,08* | 576,38** | 9559,5** | 1449,3** |
| Resíduo    | 6  | 9,16    | 22,50              | 9,63   | 51,62    | 119,7    | 114,1    |
| Média      |    | 81,89   | 62,33              | 55,66  | 62,91    | 176,1    | 75,35    |
| DMS        |    | 6,56    | 4,19               | 6,73   | 15,58    | 23,72    | 23,16    |
| CV (%)     |    | 3,7     | 3,11               | 5,58   | 11,42    | 6,21     | 14,17    |
| Cultivares |    | %       | -und-              |        |          | -cm-     |          |
| Americana  |    | 90 a    | 63 a               | 59 a   | 62,58 ab | 167,5 b  | 71,7 b   |
| UENF-14    |    | 86 a    | 62 a               | 56 ab  | 75,08 a  | 228,7 a  | 95,9 a   |
| Formosa    |    | 70 b    | 61 a               | 51 c   | 51,07 c  | 132,1 c  | 58,4 b   |

\*\* Significativo a 1% de probabilidade; \* Significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> Não Significativo; FV = Fator de variação; DMS = Diferença mínima significativa; GL = Graus de Liberdade. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Ao identificar a porcentagem de germinação abaixo de 90%, utilizou-se o maior número de sementes durante a semeadura do experimento, não identificando desta forma diferenças significativas entre as cultivares para a variável estande inicial (EI). Já para o estande final (EF), inúmeras interferências podem ocorrer até o estabelecimento final da cultura, dentre estas, o acometimento de pragas e doenças, a genética do material, condições climáticas, dentre outros (ARRIEL et al., 2019). A cultivar Americana apresentou o melhor desempenho, diferindo-se das demais, com a média de 59 plantas por estande, seguido pela UENF-14, que apresentou um valor médio intermediário de 56 plantas, enquanto, para a variedade Formosa observou-se o menor valor médio, 51 plantas (Tabela 2), no entanto deve-se destacar que acometimento dos fatores citados esteve presente na condução do experimento e logo houve a redução do estande final de forma geral, esses devem ser minimizados pelo manejo cultural adequado, ficando no máximo 3% de redução total.

A cultivar UENF-14 obteve os maiores valores de alturas: AIP, AFP e AIE com 75,08; 228,7 e 95,9 cm respectivamente, diferindo-se ( $p < 0,05$ ) das demais cultivares. Para as variáveis AIP e AFP, a cultivar Americana apresentou valor médio intermediário, enquanto a variedade Formosa apresentou os menores valores médios. Já para a variável AFP, não foi observada diferença significativa entre a cultivar Americana e a variedade

Formosa, ambas apresentaram o menor valor médio. As variáveis de altura também foram observadas por Sousa et al. (2016), que ao testarem diferentes cultivares de milho pipoca: Viçosa, Beija-Flor, IAC 112, Jade e Zélia, obtiveram médias de altura total em torno de 125 a 159 cm e da altura de inserção da espiga de 54 a 79 cm, com resultados próximos aos obtidos no presente trabalho para a cultivar Americana e a variedade Formosa, as quais apresentam característica de interesse para a mecanização da cultura. No entanto, Amaral Junior et al. (2013), ao avaliar os descritores morfológicos para ‘UENF-14’, verificaram altura de planta de 182 cm e altura de inserção da espiga de 103 cm, sendo 20% acima do valor encontrado pelos referidos autores.

Com relação às variáveis referentes ao crescimento vegetativo da planta, houve diferença significativa entre cultivares para: porcentagem de plantas proliferas (PP), início da emissão do pendão (P1), final do pendoamento (P2) e início do estágio R<sub>1</sub> ( $p < 0,05$ ). Já para as variáveis, diâmetro do colmo (DC) e porcentagem de plantas acamadas (PA) não houve significância (Tabela 3).

**Tabela 3.** Análise de variância e médias para diâmetro do colmo (DC), porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem de plantas proliferas (PP), porcentagem de plantas com pendão inicial (P1) aos 61 dias após a emergência, porcentagem de plantas com pendão final (P2) aos 74 dias após a emergência, porcentagem de plantas no estágio de embonecamento (R1) de três cultivares de milho pipoca nas condições edafoclimáticas do Sudeste goiano. UEG, Campus Morrinhos, Unidade Ipameri, safra 2019/20.

| FV         | GL | DC                  | PA                 | PP                   | P1                  | P2                 | R1                   |
|------------|----|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|----------------------|
| Bloco      | 3  | 7,24                | 2,52               | 160,9                | 1,19                | 47,63              | 44,55                |
| Cultivares | 2  | 12,61 <sup>ns</sup> | 3,58 <sup>ns</sup> | 1883,3 <sup>**</sup> | 60,75 <sup>**</sup> | 517,7 <sup>*</sup> | 489,25 <sup>**</sup> |
| Resíduo    | 6  | 3,21                | 1,02               | 72,22                | 2,52                | 69,63              | 36,14                |
| Média      |    | 18,3                | 1,08               | 72,50                | 4,25                | 75,75              | 16,5                 |
| DMS        |    | 3,88                | 2,19               | 18,43                | 3,44                | 18,09              | 13,03                |
| CV (%)     |    | 9,8                 | 9,58               | 11,72                | 37,4                | 10,93              | 36,43                |
| Cultivares |    | cm                  |                    |                      | -%-                 |                    |                      |
| Americana  |    | 18,07 a             | 0,5 a              | 68,1 b               | 2 b                 | 75,5 ab            | 9,5 b                |
| UENF-14    |    | 20,16 a             | 1,75 a             | 96,1 a               | 8,75 a              | 95,5 a             | 29,25 a              |
| Formosa    |    | 16,63 a             | 1,50 a             | 53,4 b               | 2,0 b               | 56,5 c             | 10,75 b              |

\*\* Significativo a 1% de probabilidade; \* Significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> Não Significativo; FV = Fator de variação; DMS = Diferença mínima significativa; GL = Graus de Liberdade. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O diâmetro do colmo e o número de plantas acamadas estão diretamente relacionados, quanto maior a incorporação no diâmetro do colmo menor os riscos de

tombamento, apesar de ser uma característica comum ao milho pipoca alta taxas de acamamento, a utilização de densidade ideais de plantas reduz esse fator (VITORAZZI et al., 2017), estes autores observaram valores médios de 13,90 cm para o colmo, sendo este valor inferior aos valores encontrados no presente trabalho. Ainda assim, condições edafoclimáticas desfavoráveis como a velocidade do vento, excesso de chuvas, solos mais arenosos, além do ataque de pragas podem favorecer o tombamento, fatores esses que não interferiram no presente trabalho, uma vez que não foi observada diferença entre as cultivares, e uma taxa de acamamento de no máximo 1,75%.

Em relação à prolificidade, materiais de milho pipoca apresentam altas taxas ao milho comum, no qual essa característica é considerada como benéfica. A prolificidade é importante e deve ser evidenciada, pois maior prolificidade interfere no incremento da produtividade. Nunes et al. (2015) compararam nove híbridos de milho pipoca (Beija-Flor, Branco, CMS 42, CMS 43, IAC 112, Rosa-Claro, RS 20, Viçosa e Zélia) e diferentes épocas de semeadura, e a taxa de prolificidade interferiu no aumento final do rendimento de grãos em Coimbra-MG. Para cultivar UENF-14, foi verificada a maior porcentagem média de plantas prolíferas, 96%, diferindo-se das demais cultivares, as quais não diferiram entre si, apresentando os menores valores médios, 68 e 53%, respectivamente, para ‘Americana’ e a variedade Formosa.

As variáveis que determinam o final do estágio V18 e início do estágio reprodutivo são: início da emissão do pendão (P1), final do pendoamento (P2) e início do estágio R1 (MAGALHAES; DURÃES, 2006), desta forma, observou-se no presente trabalho uma floração masculina (pendão) mais precoce e uniforme com 56 dias e a floração feminina (emissão do estilo-estigma pela espiga - R1) com 71 dias, na cultivar UENF -14, diferindo-se 4-5 dias das demais cultivares.

Segundo Amaral Junior et al. (2013) a floração da cultivar UENF-14 ocorre entorno de 59 dias após semeadura, nas condições de cultivo do estado do Rio de Janeiro. Nas condições de cultivo do presente trabalho ocorreram dois fatores que diferem das condições do Rio de Janeiro, a altitude de 773 m e a amplitude térmica. Foram identificadas temperaturas médias de 29-31°C (Figura 1), logo, mesmo que as cultivares possuam melhor eficiência fotossintética, em temperaturas média diária acima de 26° C, estas podem acelerar o processo de florescimento e enchimento de grãos, ou mesmo causar danos ao fotossistema, com isso há redução no ciclo da planta e normalmente queda de produtividade pelo excessivo desgaste energético (DIDONET et al., 2002).

Em relação às variáveis relacionadas à produtividade, observou-se diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as cultivares para todas as variáveis analisadas (Tabela 4).

**Tabela 4.** Análise de variância e médias para número de espigas por parcela (NESP), número de espigas colhidas (NEC), comprimento da espiga (CPE), número de fileiras por espigas (FE), número de grãos por fileira (GF), massa de 100 grãos (M100), produtividade total (PROD) de três cultivares de milho pipoca nas condições edafoclimáticas do Sudeste goiano. UEG, Campus Morrinhos, Unidade Ipameri, safra 2019/20.

| FV         | GL | NESP     | NEC      | CPE     | FE      | GF                  | M100     | PROD        |
|------------|----|----------|----------|---------|---------|---------------------|----------|-------------|
| Bloco      | 3  | 375,41   | 15,19    | 0,864   | 0,343   | 1,46                | 18,09    | 42005,7     |
| Cultivares | 2  | 2756,3** | 3572,6** | 28,91** | 2,74*   | 109,49**            | 242,67** | 3188720,1** |
| Resíduo    | 6  | 121,0    | 71,36    | 1,13    | 0,439   | 4,5                 | 21,52    | 31008,8     |
| Média      |    | 86,58    | 40,41    | 15,19   | 12,51   | 32,03               | 21,97    | 1072,25     |
| DMS        |    | 23,85    | 18,32    | 2,31    | 1,43    | 4,6                 | 10,06    | 381,90      |
| CV (%)     |    | 12,7     | 20,9     | 7,02    | 5,3     | 6,62                | 21,11    | 16,42       |
| Cultivares |    | -und-    | cm       | -und-   | g       | kg ha <sup>-1</sup> |          |             |
| Americana  |    | 87 b     | 31 b     | 15,91 a | 13,4 a  | 35 a                | 22,30 ab | 781,5 b     |
| UENF-14    |    | 113 a    | 74 a     | 17,15 a | 12,3 ab | 35 a                | 29,59 a  | 2.074,23 a  |
| Formosa    |    | 60 c     | 17 b     | 12,22 b | 11,7 c  | 26 b                | 14,02 b  | 361,0 c     |

\*\* Significativo a 1% de probabilidade; \* Significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> Não Significativo; FV = Fator de variação; DMS = Diferença mínima significativa; GL = Graus de Liberdade. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na avaliação do número de espigas (NESP), foi possível observar o potencial produtivo das cultivares, destacando-se a ‘UENF-14’, posteriormente ‘Americana’ e Formosa, como médias de 113, 87 e 60 espigas por parcela, respectivamente. A diferença entre as cultivares tornou-se mais evidente quando se observou o decréscimo da quantidade de espigas efetivamente colhidas (NEC), as reduções foram de 64% para ‘Americana’, 34% para UENF-14 e 71% para a variedade Formosa. Essa redução se deve provavelmente, ao agravamento dos sintomas do enfezamento até o final do ciclo, em que há a ocorrência do nanismo de plantas, redução da área fotossintética ativa, abortamento floral e morte de plantas (SABATO; TEIXEIRA, 2015).

