



Caracterização das modificações das propriedades físicas do milho de pipoca ao longo da secagem

Welysson Rafael Costa Santos^{1*} (IC), Dienifer de Araújo Lima¹ (IC), José Henrique da Siva Taveira¹ (PQ), Osvaldo Resende² (PQ), Jaqueline Ferreira Vieira Bessa² (PG), Sandriane Araújo Borges² (PG)

1 Via Protestado Joaquim Bueno, n° 945 – Universidade Estadual de Santa Helena de Goiás – GO, Brasil, CEP 75.920-000; *e-mail: welyssonrafael@gmail.com;

2 Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, Rio Verde – GO, CEP: 75.901-970 – Brasil – Instituto Federal Goiano;

Resumo: A secagem é uma das etapas do pré-processamento dos produtos agrícolas que tem por finalidade retirar parte da água contida nele. A redução do teor de água, além de provocar a contração dos grãos, influencia nas propriedades físicas, durante o processo de secagem. O presente trabalho objetivou avaliar a influência da secagem, em diferentes temperaturas, nas propriedades físicas do milho pipoca. A secagem foi realizada em estufa com três temperaturas (40, 60 e 40/60°C) para cinco teores de água (27, 23.5, 20, 16.5 e 13 % b.u.) com três repetições. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado e os dados foram analisados utilizando os programas Sisvar 5.6 e R 3.0.2, os parâmetros avaliados foram Circularidade (%), Esfericidade (%), Massa de 100 grãos (g), Capacidade de Expansão (mL/mL) e Cor (Coordenadas (a*) e (L)). Os valores da Circularidade, Esfericidade e Massa de 100 grãos diminuirão com a redução do teor de água dos grãos; A temperatura de 60° C foi a que obteve maior média, diferindo-se das demais temperaturas para a Circularidade e Esfericidade; O teor de 13% b.u obteve a maior Capacidade de expansão, para a temperaturas de 40/60°C; O teor de água interfere na tonalidade da cor dos grãos de milho de pipoca.

Palavras-chave: Zea mays L. teor de água. propriedades físicas.

Introdução

Os cereais mais importantes no Brasil, econômica e nutricionalmente são o trigo, o arroz e o milho. O milho pipoca pertence à espécie Zea Mays L. caracteriza – se por apresentar sementes duras e pequenas, que sob ação do calor se expandem, originando assim a pipoca (FACHIN et al, 1993). Sua característica de expansão o diferencia dos demais tipos de milho, fazendo com que seja largamente apreciado e consumido como uma guloseima, sendo assim associado a locais de diversão como cinemas, parques, circos, entre outros (POPCORN, 2015).

REALIZAÇÃO



A cultivar Zélia é o único híbrido comercializado no Brasil, sendo um híbrido triplo, suscetível ao complexo de enfezamento, ao ataque da lagarta do cartucho na espiga e a podridão de grãos. Quando as culturas forem bem conduzidas, vão produzir grãos tipo pérola de cor laranja com boa qualidade de pipoca (SAWAZAKI, 2001).

A secagem dos produtos agrícolas é o processo mais utilizado para garantir a qualidade duração e após a colheita minimizando, assim, a quantidade de água do grão e por consequência a atividade biológica. A redução do teor de água dos grãos, além de provocar a contração dos grãos, influencia, diretamente, nas suas propriedades físicas, durante o processo de secagem. Assim, a determinação adequada das propriedades físicas é de fundamental importância na otimização dos processos industriais além disso, esses conhecimentos são fundamentais em projetos de engenharia, que envolvem máquinas e equipamentos para plantio, colheita, manipulação, armazenagem, secagem e aeração (CORADI et al, 2015).

A coloração dos grãos do milho pipoca pode variar entre amarelo, branco, rosa, roxo, preto, azul, creme e alaranjado. Quanto ao formato pode ser do tipo arroz, que são longos e delgados, com pontas agudas nas extremidades ou do tipo pérola, que são redondos e com uma extremidade suave. Os tipos de maior aceitação comercial são os de grãos redondos, tipo pérola, com endosperma amarelo alaranjado (CARPENTIERI-PÍPOLO et al, 2002)

A capacidade de expansão pode ser definida como uma explosão provocada pela expansão, sob pressão, da umidade contida nos grânulos de amido. Assim, o valor do milho-pipoca como cultura depende fundamentalmente de sua qualidade, que é determinada pela capacidade de expansão. Existe uma correlação positiva entre qualidade e capacidade de expansão, ou seja, grãos que apresentam maiores valores de capacidade de expansão possuem maior maciez e melhor textura (EMATNÉ, 2011).

Neste contexto, esse trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes temperaturas nas propriedades físicas nos grãos de milho pipoca

Material e Métodos

O trabalho foi executado na Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Santa Helena de Goiás e as análises das propriedades físicas no Laboratório de Pós-



Colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano - Campus Rio Verde), situado no município de Rio Verde, GO.

Determinou-se por gravimetria o teor de água em que os grãos se encontravam, utilizando a estufa a 105 ± 1 °C, durante 24 horas, em três