Foi observada uma redução no valor médio de todas as variáveis relacionadas à produtividade para variedade Formosa, com o comprimento médio de espigas (CPE) de 12,22 cm, número de fileiras de grãos por espiga (FE) de 11,7 e número de grãos por fileira (GF) de 26, apresentando os menores valores, diferindo-se das demais cultivares. Essas características não diferiram entre as cultivares Americana e UENF-14, com 15,91; 17,15 cm para CPE, 13,4; 12,3 para FE e 35,0; 35,0 para GF, respectivamente.

Para a massa de 100 grãos (M100) e a produtividade total. Destaca-se a cultivar UENF-14 com valores de 29,59 g e 2.074,23 kg ha<sup>-1</sup>, diferindo-se das demais cultivares. A ‘Americana’ apresentou valores intermediários, M100 de 22,30 g e produtividade de 781,5 kg ha<sup>-1</sup>. Enquanto a variedade Formosa obteve os menores valores, com M100 de 14,02g e produtividade de 361,0 kg ha<sup>-1</sup>. Entretanto, em híbridos de três cultivares de milho pipoca, IAC112, ZELIA e JADE, Sousa et al. (2016), obtiveram valores de produtividade e massa de 100 grãos inferiores aos obtidos para a UENF-14, mas superiores aos valores obtidos para as demais cultivares avaliadas, com 1.0409,55 kg ha<sup>-1</sup> para a IAC 112, 1.492,40 kg ha<sup>-1</sup> para a Zélia e 1.531,80 kg ha<sup>-1</sup> para a Jade, e uma média de peso de 100 grãos de 12,45g.

Os resultados obtidos para ‘UENF 14’ diferem do encontrado por Vitoranzzi et al. (2017), no qual utilizaram-se o mesmo espaçamento (0,90 m), entretanto obtiveram rendimento superiores para produtividade, 3.077,7 kg ha<sup>-1</sup> e inferiores para M100 de 14,92 g.

Em relação à presença dos sintomas dos enfezamentos, observou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as cultivares (Tabela 5).

O enfezamento vermelho foi predominante e muito mais severo em relação ao enfezamento pálido, a severidade da doença atingiu a escala máxima (5) na cultivar Americana e na variedade Formosa. Vale ressaltar que houve a transmissão simultânea de fitoplasmas e espiroplasmas pela cigarrinha. A dupla infecção indica a variabilidade entre isolados e combinação de mollicutes para a transmissão (OLIVEIRA et al., 2015). A cultivar UENF-14, demonstrou-se mais tolerante a patogenicidade dos mollicutes, com a presença do enfezamento vermelho em 23,3% das plantas e do pálido em 2,87%, além da severidade apresentar-se reduzida, com escalas de 2,5 para enfezamento vermelho e 0,55 para o pálido (Tabela 5).

Esse comportamento se justifica pela variabilidade existente entre as cultivares, porém Sabato et al. (2013a), também detectaram alta incidência da doença (60%) na região de Sete Lagoas-MG, com severidade de 72,4%, correlacionando-se a escala 4, utilizada no trabalho. A intensificação dos efeitos das doenças causadas por esses patógenos sobre o desenvolvimento das plantas é característico á diversas regiões de cultivo no Brasil onde o milho é cultivado (SABATO et al., 2020).

No geral há baixa resistência dos genótipos de milho pipoca ao enfezamento, e condições ambientais ideais permitem o bom desenvolvimento do vetor (*Dalbulus maidis*) potencializando, desta forma, a taxa de disseminação da doença e sua manifestação, sendo essas ambientes ideais a temperatura acima de 22°C (SABATO et al., 2013b; SABATO e

TEIXEIRA; 2015), condições estas, observadas durante a condução em campo do presente trabalho.

**Tabela 5.** Análise de variância e médias da porcentagem (%) do enfezamento vermelho (EV) e pálido (EP) e taxa de severidade das doenças em três cultivares de milho pipoca nas condições edafoclimáticas do Sudeste goiano. UEG, Campus Morrinhos, Unidade Ipameri, safra 2019/20.

| FV         | GL | Enfezamento Vermelho | Enfezamento Pálido | Severidade Enfez. Vermelho | Severidade Enfez. Pálido |
|------------|----|----------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------|
| Bloco      | 3  | 618,94               | 35,76              | 0,083                      | 0,201                    |
| Cultivares | 2  | 2385,94*             | 793,24**           | 10,08**                    | 10,72**                  |
| Resíduo    | 6  | 319,56               | 42,64              | 0,083                      | 0,617                    |
| Media      |    | 49,34                | 19,10              | 4,08                       | 2,35                     |
| DMS        |    | 38,76                | 14,16              | 0,626                      | 1,70                     |
| CV (%)     |    | 36,22                | 34,19              | 7,07                       | 33,45                    |
| Cultivares |    | -%-                  |                    |                            |                          |
| Americana  |    | 53,45 ab             | 26,31 b            | 5 b                        | 2,75 b                   |
| UENF-14    |    | 23,13 a              | 2,87 a             | 2,25 a                     | 0,55 a                   |
| Formosa    |    | 74,45 c              | 28,11 b            | 5 b                        | 3,75 b                   |

\*\* Significativo a 1% de probabilidade; \* Significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> Não Significativo; FV = Fator de variação; DMS = Diferença mínima significativa; GL = Graus de Liberdade. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

#### 4.2 Avaliações Fisiológicas

Para análises fisiológicas, houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para todas as variáveis avaliadas, exceto para fluorescência mínima adaptada à luz. Em síntese, a cultivar UENF-14 apresentou os melhores resultados em quase todas as características fisiológicas avaliadas (Tabela 6).

**Tabela 6.** Análise de variância e médias para área foliar (AF) em cm<sup>2</sup>, fluorescência mínima (F<sub>0</sub>), fluorescência máxima (F<sub>m</sub>), fluorescência máxima sob luz (F'), fluorescência mínima adaptada à luz (F<sub>0</sub>'), coeficiente de extinção fotoquímica (qP), eficiência do FSII (F<sub>v</sub>'/F<sub>m</sub>'), coeficiente de extinção não-fotoquímica (NPQ), máxima eficiência quântica do FSII (FSII), máxima do FSII (F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>) de três cultivares de milho pipoca nas condições edafoclimáticas do Sudeste goiano. UEG, Campus Morrinhos, Unidade Ipameri, safra 2019/20.

| FV         | GL | AF         | F <sub>0</sub> | F <sub>m</sub> | F <sub>0</sub> '   | F <sub>m</sub> ' | qP      | NPQ      | F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub> | F <sub>v</sub> '/F <sub>m</sub> ' | FSII    |
|------------|----|------------|----------------|----------------|--------------------|------------------|---------|----------|--------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Bloco      | 3  | 418,07     | 3,731          | 23,01          | 3,37               | 9,43             | 0,00024 | 0,00002  | 0,00006                        | 0,00008                           | 0,0003  |
| Cultivares | 2  | 69389,21** | 24,49*         | 270,81**       | 3,79 <sup>ns</sup> | 337,16**         | 0,0055* | 0,00032* | 0,0038**                       | 0,0049**                          | 0,0020* |
| Resíduo    | 6  | 226,22     | 3,49           | 11,88          | 2,16               | 7,40             | 0,00064 | 0,00004  | 0,00009                        | 0,0001                            | 0,0004  |
| Média      |    | 456,64     | 14,76          | 62,50          | 13,16              | 61,02            | 0,882   | 0,020    | 0,781                          | 0,771                             | 0,661   |
| DMS        |    | 32,61      | 4,05           | 7,47           | 3,19               | 61,02            | 0,055   | 0,013    | 0,020                          | 0,026                             | 0,042   |
| CV (%)     |    | 3,29       | 12,66          | 5,52           | 11,18              | 4,46             | 2,89    | 29,31    | 1,19                           | 1,59                              | 2,96    |
| Cultivares |    |            |                |                |                    |                  |         |          |                                |                                   |         |
| Americana  |    | 433,87 b   | 17,16 a        | 60,27 b        | 14,16              | 58,50 b          | 0,890ab | 0,030 b  | 0,772 b                        | 0,751 b                           | 0,636 b |
| UENF-14    |    | 598,26 a   | 12,22 b        | 71,61 a        | 12,22              | 71,20 a          | 0,841 b | 0,013 a  | 0,815 a                        | 0,812 a                           | 0,681 a |
| Formosa    |    | 337,81 c   | 14,88ab        | 55,61 b        | 13,11              | 53,37 b          | 0,914 a | 0,017 a  | 0,755 b                        | 0,751 b                           | 0,666ab |

\*\* Significativo a 1% de probabilidade; \* Significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> Não Significativo; FV = Fator de variação; DMS = Diferença mínima significativa; GL = Graus de Liberdade. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As variáveis fisiológicas evidenciaram o comportamento agrônomo da cultivar UENF-14, a qual apresentou a manutenção do crescimento foliar ao longo do ciclo até atingir um valor máximo de 598,26 cm<sup>2</sup>, mensurado no início do período de enchimento de grãos. Enquanto para as demais cultivares foi observado a menor área foliar, provavelmente ocasionado pela interferência do enfezamento no desenvolvimento da cultura. A variável área foliar, por si é indicativa de potencial fotossintético da planta inteira por representar a superfície de captação de energia luminosa e conseqüentemente, assimilação de carbono. A menor área foliar no presente estudo contribuiu para o menor acúmulo de matéria seca total e de grão, e conseqüentemente, para os menores rendimentos fotossintéticos.

Para a variável F<sub>0</sub>, o maior valor observado foi para a cultivar Americana (17,2), diferindo-se das demais, que pode ser indicativo de manutenção dos centros de reação do PSII abertos, com isso há um alto gasto energético buscando adaptar às condições fotoinibitórias provenientes do ambiente, o que diferiu da cultivar UENF-14 que obteve menor valor podendo indicar fotoproteção. Em contraste, ao avaliar a fluorescência máxima (F<sub>m</sub>), a cultivar 'UENF-14' apresentou a maior taxa com 71,61, superando em 15,8% a 'Americana' e em 22,4% a Formosa. Os valores de F<sub>m</sub> foram elevados valores o que caracteriza alta capacidade de fotorredução da Q<sub>a</sub> (Quinona), estes quando menores podem

estar relacionados à inativação do PSII nas membranas tilacoidais, danificando diretamente o fluxo de elétrons entre os fotossistemas (DE LAS RIVAS; BARBER, 1997; BULKHOV et al., 1999) demonstrando boa capacidade fotoquímica.

O rendimento quântico máximo do PSII, calculado pela razão  $F_v/F_m$ , resulta na dissipação fotoquímica de energia e indica a eficiência de captura desta energia de excitação pelos centros de reação abertos do PSII (KRAUSE; WEIS, 1991), logo a performance fotossintética da planta. O declínio da relação  $F_v/F_m$  pode indicar danos fotoinibitórios quando plantas estão sujeitas a estresses do ambiente incluindo frio e seca. Os maiores valores foram observados nas cultivares 'UENF-14' (0,82) e 'Americana' (0,77), com destaque para a 'UENF-14', a qual manteve a razão  $F_v/F_m$  próxima ao limite máximo de 1,0. Segundo Bolhàr-Nordenkampf et al. (1989). Entretanto, a variedade Formosa apresentou menor valor (0,75), que é o limítrofe para o rendimento ideal, o que reflete os danos severos causados pelo enfezamento, adensamento adotado, a redução da área foliar e da altura de plantas, e por fim na produtividade da cultivar.

Lu e Zhang (2000), em plantas de milho em diferentes concentrações de NN, encontraram que a razão  $F_v/F_m$  de 0,81 quando há boa disponibilidade, mas, submetidas à deficiência de N, reduziu-se para 0,767. Os valores apresentados por  $F_v/F_m$  pode ser associados ao cálculo de  $F_v'/F_m'$  que apresentaram comportamento semelhante, e representam a estimativa da máxima eficiência com o qual o PSII realiza a fotoquímica para uma dada intensidade de luz. (SCHREIBER et al., 1994; DEMMIG-ADAMS et al. 2012).

Verificou-se variações nos valores dos coeficientes de extinção fotoquímico ( $q_P$ ) e não-fotoquímico (NPQ) entre as cultivares, em decorrência do fluxo de fótons fotossintéticos. Na análise do  $q_P$ , foi encontrado o maior valor (0,91) para a cultivar Formosa, no entanto, nenhuma cultivar encontrou-se valores de  $Q_a$  (Quinona) completamente reduzido, ou seja, igual a 1. Em estudos com gramíneas tropicais, Silva et al. (2006), indicou que em valores abaixo de 0,4, as plantas apresentam indícios de danos às proteínas do complexo fotossintético, o que não ocorreu em nenhuma cultivar avaliada no presente trabalho.

Observou-se menores valores para dissipação da energia de excitação na forma de calor (NPQ) nas cultivares 'UENF-14' (0,01) e Formosa (0,02), e maiores valores para a 'Americana' (0,03). Entretanto, todos os valores encontrados são considerados baixos, semelhantes a Silva et al. (2006). Portanto o aparelho fotossintético dessas cultivares não foi danificado pela ocorrência de fotoinibição, logo estão utilizando mais energia fotoquímica da fotossíntese. O ambiente de cultivo foi ideal e as plantas não necessitaram de regulação

fotoprotetora, que é dada pela dissipação da energia absorvida em excesso em razão do aumento no gradiente de prótons entre o lúmen e o estroma do cloroplasto (Maxwell & Johnson, 2000).

Os resultados observados para as variáveis de fluorescência das três cultivares permitem inferir que a ‘UENF-14’ apresenta o aparelho fotossintético mais eficiente (FSII), às condições de cultivos da região. A área foliar bem desenvolvida reflete na manutenção do dossel foliar até o final do enchimento de grãos, com isso a disponibilidade de fotoassimilados para o dreno (grãos pipoca) infere na maior produtividade da respectiva cultivar.

## 5 CONCLUSÃO

Nas condições edafoclimáticas do Sudeste goiano, o cultivo de milho pipoca é viável quando utilizado o manejo adequado e a cultivar indicada. A cultivar UENF-14 apresentou-se superior em todas as variáveis agronômicas, maior tolerância ao enfezamento, e demonstrou capacidade de tolerar os danos abióticos, devido à maior eficiência do sistema do PSII, sendo recomendada sua produção no Sudeste goiano.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AMARAL JÚNIOR, A. T.; GONÇALVES, L. S. A.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; CANDIDO, L. S.; VITTORAZZI, C., PENA, G. F.; RIBEIRO, R. M.; SILVA, T. R.C.; PEREIRA, M. G.; CARLOS ALBERTO SCAPIM, C.A.; VIANA, A.P.; CARVALHO, G. F. UENF 14: a new popcorn cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 13, n. 3, p. 218-220, 2013.

ARRIEL, F. H.; COMPAGNON, A. M.; NETO, A. M. P.; VENTURA, G. S.; CINTRA, P. H. M. Desempenho Agronômico Do Milho Em Função Do Espaçamento Entrelinhas E Estande De Plantas. **Científic@-Multidisciplinary Journal**, v. 6, n. 1, p. 34-48, 2019.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. 395 p.

BHATTACHARJEE, S. Sites of generation and physicochemical basis of formation of reactive oxygen species in plant cell. In: GUPTA, S.D. **Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants**. Enfield: Science Publishers, 2010. p. 1-30.

BOLHÀR-NORDENKAMPF, H.R.; LONG, S.P., BAKER, N.R., et al. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. **Functional Ecology**, v.3, p.497-514, 1989.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Projeções do Agronegócio : Brasil 2018/19 a 2028/29 projeções de longo prazo**. MAPA, Secretaria de Política Agrícola. – Brasília: MAPA/ACE, 2019. 126 p.

BRASIL; MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Padrões para a produção e a comercialização de sementes de milho (*Zea mays* L.) Variedades. Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. **Diário Oficial da União**, 2013.

BULKHOV, N.; WIESE, C.; NEIMANIS, S. et al. Heat sensitivity of chloroplasts and leaves: Leakage of protons from thylakoids and reversible activation of cyclic electron transport. **Photosynthesis Research**, v.59, p.81-93, 1999.

CABRAL, P. D. S.; AMARAL JÚNIOR, A. T. D.; FREITAS, I. L. D. J.; RIBEIRO, R. M.; SILVA, T. R. D. C. Relação causa e efeito de caracteres quantitativos sobre a capacidade de expansão do grão em milho-pipoca. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 1, p. 108-117, 2016.

COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho**. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Sete Lagoas: Embrapa CNPMS, 2006. Circular Técnica, 78. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/490410/1/Circ78.pdf>>. Acesso em: 15 maio de 2019.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos –Safra 2019/20, v.7, n.7. Sétimo levantamento, Brasília, 2020, 66 p. Disponível em: <

[https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/31573\\_06a33dea1d278bc862e3efce50226386](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/31573_06a33dea1d278bc862e3efce50226386)>. Acesso em: 09 maio. 2020.

COTAPEL. Cooperativa Agrícola Tapejara Ltda. **Cotações Milho Pipoca: 29/05/2020, valor: R\$ 60,00.** Tapejara, RS. 2020. Disponível em: <[http://www.cotapel.com.br/cotacao.php?pCot\\_id=5](http://www.cotapel.com.br/cotacao.php?pCot_id=5)>. Acesso em: 29 de maio de 2020.

DE LAS RIVAS, J.; BARBER, J. Structure and thermal stability of photo system II reaction centers studied by infrared spectroscopy. **Biochemistry**, v.36, p.8897-8903, 1997.

DEMMIG-ADAMS, B.; COHU, C.M.; MULLER, O.; ADAMS III W.W. Modulação da eficiência de conversão de energia fotossintética na natureza: de segundos a estações. **Pesquisa em Fotossíntese**, v. 113, n. 1-3, p. 75-88, 2012.

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; MARIO, J. L.; IDE, F. Efeito da radiação solar e temperatura na definição do número de grãos em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 7, p. 933-938, 2002.

FARIA JUNIOR, C. A.; DALLACORT, R.; DE FREITAS, P. S. L.; BARBIERI, J. D.; REZENDE, R. Coeficiente dual de cultivo do milho pipoca em Tangará da Serra–MT. **IRRIGA**, v. 24, n. 3, p. 473-485, 2019.

FARIA, V. R.; VIANA, J. M. S.; MUNDIM, G. B.; SILVA, A. D. C.; CÂMARA, T. M. M. Adaptabilidade e estabilidade de populações de milho-pipoca relacionadas por ciclos de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 12, p. 1396-1403, 2010.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Históricos Climáticos de Goiás.** Brasília, DF: INMET, 2020. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 11 março de 2020.

ISLA. Isla Sementes LTDA. Produtos, Hortaliças, 508 - **Milho-Pipoca Americano.** Americano, Porto Alegre. 2020. Disponível em: <<https://isla.com.br/produto/milho-pipoca-americano/508>> . Acesso em: 27 de jul. 2020.

KIST, B.B.; FILTER, C.F.; SANTOS, C.E.; CARVALHO, C. **Anuário brasileiro do milho.** Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz LTDA., 2019. 72 p. Disponível em: <[http://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wpcontent/uploads/2019/10/2019MILHO\\_Site.pdf](http://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wpcontent/uploads/2019/10/2019MILHO_Site.pdf)>. Acesso em: 15 de jan. 2020.

KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review Plant Physiology. Plant Molecular Biology**, v.42, p.313-349, 1991.

LU, C.; ZHANG, J. Photosynthetic CO<sub>2</sub> assimilation, chlorophyll fluorescence and photoinhibition as affected by nitrogen deficiency in maize plants. **Plant Science**, Limerick, v.151, p.135-143, 2000.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. **Fisiologia da produção de milho.** Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E). 2006.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. Fisiologia do milho. **Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica**, 2002.

MATOS, F. S. **Folha Seca: Introdução a Fisiologia Vegetal**. Curitiba, 1 ed. Editora Appris, 2020, 189 p.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G.N. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v.51, n.345, p.659-668, 2000.

MONDO, V. H. V.; CICERO, S. M., DOURADO-NETO, D., PUPIM, T. L., DIAS, M. A. N. Maize seed vigor and plant performance. **Journal of Seed Science**, v. 34, n. 1, p. 143-155, 2012.

NEWTON, D. E. **Spotlight On Current Events: Essays on Contemporary World Issues**, Santa Barbara: ABC-CLIO, LLC, 2019, p. 61.

NUNES, H. V.; MIRANDA, G. V.; DE SOUZA, L. V.; GALVÃO, J. C. C.; COIMBRA, R. R. Comportamento de cultivares de milho-pipoca em diferentes épocas de semeadura. **Ceres**, v. 50, n. 290, 2015.

OLIVEIRA, E.; LANDAU, C. E.; MORAIS DE SOUSA, S. Simultaneous transmission of phytoplasma and Spiroplasma by Dalbulus maidis leafhopper and symptoms of infected

SABATO, E. O.; GALVÃO, S. R.; LANDAU, E. C. Effects of environmental temperature on the corn stunt Spiroplasma disease. In: **Embrapa Milho e Sorgo-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. Acta Phytopathologica Sinica, v. 43, p. 203, 2013b.

SABATO, E. O.; LANDAU, E. C.; COELHO, A. M. Effect of the corn stunt Spiroplasma disease on maize production. In: Embrapa Milho e Sorgo-Resumo em anais de congresso (ALICE). **Acta Phytopathologica Sinica**, v. 43, p. 203-204, 2013, 2013a.

SABATO, E. O.; TEIXEIRA, F. F. Processos para avaliação da resistência genética de genótipos de milho aos enfezamentos causados por mollicutes. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, Sete Lagoas, MG, 2015. ISSN 1679-1150.

SABATO, E. O.; LANDAU, E. C.; BARROS, B. A.; OLIVEIRA, C. M. Differential transmission of phytoplasma and Spiroplasma to maize caused by variation in the environmental temperature in Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, v.1, 2020.

SANO, E. E.; BETTIOL, G. M.; MARTINS, E. D. S.; COUTO JÚNIOR, A. F.; VASCONCELOS, V.; BOLFE, E.; VICTORIA, D. D. C. Cap. 1. Características gerais da paisagem do Cerrado. Embrapa Informática Agropecuária. In: BOLFE, E. L.; SANO, E. E.; CAMPOS, S. K. (Ed.). **Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 1, cap. 1, p. 21-37.

SCHREIBER, U.; BILGER, W.; NEUBAUER, C. Chlorophyll Fluorescence as a Noninvasive Indicator for Rapid Assessment of In Vivo Photosynthesis. In: **Ecophysiology of photosynthesis**. (eds.) SCHULZE, E.D.; CALDWELL, M.M. Springer, New York, 1994. 49 p.

SFAGRO. **Milho pipoca atrai produtores que buscam maior renda e diversificação de culturas**. 2018. Disponível em: < [https://www.agrolink.com.br/noticias/milho-pipoca-atrai-produtores-que-buscam-maior-renda-e-diversificacao-de-culturas\\_404907.html](https://www.agrolink.com.br/noticias/milho-pipoca-atrai-produtores-que-buscam-maior-renda-e-diversificacao-de-culturas_404907.html) >. Acesso em: 15 de fev. 2020.

SILVA, M. M. P.; VASQUEZ, H. M.; BRESSAN-SMITH, R.; SILVA, J. F. C.; ERBESDOBLER, E. D. A.; ANDRADE JUNIOR, P. S. C. Eficiência fotoquímica de

gramíneas forrageiras tropicais submetidas à deficiência hídrica1. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 67-74, 2006.

SOUSA, H. M. V.; CAMARA, T. M. M.; OLIVIERA, N. N. S.; SILVA, C. R. N. Desempenho agrônômico de genótipos de milho pipoca no Nordeste do estado do Pará. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n.2, p. 305-317, 2016

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora. 2017, 858 p.

VITORAZZI, C.; MARAL JÚNIOR, A. T.; CANDIDO, L. S., FREITAS, I. L. J.; SILVA, T. R.C. Arranjo populacional para a variedade uenf-14 de milho pipoca. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 3, p. 401-413, 2017.

**CAPÍTULO 3: DESEMPENHO AGRONÔMICO E DIVERGÊNCIA GENÉTICA  
ENTRE TRÊS CULTIVARES DE MILHO PIPOCA (*Zea Mays* var. *Everta*)  
CULTIVADAS EM DOIS LOCAIS**

## RESUMO

O desempenho das cultivares de milho pipoca difere com os locais de cultivo, de forma que a mesma cultivar não apresenta o mesmo resultado consistente em todos os ambiente de cultivo, a respostas distintas das cultivares à variação ambiental é dada pela interação genótipos x ambientes. Já o estudo de divergência genética possibilita a predição da distância genética existente entre as cultivares. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico e verificar a divergência genética existente entre três cultivares de milho pipoca cultivadas no Nordeste e Sudeste de Goiás. O delineamento foi em blocos casualizados, com três cultivares e quatro repetições, em dois locais: Ipameri - GO e Posse - GO. As cultivares analisadas foram: 'UENF-14', 'Americana' e a variedade Formosa. Avaliou-se estande inicial e final, altura inicial e final de plantas, altura de inserção da espiga, porcentagem de plantas pendoadas e no estágio reprodutivo, porcentagem de plantas com sintomas do enfezamento vermelho ou pálido, prolificidade, acamamento e características relacionadas à produtividade. Para o estudo de divergência genética utilizou-se a distância de Mahalanobis e para o agrupamento utilizou-se o método hierárquico UPGMA. Os efeitos da interação cultivares x ambientes foi significativos para a maioria das características avaliadas (AFP, AIE, PA, PP, PEN1, PEN2, R1, EFZP, EPP, CPE, PROD), logo as cultivares apresentaram desempenho muito distinto nos diferentes ambientes. A herdabilidade das características de produtividade foram de alta magnitude (>83,73%). A produtividade media das cultivares foi de 1305,37 kg ha<sup>-1</sup>. As variáveis que contribuíram para a divergência genética entre as cultivares, quando estas foram cultivadas em Posse - GO, foram número de espigas por parcela (66,32 %) e Produtividade (33,68%), ambas contribuíram com 100% da divergência existente. Já em Ipameri - GO, as variáveis que mais contribuíram para a divergência entre as três cultivares foram altura de inserção da espiga (48,58%), produtividade (31,72%) e número de espigas por parcela (14,79), ambas contribuíram com 95,05 da divergência existente. Os resultados permitem inferir que provavelmente a variedade Formosa seja oriunda de sucessivos salvamentos de sementes da cultivar Americana.

**Palavras-chave:** *Zea mays* var. Everta, Componentes Genéticos, UENF-14, Americana, UPGMA.

## ABSTRACT

The performance of popcorn maize cultivars differs with the cultivation sites, so that the same cultivar does not present the same consistent result in all cultivation environments, the cultivars had a different responses to environmental variation are given by the genotype x environment interaction. The study of genetic divergence makes it possible to predict the genetic distance between cultivars. The objective of this work was to evaluate the agronomic performance and to verify the genetic divergence existing between three popcorn cultivars cultivated in the Northeast and Southeast of Goiás. The design was in randomized blocks, with three cultivars and four replications, in two locations: Ipameri - GO and Posse - GO. The cultivars analyzed were: 'UENF-14', 'Americana' and Formosa variety. Initial and final stand, initial and final plant height, height of ear insertion, percentage of tassel plants and in the reproductive stage, percentage of plants with symptoms of red or pale corn stunt, prolificacy, lodging and characteristics related to productivity were evaluated. For the study of genetic divergence, the Mahalanobis distance was used and for the clustering, the UPGMA hierarchical method was used. The effects of the cultivar x environment interaction was significant for most of the evaluated characteristics (AFP, AIE, PA, PP, PEN1, PEN2, R1, EFZP, EPP, CPE, PROD), so the cultivars showed very different performance in different environments. The heritability of the productivity characteristics were of high magnitude (> 83,73%). The average yield of cultivars was 1.305,37 kg ha<sup>-1</sup>. The variables that contributed to the genetic divergence between the cultivars, when they were grown in Posse-GO, were number of ears per plot (66,32%) and Productivity (33,68%), both contributed to 100% of the existing divergence. In Ipameri-GO, the variables that contributed most to the divergence between the three cultivars were ear insertion height (48.58%), productivity (31,72%) and number of ears per plot (14,79), both contributed 95,05 to the existing divergence. The results allow us to infer that the Formosa variety probably originates from successive seed salvages of the Americana cultivar.

**Keywords:** *Zea mays* var. Everta, Genetic components, UENF-14, Americana, UPGMA.

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho pipoca (*Zea mays* var. Everta) está em ascensão no cenário brasileiro, devido ao aumento do consumo nacional e da demanda á exportação (KIST, 2019), porém ainda é uma espécie pouco estudada, com uma base genética estreita e poucas cultivares disponíveis no mercado (CARVALHO et al., 2013; RESH et al., 2015; SILVA et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2019). A baixa disponibilidade de cultivares reflete na elevada distribuição de populações de milho pipoca em todo o Brasil (PAULA et al., 2010; COSTA et al., 2017), as quais são advindas de genótipos em não possuem procedência rastreável ou avaliações quanto ao desempenho agrônômico, devido as dificuldades de acesso e do baixo investimento no melhoramento da cultura.

Portanto, o desenvolvimento de programas de melhoramento que visem ofertar cultivares ou híbridos com alto desempenho agrônômico torna-se primordial para o impulso do milho pipoca na cadeia produtiva (SCAPIM et al., 2010). Neste sentido, as análises de dissimilaridade genética podem fornecer informações para a identificação de genitores geneticamente distintos ou similares, que possuam características promissoras em materiais disponíveis de milho pipoca (MIRANDA et al., 2003; RINALDI et al., 2007; RIBEIRO et al., 2016). A divergência genética tem sido avaliada por meio de técnicas biométricas, baseadas na quantificação da heterose ou por processos preditivos.

Os métodos preditivos tomam por base as diferenças morfológicas, fisiológicas, agrônômicas, dentre outras, apresentadas pelos genótipos na determinação da divergência, que é geralmente quantificada por uma medida de dissimilaridade, que pode ser a distância Euclidianas ou a distância de Mahalanobis. Os métodos multivariados mais aplicados na quantificação da divergência genética são os componentes principais, variáveis canônicas e os métodos aglomerativos (CRUZ et al., 2012).

As avaliações de desempenho das características agrônômicas entre os híbridos, populações e cultivares comerciais de milho pipoca, devem ser realizadas em diferentes ambientes, a fim de identificar a ocorrência da interação genótipo x ambiente, uma vez que cada genótipo pode responder de forma distinta quando cultivada em vários ambientes, de modo que uma cultivar dificilmente é a superior em todas as condições de cultivo (VIEIRA et al. 2009; BORÉM; MIRANDA, 2017). As respostas diferenciais das cultivares a variação ambiental são dadas pela interação genótipo x ambiente, o que significa que os efeitos genéticos e ambientais não são independentes (VENDRUSCOLO et al., 2001).

Identificar a ocorrência desta interação é de extrema importância para desenvolver cultivares específicas para cada região, uma vez que, esta interação influencia na recomendação da cultivar de milho pipoca. O ideal é que uma cultivar apresente superioridade, em diferentes condições de ambiente, com alta produtividade e estabilidade (VITTORAZZI et al., 2013). Todavia, a interação genótipos x ambientes representa um dos maiores desafios durante a seleção, por dificultar a identificação de genótipos efetivamente superiores, cabendo ao melhoristas quantificar a magnitude e a significância de seus efeitos para adotar estratégias que possam minimizar ou aproveitá-la (CRUZ et al., 2012).

Nesse contexto, justifica-se a avaliação do desempenho agrônômico de diferentes cultivares em duas regiões distintas do estado de Goiás, visando a recomendação aos agricultores e posterior utilização destas em programa de melhoramento genético.

## **2 OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agronômico e verificar a divergência genética existente entre três cultivares de milho pipoca cultivadas no Nordeste e Sudeste de Goiás.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em dois locais, Local I: na área experimental da UEG, cujas coordenadas geográficas da área são: 17° 42' 59,12" S, 48°08'40,49" W, e altitude de 773 m, localizada na Universidade Estadual de Goiás - UEG, *Campus* Sudeste, unidade Ipameri, Ipameri, GO. O experimento foi implantado no dia 14 de novembro de 2019 e colhido 12 de fevereiro de 2020. Essa região possui clima tropical com inverno seco e verão úmido (Aw) de acordo com a classificação de Köppen e temperatura média de 20 °C (ALVARES et al., 2013).

O segundo local (Local II) foi na Fazenda II da Universidade Estadual de Goiás (UEG), cujas coordenadas geográficas da área são: 14°05'35" S, 46°22'10" W, com altitude média de 811m, localizada no município de Posse - GO, do dia 14 de junho de 2019 e colhido 15 de novembro de 2019, sob sistema de irrigação; o clima é caracterizado como tipo AW, tropical de savana, com duas estações bem definidas: período chuvoso que vai de outubro a março, e logo após um inverno seco, de abril a setembro (CARDOSO et al., 2015), o solo é classificado como Neossolo Quatzarenico (SANTOS et al., 2018)

Foram avaliadas as seguintes cultivares: 'UENF 14', obtida pelo programa de melhoramento genético de milho pipoca da Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, 'Americana' adquirida pela empresa Isla Sementes, e uma variedade local cujas sementes foram doadas por agricultores de região de Formosa-GO, a qual foi nomeada por variedade Formosa (Tabela 1).

Os ensaios experimentais foram realizado em campo, sob condições normais de cultivo, utilizando-se sistema de irrigação por aspersão no Local I e sem irrigação no Local II. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC), com três cultivares e quatro repetições. Cada parcela experimental foi constituída por quatro linhas com 4 m de comprimento, com espaçamento de 0,90 m entre linhas e 0,25 m entre plantas na linha. Foram colocadas três sementes por cova, na profundidade de 0,05 m, realizando-se o desbaste aos 28 dias após a semeadura.

**Tabela 1.** Característica das três cultivares de milho pipoca utilizados no experimento.

| CULTIVAR    | TIPO                       | CICLO | COR     | AFP           | AIE                         | PEN1                    |
|-------------|----------------------------|-------|---------|---------------|-----------------------------|-------------------------|
| ‘Americana’ | Híbrido Simples            | 120   | Amarelo | 150 cm        | -                           | 65                      |
| ‘UENF-14’   | Pop. de Seleção Recorrente | 120   | Amarelo | 182 cm        | 103 cm                      | 59                      |
| Formosa     | Salvamento de Sementes     | -     | -       | -             | -                           | -                       |
|             | CPE                        | FE    | MGE     | ESPAÇAMENTO   | PROD                        | INSTITUIÇÃO             |
| ‘Americana’ | 12-18 cm                   | 13    | 12,5 g  | 0,80 x 0,25 m | 3320.20 kg ha <sup>-1</sup> | Isla Sementes           |
| ‘UENF-14’   | 15,5 cm                    | 12    | 11,7g   | 0,60 x 0,18 m | 4023.30 kg ha <sup>-1</sup> | UENF - Darcy Ribeiro    |
| Formosa     | -                          | -     | -       | -             | -                           | Produtores Formosa - GO |

Altura final de plantas (AFP); Altura da inserção da espiga (AIE); Dias para início do pendão (PEN1); Comprimento da espiga (CPE); Número de fileiras por espigas (FE); Número de grãos por fileira (GF); Massa de 100 grãos por espiga (MGE); Produtividade total (PROD). **Fonte:** AMARAL JÚNIOR et al. 2013; ISLA, 2020.

As variáveis observadas para a avaliação do desempenho agrônômico foram: porcentagem de germinação (G) através do teste de canteiro conforme Brasil (2009), utilizando 4 repetições de 50 sementes; estande inicial (EI) pela contagem do número de plantas aos 57 dias após a emergência; estande final (EF), aos 104 dias; altura inicial (AIP), aos 57 dias após a emergência; altura final de plantas (AFP) aos 104 dias após a emergência; altura da inserção da espiga (AIE) com auxílio de trena milimétrica; porcentagem de plantas acamadas (PA); porcentagem de plantas prolíferas (PP); porcentagem de plantas com pendão, início do pendramento - 61 dias após a emergência (P1); porcentagem de plantas com pendão aos 74 dias após a emergência (P2); porcentagem de plantas no estágio de embonecamento (R1); número de espigas por parcela (EPP); comprimento da espiga (CPE) com auxílio de régua milimétrica; número de fileiras por espigas (FE); número de grãos por fileira (GF); massa de grãos por espiga (MGE); e produtividade total (PROD), que foi estimada pela colheita total da parcela de 12m<sup>2</sup>. As análises de AIP, AFP, AIE, CPE, FE, GF, MGE e GA foram realizadas em seis plantas dentro da área útil de cada parcela; para as variáveis EI, EF, PA, PP, PEN1, PEN2, R1, EPP foi considerada todas as plantas da parcela.

A avaliação de enfezamento foi realizada nas duas linhas centrais do estande, observando-se o número de plantas com sintomas de enfezamento vermelho (fitoplasma) - (EFZV) e número de plantas com sintomas de enfezamento pálido (espiroplasma) - (EFZP)

a fim de avaliar a porcentagem de incidência da doença para as diferentes cultivares na população de plantas analisadas. A análise visual para presença do enfezamento foi dada pela sintomatologia descrita por Pereira (2016).

### 3.1 Análise de variância para as características quantitativas

#### 3.1.1 Análise de Variância Individual

Realizou-se análise de variância individual com base no modelo de blocos ao acaso, com três repetições.

A análise seguiu o modelo estatístico

$$Y_{ij} = \mu + g_i + b_j + e_j, \text{ em que :}$$

$Y_{ij}$ : onde  $i$  é o  $i$ -ésimo genótipo da  $j$  - ésima repetição;

$\mu$ : média geral do ensaio;

$g_i$ : efeito do genótipo fixo  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, g$ ), (NID, 0,  $\sigma_g^2$ );

$b_j$ : efeito do bloco  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, r$ ), (NID, 0,  $\sigma_b^2$ );

$e_{ij}$ : erro experimental ou resíduo, (NID, 0,  $\sigma^2$ ).

#### 3.1.2 Análise de Variância Conjunta

O modelo adotado para análise conjunta foi:

$$Y_{ijk} = \mu + R_{k(j)} + G_i + E_j + GE_{ij} + \zeta_{ijk}$$

em que :

$Y_{ij}$ : fenótipo médio da parcela

$\mu$ : média geral do ensaio;

$R_{k(j)}$ : é o efeito da  $k^{\text{th}}$  repetição no  $j^{\text{th}}$  ambiente;

$G_i$ : efeito fixo do  $i^{\text{th}}$  genótipo;;

$E_j$ : é o efeito fixo do  $j^{\text{th}}$  ambiente

$GE_{ij}$ : é o efeito da interação do  $i^{\text{th}}$  genótipo no  $j^{\text{th}}$  ambiente

$\zeta_{ijk}$ : erro experimental ou resíduo.

Para o estudo da divergência entre as três cultivares, foi calculada a distância de Mahalanobis, em seguida, os genótipos foram agrupados pelo método UPGMA.

Os dados foram analisados utilizando-se o programa GENES (CRUZ, 2013).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Estimativas de parâmetros genéticos

#### 4.1.1 Análise Individual

A análise de variância individual, têm como objetivo verificar o comportamento das cultivares em estudo em cada local experimental, podendo, designar para cada ambiente, a avaliação da existência de diferenças nos caracteres utilizados, permitindo a indicação para as condições específicas do ambiente. O resumo da análise de variância das três cultivares para cada ambiente está apresentado nas Tabelas 4 e 5. Observou-se diferença significativa entre as cultivares ao nível de significância  $p < 0,05$ , para a grande maioria dos caracteres avaliados. . Entretanto, as variáveis estande inicial e plantas acamadas não apresentaram diferenças significativas em ambos os ambientes. Já as variáveis altura inicial, prolificidade, pendoamento inicial e final, início do estágio reprodutivo, incidência do enfezamento pálido, comprimento da espiga, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira não apresentaram diferenças significativas apenas no ambiente 2.

Os coeficientes de variação (CV) das variáveis analisadas variaram de 3,01% (EI) a 80% (PA), sendo estes o menor e o maior CV encontrado em ambos locais. Scapim et al., (1995), propõem uma escala de classificação para os coeficientes de variação experimental para a área de genética e melhoramento de milho, utilizou-se o resultado de sessenta e seis teses que abordaram estudos com milho, e os classificaram como médio, coeficientes entre 4,5 - 9% para altura de plantas, 6,5 - 13% para altura de espigas, 8 - 20% para número de espigas, 10 - 22% para peso de grãos e 9,5 - 20% para prolificidade. Para as respectivas análises semelhantes ao destacado pelos autores, o presente estudo obteve precisão média para estes caracteres.

Com o objetivo de avaliar o desempenho das cultivares nos dois locais, comparou-se a média geral das características entre Ipameri-GO (local 1) e Posse-GO (local 2), e observou-se que as variáveis MGE e PROD, apresentaram médias superiores em Posse – GO. Entretanto, as demais características avaliadas apresentaram as maiores médias quando as cultivares foram cultivadas em Ipameri- GO. Os resultados obtidos podem ser justificados devido o reflexo do acometimento e a severidade do enfezamento no final do ciclo da cultura em Ipameri-GO, visto que, o desempenho das cultivares foi inferior na produtividade final.

**Tabela 4.** Resultados das análises de variâncias individual associados a três cultivares de milho pipoca nas condições edafoclimáticas do Nordeste e Sudeste goiano, UEG, Campus Nordeste e Sudeste, Unidade Posse e Ipameri, 2019/20.

| FV         | GL | EI                 |                     | EF     |         | AIP      |                      | AFP      |          | AIE      |          | PA                 |                    | PP       |                    | PEN1    |                      | PEN2   |                      |
|------------|----|--------------------|---------------------|--------|---------|----------|----------------------|----------|----------|----------|----------|--------------------|--------------------|----------|--------------------|---------|----------------------|--------|----------------------|
|            |    | A1                 | A2                  | A1     | A2      | A1       | A2                   | A1       | A2       | A1       | A2       | A1                 | A2                 | A1       | A2                 | A1      | A2                   | A1     | A2                   |
| Bloco      | 3  | 3,33               | 18,97               | 36,88  | 2,08    | 18,81    | 141,92               | 316,6    | 31,04    | 39,17    | 23,43    | 2,52               | 0,52               | 160,9    | 40,55              | 1,19    | 111,30               | 47,63  | 134,42               |
| Cultivares | 2  | 5,08 <sup>ns</sup> | 38,58 <sup>ns</sup> | 69,08* | 135,25* | 576,38** | 302,93 <sup>ns</sup> | 9559,5** | 2426,41* | 1449,3** | 205,98** | 3,58 <sup>ns</sup> | 0,33 <sup>ns</sup> | 1883,3** | 9,08 <sup>ns</sup> | 60,75** | 131,87 <sup>ns</sup> | 517,7* | 211,45 <sup>ns</sup> |
| Resíduo    | 6  | 3,33               | 15,80               | 36,88  | 9,25    | 18,81    | 83,74                | 316,6    | 115,79   | 39,17    | 38,76    | 1,02               | 0,11               | 72,22    | 21,97              | 2,52    | 79,40                | 69,63  | 63,74                |
| Média      |    | 62,33              | 57,58               | 55,66  | 49,25   | 62,91    | 54,89                | 176,1    | 113,79   | 75,35    | 30,66    | 1,08               | 0,41               | 72,50    | 6,83               | 4,25    | 12,46                | 75,75  | 73,04                |
| CV (%)     |    | 3,10               | 6,90                | 5,58   | 6,17    | 11,42    | 16,66                | 6,21     | 9,45     | 14,17    | 20,30    | 9,58               | 80,00              | 11,72    | 28,59              | 37,4    | 71,50                | 10,93  | 10,93                |

Estande inicial (EI); Estande final (EF), Altura inicial (AIP), Altura final de plantas (AFP); Altura da inserção da espiga (AIE); Número de plantas acamadas (PA); Plantas proliferas (PP); Porcentagem de plantas com pendão inicial (PEN1) aos 61 dias após a emergência; Porcentagem de plantas com pendão final (PEN2) aos 74 dias após a emergência.

A1 – Ambiente Ipameri - GO; A2- Ambiente Posse - GO

\*\* Significativo a 1% de probabilidade; \* Significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> Não Significativo; FV = Fator de variação; GL = Graus de Liberdade.

**Tabela 5.** Resultados das análises de variâncias individual e estimativas de parâmetros genéticos associados a três cultivares de milho pipoca nas condições edafoclimáticas do Nordeste e Sudeste goiano, UEG, Campus Nordeste e Sudeste, Unidade Posse e Ipameri, 2019/20.

| FV         | GL | R1       |                     | EFZV     |           | EFZP    |                      | EPP      |        | CPE     |                      | FE    |                    | GF       |                      | MGE      |          | PROD        |             |
|------------|----|----------|---------------------|----------|-----------|---------|----------------------|----------|--------|---------|----------------------|-------|--------------------|----------|----------------------|----------|----------|-------------|-------------|
|            |    | A1       | A2                  | A1       | A2        | A1      | A2                   | A1       | A2     | A1      | A2                   | A1    | A2                 | A1       | A2                   | A1       | A2       | A1          | A2          |
| Bloco      | 3  | 44,55    | 31,22               | 618,94   | 132,17    | 0,083   | 470,48               | 375,41   | 5,66   | 0,864   | 429,84               | 0,343 | 1,28               | 1,46     | 18,30                | 18,09    | 68,17    | 42005,7     | 171705,85   |
| Cultivares | 2  | 489,25** | 25,58 <sup>ns</sup> | 2385,94* | 1680,39** | 10,08** | 522,58 <sup>ns</sup> | 2756,3** | 687,5* | 28,91** | 867,04 <sup>ns</sup> | 2,74* | 5,67 <sup>ns</sup> | 109,49** | 107,58 <sup>ns</sup> | 242,67** | 741,55** | 3188720,1** | 3981014,8** |
| Resíduo    | 6  | 36,14    | 37,13               | 319,56   | 307,14    | 0,083   | 148,56               | 121,0    | 99,91  | 1,13    | 303,33               | 0,439 | 1,12               | 4,5      | 56,80                | 21,52    | 72,02    | 31008,8     | 430420,03   |
| Média      |    | 16,5     | 9,83                | 49,34    | 62,30     | 4,08    | 35,15                | 86,58    | 70,16  | 15,19   | 12,68                | 12,51 | 12,87              | 32,03    | 18,41                | 21,97    | 22,71    | 1072,25     | 1538,62     |
| CV (%)     |    | 36,43    | 61,97               | 36,22    | 28,12     | 7,07    | 34,66                | 12,7     | 14,24  | 7,02    | 13,53                | 5,3   | 8,23               | 6,62     | 40,92                | 21,11    | 37,36    | 16,42       | 17,41       |

Porcentagem de plantas no estágio de embonecamento (R1); Incidência de enfezamento vermelho (EFZV); Incidência de enfezamento pálido (EFZP); Número de espigas por parcela (EPP); Comprimento da espiga (CPE); Número de fileiras por espigas (FE); Número de grãos por fileira (GF); Massa de grãos por espiga (MGE); Produtividade total (PROD).

A1 – Ambiente Ipameri - GO; A2- Ambiente Posse - GO

\*\* Significativo a 1% de probabilidade; \* Significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> Não Significativo; FV = Fator de variação; GL = Graus de Liberdade.

#### 4.1.1 Análise Conjunta

Pelas análises de variâncias individuais observou-se que a relação entre o maior e o menor valor de  $QM_{\text{Erro}}$  foi de 6,86 indicando que as variâncias do erro experimental podem ser consideradas homogêneas (PIMENTEL GOMES, 2009), permitindo então que os experimentos de cada local sejam analisados de forma conjunta.

As cultivares como fonte de variação apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) apenas para as características AIP e PROD, (Tabelas 6 e 7). O ambiente como fonte de variação teve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) para todas as características avaliadas, exceto PA, FE, MGE. Logo a maior parte das características avaliadas apresentaram médias diferentes nos distintos ambientes. Os resultados foram semelhante ao encontrado por e Freitas et al. (2014) e Lima et al. (2018) que confirmaram o efeito significativo para ambiente nos respectivos caracteres.

Ao analisar a interação genótipos por ambientes (G X A), observou-se para as variáveis AFP, AIE, PA, PP, PEN1, PEN2, R1, EFZP, EPP, CPE, PROD que houve respostas diferentes significativamente ( $p < 0,05$ ) para os dois ambientes, indicando que há interação (G X A), e se essa interação for de alta magnitude provavelmente haverá dificuldades na indicação geral das cultivares, pois o desempenho de uma cultivar para estas características em um ambiente poderá ser distinto do obtido em outro ambiente. Essas informações são importantes para um programa de melhoramento que está se iniciando em uma determinada região, possibilitando uma futura recomendação de cultivar de milho pipoca para as regiões de Goiás.

**Tabela 6.** Análise de variância e estimativa do coeficiente de determinação genotípico ( $h^2$ ), do coeficiente de variação genético ( $CV_g$ ) e do índice de variação ( $CV_g/CV_e$ ) de três cultivares de milho pipoca nas condições edafoclimáticas do Nordeste e Sudeste goiano, UEG, Campus Nordeste e Sudeste, Unidade Posse e Ipameri, 2019/20.

| FV                                  | GL | EI                   | EF                    | AIP                  | AFP                   | AIE                    | PA                    | PP                    | PEN1                 | PEN2                  | R1                    | EFZV                   | EFZP                   |
|-------------------------------------|----|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| Bloco                               | 3  | 16,375               | 24,264                | 85,444               | 351,375               | 8,81944                | 2,0556                | 95,1667               | 65,173               | 34                    | 14,0417               | 125,7778               | 198,4861               |
| Cultivares                          | 2  | 33,166 <sup>ns</sup> | 171,166 <sup>ns</sup> | 732,666*             | 932,041 <sup>ns</sup> | 1351,792 <sup>ns</sup> | 0,875 <sup>ns</sup>   | 991,792 <sup>ns</sup> | 19,000 <sup>ns</sup> | 256,625 <sup>ns</sup> | 290,167 <sup>ns</sup> | 1986,292 <sup>ns</sup> | 118,0417 <sup>ns</sup> |
| Ambiente                            | 1  | 135,375**            | 247,0417**            | 468,166*             | 130980,4**            | 12015,38**             | 2,66667 <sup>ns</sup> | 25741,5**             | 417,500**            | 4873,5**              | 672,042**             | 7280,167**             | 3626,042**             |
| Cult x Amb                          | 2  | 10,5 <sup>ns</sup>   | 33,166 <sup>ns</sup>  | 30,166 <sup>ns</sup> | 12150,13**            | 285,875*               | 3,0417*               | 879,875**             | 162,550*             | 473,375*              | 216,667**             | 334,5417 <sup>ns</sup> | 653,2917*              |
| Resíduo                             | 15 | 9,008                | 10,4972               | 67,67778             | 88,54167              | 73,58611               | 0,6556                | 58,767                | 41,869               | 85,233                | 26,275                | 208,9444               | 122,7194               |
| Média                               |    | 59,95                | 52,46                 | 59,33                | 102,29                | 52,95                  | 0,75                  | 39,58                 | 8,42                 | 59                    | 11,20                 | 44,83                  | 22,95                  |
| CV (%)                              |    | 5,01                 | 6,17                  | 13,87                | 9,19                  | 16,19                  | 10,95                 | 19,36                 | 46,84                | 15,64                 | 45,73                 | 32,24                  | 48,25                  |
| Estimativa dos parâmetros genéticos |    |                      |                       |                      |                       |                        |                       |                       |                      |                       |                       |                        |                        |
| $h^2$                               |    | 68,3417              | 80,62                 | 95,8826              | 0,12036               | 78,8521                | 0,0001                | 11,2843               | 0,0001               | 0,0001                | 25,3303               | 83,1575                | 0,0001                 |
| $CV_g$                              |    | 2,8074               | 7,917                 | 15,7935              | 0,0563                | 21,7963                | 0,5655                | 9,4491                | 0,9564               | 0,9021                | 27,0432               | 32,0499                | 0,4917                 |
| IV                                  |    | 0,5608               | 1,282                 | 1,1391               | 0,0632                | 1,3456                 | 0,0345                | 0,4879                | 0,2343               | 0,6312                | 0,5913                | 0,9941                 | 0,1287                 |

Estande inicial (EI); Estande final (EF), Altura inicial (AIP), Altura final de plantas (AFP); Altura da inserção da espiga (AIE); Número de plantas acamadas (PA); Plantas prolíferas (PP); Porcentagem de plantas com pendão inicial (PEN1) aos 61 dias após a emergência; Porcentagem de plantas com pendão final (PEN2) aos 74 dias após a emergência; Porcentagem de plantas no estágio de embonecamento (R1); Incidência de enfezamento vermelho (EFZV); Incidência de enfezamento pálido (EFZP).

\*\* Significativo a 1% de probabilidade; \* Significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> Não Significativo; FV = Fator de variação; GL = Graus de Liberdade.

**Tabela 7.** Tabela 6. Análise de variância e estimativa do coeficiente de determinação genotípico ( $h^2$ ), do coeficiente de variação genético ( $CV_g$ ) e do índice de variação ( $CV_g/CV_e$ ) de três cultivares de milho pipoca nas condições edafoclimáticas do Nordeste e Sudeste goiano, UEG, Campus Nordeste e Sudeste, Unidade Posse e Ipameri, 2019/20.

| FV                                  | GL | EPP                    | CPE                  | FE                   | GF                   | MGE                   | PROD      |
|-------------------------------------|----|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------|
| Bloco                               | 3  | 1,819                  | 0,635                | 0,6185               | 4,90925              | 37,257                | 24992,71  |
| Cultivares                          | 2  | 2888,667 <sup>ns</sup> | 33,546 <sup>ns</sup> | 7,2429 <sup>ns</sup> | 191,85 <sup>ns</sup> | 905,252 <sup>ns</sup> | 5108864*  |
| Ambiente                            | 1  | 5310,375**             | 31,763**             | 0,7848 <sup>ns</sup> | 1137,26**            | 3,25607 <sup>ns</sup> | 1305267** |
| Cult x Amb                          | 2  | 1371,5**               | 3,950**              | 1,1778 <sup>ns</sup> | 26,151 <sup>ns</sup> | 78,975 <sup>ns</sup>  | 70629,29* |
| Resíduo                             | 15 | 72,319                 | 2,343                | 0,8263               | 27,072               | 47,221                | 55960,84  |
| Média                               |    | 55,29                  | 14,04                | 12,69                | 25,15                | 22,34                 | 1305,37   |
| CV (%)                              |    | 15,38                  | 10,89                | 7,16                 | 20,68                | 20,75                 | 18,12     |
| Estimativa dos parâmetros genéticos |    |                        |                      |                      |                      |                       |           |
| $h^2$                               |    | 52,5213                | 88,2237              | 83,7386              | 86,369               | 91,2758               | 98,6175   |
| $CV_g$                              |    | 24,9065                | 13,6918              | 6,8605               | 18,0925              | 45,4818               | 60,7937   |
| IV                                  |    | 1,6194                 | 1,2564               | 0,9578               | 0,8747               | 1,4789                | 3,3547    |

Número de espigas por parcela (EPP); Comprimento da espiga (CPE); Número de fileiras por espigas (FE); Número de grãos por fileira (GF); Massa de grãos por espiga (MGE); Produtividade total (PROD).

\*\* Significativo a 1% de probabilidade; \* Significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> Não Significativo; FV = Fator de variação; GL = Graus de Liberdade.

Nos trabalhos de Santos et al. (2011) e Silva et al. (2014), também foram observadas respostas diferenciadas para produtividade de grãos em híbridos comerciais de milho, quando cultivados em diferentes ambientes.

Os coeficientes de variação da análise de variância conjunta obtidos para os 18 caracteres avaliados (Tabelas 6 e 7) foram considerados bons, variando de 5,01 para EI a 20,75 para MGE. Os caracteres PEN1, R1, EFZV e EFZP obtiveram CV médio de 43,26, considerado elevado. Justifica-se sua amplitude pelo fato destas características serem quantitativa, por conseguinte, mais sensível aos efeitos ambientais (SCAPIM et al., 1995). No entanto, o coeficiente de variação não é um bom estimador para ser usado na discriminação e descarte de experimentos cuja finalidade seja a recomendação de cultivares (GURGEL et al., 2013).

No entanto para as características altura final de plantas, PEN1 e PEN2 observou-se diferença significativa entre as cultivares para ambiente e para a interação G x A, desta forma, provavelmente a variação existente para estas características no presente trabalho são variações não herdáveis, a herdabilidade foi próxima ou igual a zero. Os resultados diferem do encontrado por Guimarães et al. (2018), que ao avaliarem altura de plantas na população de milho pipoca recorrente da cultivar UENF-14, identificaram com  $CV_g$  de 5,02; IV de 0,52;  $h^2$  62% respectivamente.

Os valores de  $h^2$  para as características de produtividade foram todos acima de 83%, exceto EPP com 52,52, sendo o IV foi superior ou próximo a unidade. Guimarães et al. (2019) avaliando a altura média da plantas, peso de cem grãos e produtividade de grãos, a fim de desenvolver um nono ciclo da população UENF-14, obtiveram variabilidade genética significativa entre as progênies para todas características, com IV de 8,0; 9,6 e 13,5 e  $h^2$  79; 84; 91 respectivamente, corroborando com as altas herdabilidade encontradas neste trabalho.

As demais variáveis apresentaram  $h^2$  superiores a 78,8%. Com exceção das variáveis AFP, PP, PEN1, PEN2, R1 e EFZP que apresentaram baixo  $h^2$  (tabela 6). Carpentieri-pípolo et al. (2002) caracterizando milho pipoca, relataram que características fenológicas obtiveram alta herdabilidade, o que difere do presente trabalho.

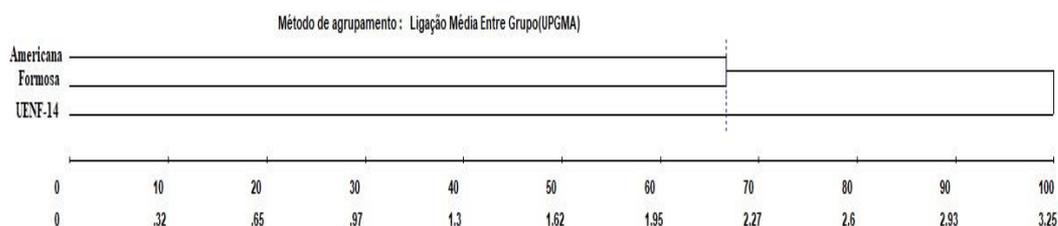
No estudo em questão observou-se que a média geral para produtividade foi de 1305,37 t ha<sup>-1</sup> e que para o local I (Ipameri-GO) a média geral foi de 1072,25 t ha<sup>-1</sup>; já para o local II (Posse-GO) a média geral foi de 1538,62 t ha<sup>-1</sup>, indicando claramente que um dos ambientes foi desfavorável quando comparado ao outro. Os resultados para produtividade foram inferiores ao relatado por Vieira et al. (2009), que ao avaliarem o rendimento de

grãos, altura de planta e altura de inserção da primeira espiga em 19 genótipos e 3 cultivares (IAC 112, Jade e BRS Angela) de milho pipoca, obtiveram médias de 2.429,4 kg ha<sup>-1</sup>, 191 cm e 98 cm respectivamente.

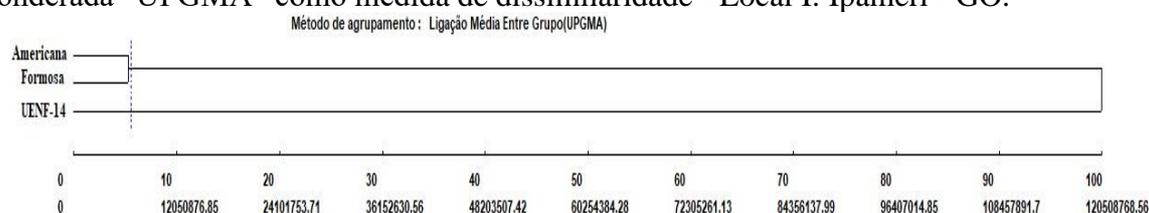
Diversos fatores podem reduzir o potencial genético das cultivares, com destaque para o acometimento pelos enfezamentos, uma vez que as cultivares de milho pipoca disponíveis possuem baixa resistência aos enfezamentos e as condições ambientais no Brasil são ideais para o bom desenvolvimento da cigarrinha, potencializando a transmissão dos patógenos (SABATO et al., 2020), condições estas, observadas durante a condução em campo do presente trabalho.

## 4.2 Estudo de Divergência genética

No presente estudo a dissimilaridade genética estimada pelo método de ligação média não ponderada entre grupos (UPGMA) a partir da delimitação de uma linha de corte de 7% no Local I e de 67% no Local II, estabelecida no local de ocorrência de mudança abrupta nas ramificações presentes nos dendrogramas (CRUZ et al., 2012), deu origem a dois grupos distintos (Figura 1 e 2). O grupo I foi formado pela cultivar Americana e a variedade Formosa e o grupo II pela cultivar UENF-14.



**Figura 1.** Dendrograma da divergência genética obtido pelo método de ligação média não ponderada “UPGMA” como medida de dissimilaridade - Local I: Ipameri - GO.



**Figura 2.** Dendrograma da divergência genética obtido pelo método de ligação média não ponderada “UPGMA” como medida de dissimilaridade - Local II: Posse-GO.

A formação de grupos distintos permite segundo Rotili et al. (2012), a escolha por linhagens de grupos que apresentem maiores divergências genéticas, logo que pode resultar

em cruzamentos mais contrastantes e que conseqüentemente possibilitam maior exploração da heterose. Silva et al. (2016), com o objetivo de estimar a divergência genética entre progênies de meios-irmãos de milho verde via métodos hierárquicos e de otimização relataram alta diversidade genética entre os materiais em estudo. No presente estudo a separação dos grupos pode ser explicado devido a cultivar Americana ser a única disponível no mercado para os produtores na região em estudo, assim pode-se inferir que a variedade Formosa seja oriunda de uma série de sucessão de salvamento de sementes da ‘Americana’, o que justifica a alocação desses materiais em um mesmo grupo.

A alocação da cultivar UENF-14 em um grupo distinto das demais pode ser justificado pelo fato de a mesma ter apresentado as maiores médias para os caracteres altura final de planta (138,15; 228,7 cm); número de espigas por parcela (74,5; 113); e produtividade total (2.325,83; 2.074,23 kg ha<sup>-1</sup>) em ambos locais. Tais hipóteses são confirmadas pela contribuição relativa de caracteres (Tabela 4 e 5). Onde, número de espigas por parcela (EPP) foi a característica que mais contribuiu (66,32%) para a divergência entre as cultivares em Posse-GO, seguida pela produtividade (PROD – 33,68%) ambas foram responsáveis por 100% da divergência genética entre as cultivares.

Já em Ipameri- GO a altura final (AFP) foi a que mais contribuiu (48,58%) para a divergência entre as cultivares, seguidas das características produtividade (PROD – 31,72%), número de espigas por parcela (EPP – 14,79%), que foram responsáveis por 95,09% da divergência genética entre os materiais, somadas as características EPP, P1, P2, CPE, EFZP contribuíram apenas com 4,91% para divergência. As demais características não contribuíram para a dissimilaridade.

**Tabela 4.** Contribuição relativa de sete caracteres agrônômicos na divergência genética entre as cultivares Americana e UENF-14 e variedade Formosa, segundo critério de Sing (1981) em Posse-GO.

| Variável | %     | % acumulada |
|----------|-------|-------------|
| EPP      | 66,32 | 66,32       |
| PROD     | 33,68 | 100         |
| EF       | 0,0   | 0,0         |
| AFP      | 0,0   | 0,0         |
| AIE      | 0,0   | 0,0         |
| MGE      | 0,0   | 0,0         |
| EFZV     | 0,0   | 0,0         |

(MGE) massa de grãos por espiga; (EFP) estande final aos 104 dias; (AIE) altura da inserção da espiga; (AFP) altura final de plantas aos 104 dias após; (EPP) número de espigas por parcela; (PROD) produtividade total; (EFZV) incidência de enfezamento vermelho.

**Tabela 5.** Contribuição relativa de sete caracteres agronômicos na divergência genética entre as cultivares Americana e UENF-14 e variedade Formosa, segundo critério de Sing (1981) em Ipameri-GO.

| Variável | %     | % acumulada |
|----------|-------|-------------|
| AFP      | 48,58 | 48,58       |
| PROD     | 31,72 | 80,3        |
| EPP      | 14,79 | 95,09       |
| P1       | 2,81  | 97,9        |
| P2       | 1,38  | 99,28       |
| EFZP     | 0,59  | 99,87       |
| CPE      | 0,13  | 100         |
| EF       | 0,0   | 0,0         |
| AIP      | 0,0   | 0,0         |
| AIE      | 0,0   | 0,0         |
| PP       | 0,0   | 0,0         |
| R1       | 0,0   | 0,0         |
| FE       | 0,0   | 0,0         |
| GF       | 0,0   | 0,0         |
| MGE      | 0,0   | 0,0         |
| PROD     | 0,0   | 0,0         |

Estande final (EF), Altura inicial (AIP), Altura final de plantas (AFP); Altura da inserção da espiga (AIE); Plantas prolíferas (PP); Porcentagem de plantas com pendão inicial (P1) aos 61 dias após a emergência; Porcentagem de plantas com pendão final (P2) aos 74 dias após a emergência; Porcentagem de plantas no estágio de embonecamento (R1); Número de espigas por parcela (EPP); Comprimento da espiga (CPE); Número de fileiras por espigas (FE); Número de grãos por fileira (GF); Massa de grãos por espiga (MGE); Produtividade total (PROD); Incidência de enfezamento vermelho (EFZV); Incidência de enfezamento vermelho (EFZP).

A importância relativa de caracteres a partir da utilização do método de Sing (1981) considera que os caracteres de maior variabilidade são fundamentais, possibilitando a eliminação de análises que pouco contribuem para a dissimilaridade, reduzindo trabalho, tempo e custos adicionais nas avaliações (VALADARES et al., 2018).

Os resultados encontrados no presente trabalho, assemelham-se ao observado por Arnhold et al. (2010) e Rotilli et al. (2012), trabalhando com milho pipoca, ambos relataram que a produtividade contribuiu significativamente com a divergência genética entre as linhagens.

Ao avaliarem 25 genótipos de milho comum Nardino et al. (2017) relataram que a massa de grãos (6,66%) foi um dos caracteres que mais contribuiu para a divergência genética e com relação à característica altura de plantas os mesmos autores relataram baixa contribuição (1,23%) para divergência genética, ambas as afirmações diferem do presente trabalho., uma vez que, as condições de cultivo e o tipo de milho utilizado são distintos, o milho pipoca possuem fenótipos característicos a cultura como, alturas de plantas maiores, prolificidade e grãos menores e duros.

## 5 CONCLUSÃO

O efeito da interação cultivares x ambiente foi significativo para a maioria das características avaliadas.

A região de Ipameri-GO demonstrou-se desfavorável em relação a Posse-GO apresentando baixas produtividades para as cultivares em estudo.

As cultivares apresentaram desempenho muito distinto nos diferentes ambientes, com especificidades de recomendações para cada região avaliadas, principalmente em relação ao manejo do enfezamento vermelho.

A variedade Formosa é provavelmente oriunda de salvamento de sementes da cultivar Americana.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AMARAL JÚNIOR, A. T.; GONÇALVES, L. S. A.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; CANDIDO, L. S.; VITTORAZZI, C., PENA, G. F.; RIBEIRO, R. M.; SILVA, T. R.C.; PEREIRA, M. G.; CARLOS ALBERTO SCAPIM, C.A.; VIANA, A.P.; CARVALHO, G. F. UENF 14: a new popcorn cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 13, n. 3, p. 218-220, 2013.

ARNHOLD, E.; SILVA, R. G.; VIANA, J. M. S. Seleção de linhagens S5 de milho-pipoca com base em desempenho e divergência genética. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n.2, p. 279-283, 2010.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 5. ed. Viçosa: UFV, 2017. 543 p.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica**, v.8, n.16, p.40-55, 2015.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; TAKAHASHI, W.; ENDO, R. M.; PETEK, M. R.; SEIFERT, A. L. Correlações entre caracteres quantitativos em milho pipoca. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 551-554, 2002.

CARVALHO, M. S. N.; MANGOLIN, C. A.; SCAPIM, C. A.; DA SILVA, T. A.; SILVA, M. D. F. P. A collection of popcorn as a reservoir of genes for the generation of lineages. **Molecular biotechnology**, v. 53, n. 3, p. 300-307, 2013.

COSTA, F. M.; DE ALMEIDA SILVA, N. C.; OGLIARI, J. B. Maize diversity in southern Brazil: indication of a microcenter of *Zea mays* L. **Genetic resources and crop evolution**, v. 64, n. 4, p. 681-700, 2017.

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

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4ª ed. Editora UFV, Viçosa-MG, Brasil, 2012, 514 p.

FREITAS, I.L.J.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; FREITAS JR, S.P.; CABRAL, P.D.S.; RIBEIRO, R.M.; GONÇALVES, L.S.A. Genetic gains in the UENF14 popcorn population with recurrent selection. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 13, n. 1, p. 518-527, 2014.

GOVINDARAJ, M.; VETRIVENTHAN, M.; SRINIVASAN, M. Importance of genetic diversity assessment in crop plants and its recent advances: an overview of its analytical perspectives. **Genetics research international**, v. 2015, 2015.

GUIMARAES, A. G., AMARAL JÚNIOR, A. T., LIMA, V. J. D., LEITE, J. T., SCAPIM, C. A., & VIVAS, M. Genetic gains and selection advances of the uenf-14 popcorn population. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 2, p. 271-278, 2018.

GUIMARAES, A. G.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; PENA, G. F.; ALMEIDA FILHO, J. E. D.; PEREIRA, M. G.; SANTOS, P. H. A. D. Genetic gains in the popcorn population uenf-14: developing the ninth generation of intrapopulation recurrent selection. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 3, p. 625-633, 2019.

GURGEL, F. de L.; FERREIRA, D. F.; SOARES, ACS. **O coeficiente de variação como critério de avaliação em experimentos de milho e feijão**. Embrapa Amazônia Oriental-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Belém, PA, 2013, 80 p.

ISLA. Isla Sementes LTDA. Produtos, Hortaliças, 508 - **Milho-Pipoca Americano**. Americano, Porto Alegre. 2020. Disponível em: <<https://isla.com.br/produto/milho-pipoca-americano/508>> . Acesso em: 27 de jul. 2020.

KIST, B.B.; FILTER, C.F.; SANTOS, C.E.; CARVALHO, C. **Anuário brasileiro do milho**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz LTDA., 2019. 72 p. Disponível em: <[http://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wpcontent/uploads/2019/10/2019MILHO\\_Site.pdf](http://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wpcontent/uploads/2019/10/2019MILHO_Site.pdf)>. Acesso em: 15 de jan. 2020.

KURTZ, B.; GARDNER, C.A; MILLARD, M.J.; NICKSON, T. E.; SMITH, J.S.C. Global access to maize germplasm provided by the US National Plant Germplasm System and by US plant breeders. **Crop Science**, v. 56, n. 3, p. 931-941, 2016.

LIMA, V. J.; FREITAS, J.; DE SOUZA, Y. P.; DA SILVA, C. S.; FARIAS, J. E. C.; DE SOUZA, R. F; CHAVES, M. M. FEITOSA, J. V. Genetic gain capitalization in the first cycle of recurrent selection in popcorn at Ceará's Cariri. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 13, n. 3, 2018.

MIRANDA, G. V.; COIMBRA, R. R.; GODOY, C. L.; SOUZA, L. V.; GUIMARÃES, L. J. M.; MELO, A. V. D. Potencial de melhoramento e divergência genética de cultivares de milho-pipoca. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 38, n. 6, p. 681-688, 2003.

NARDINO, M.; BARETTA, D.; CARVALHO, I. R.; FOLLMANN, D. N.; FERRARI, M.; PELEGRIN, A. J. D.; SZARESKI, V. J.; KONFLANZ, V.A.; SOUZA, V. Q. D. Divergência genética entre genótipos de milho (*Zea mays* L.) em ambientes distintos. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 164-174, 2017.

OLIVEIRA, G. H. F. D.; AMARAL, C. B. D.; REVOLTI, L. T. M.; BUZINARO, R.; MORO, G. V. Genetic variability in popcorn synthetic population. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 41, 2019.

PAULA, T.O.M.D; GONÇALVES, L.S.A.; AMARAL JÚNIOR, A.T.D.; OLIVEIRA, E. C.D.; SILVA, V.Q.R.D.; SCAPIM, C.A.; LOPES, A.D. Magnitude da base genética da pipoca comercial e em recomendação no Brasil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** , v. 10, n. 4, pág. 289-297, 2010.

PEREIRA. O. A. P. Doenças do milho. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2016. v. 2. 772 p.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451 p.

PRASANNA, B. M. Diversity in global maize germplasm: characterization and utilization. **Journal of biosciences**, v. 37, n. 5, p. 843-855, 2012

RESH, F. S.; SCAPIM, C. A.; MANGOLIN, C. A.; MACHADO, M. F. P. S.; AMARAL JUNIOR, A. T.; RAMOS, H.; VIVAS, M. Genetic diversity of popcorn genotypes using molecular analysis. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 3, p. 9829-9840, 2015.

RIBEIRO, R. M.; AMARAL JÚNIOR, A. T. D.; PENA, G. F.; VIVAS, M.; KUROSAWA, R. N.; GONÇALVES, L. S. A. Effect of recurrent selection on the variability of the UENF-14 popcorn population. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 2, p. 123-131, 2016.

RINALDI, D. A.; PÍPOLO, V. C.; GERAGE, A. C.; RUAS, C. D. F.; FONSECA JÚNIOR, N. S.; SOUZA, A.; HÜLSE, S.G.G.; GARBUGLIO, D. D. Correlação entre heterose e divergência genética estimadas por cruzamentos dialélicos e marcadores moleculares RAPD em populações de milho-pipoca. **Bragantia**, v. 66, n. 2, p. 183-192, 2007.

ROTILI, E. A.; CANCELLIER, L. L.; DOTTO, M. A.; CARVALHO, E. V.; PELUZIO, J. M. Divergência genética em genótipos de milho, no Estado do Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 43, n. 3, p. 516-521, 2012.

SABATO, E.O.; LANDAU, E.C.; OLIVEIRA, C.M. Recomendações para o manejo de doenças do milho disseminados por insetos-vetores. Sete Lagoas, MG: Embrapa. **Circular Técnica**, n.205, 2014.

SABATO, E. O.; LANDAU, E. C.; BARROS, B. A.; OLIVEIRA, C. M. Differential transmission of phytoplasma and spiroplasma to maize caused by variation in the environmental temperature in Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, v.1, 2020.

SANTOS E.L.; GARBUGLIO, D.M.; ARAÚJO, P.M.; GERAGE, A.T.; SHIOGA, P.S.; PRETE, C.E.C. Uni and multivariate methods applied to studies of phenotypic adaptability in maize (*Zea mays* L.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 4, p. 633-639, 2011.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. Brasília, DF : Embrapa, 2018. 356 p.

SCAPIM, C. A.; DE CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 5, p. 683-686, 1995.

SCAPIM, C. A.; DO AMARAL JÚNIOR, A. T.; VIEIRA, R. A.; MOTERLE, L. M.; TEXEIRA, L. R.; VIGANÓ, J.; JÚNIOR, G. B. S. Novos compostos de milho-pipoca para o Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 2, p. 321-330, 2010.

SILVA, T. A.; CANTAGALLI, L. B.; SAAVEDRA, J.; LOPES, A. D.; MANGOLIN, C. A.; SILVA, M. D. F. P.; SCAPIM, C. A. Population structure and genetic diversity of

Brazilian popcorn germplasm inferred by microsatellite markers. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 18, n. 3, p. 181-187, 2015.

SILVA, D. F. G.; COELHO, C. D. J.; ROMANEK, C.; GARDINGO, J. R.; SILVA, A. R. D.; GRACZYKI, B. L.; MATIELLO, R. R. Dissimilaridade genética e definição de grupos de recombinação em progênies de meios-irmãos de milho-verde. **Bragantia**, v.75, n.4, p. 401-410. 2016.

SILVA, P.R.; BISOGNINI, D.A.; LOCATELLI, A.B.; STORCK, L. Adaptability and stability of corn hybrids grown for high grain yield. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.36, p.175-181, 2014.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, vol. 41, n. 2, p. 237-245, 1981.

VALADARES, R.N.; MELO, R.A.; SARINHO, I.V.; OLIVEIRA, N.S.; ROCHA, F.A.; SILVA JWAND MENEZES, D. Genetic diversity in accessions of melon belonging to momordicagroup. **Horticultura Brasileira** 36: p. 253-258, 2018.

VIEIRA, R. A.; RODOVALHO, M. D. A.; SCAPIM, C. A.; TESSMANN, D. J.; AMARAL JÚNIOR, A. T. D.; BIGNOTTO, L. S. Desempenho agrônômico de novos híbridos de milho-pipoca no Noroeste do Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 1, p. 29-36, 2009.

VENDRUSCOLO, E.C.G.; SCAPIM, C.A.; PACHECO, C.A.P.; OLIVEIRA, V.R.D.; BRACCINI, A.D.L.; VIDIGAL, M.C.G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca na região centro-sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. v.36, n.1, p.123-130, 2001.

VITTORAZZI, C.; DO AMARAL JÚNIOR, A. T.; GONÇALVES, L. S. A.; CANDIDO, L. S.; DA CONCEIÇÃO SILVA, T. R. Seleção de pré-cultivares de milho-pipoca baseado em índices não-paramétricos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 356-362, 2013.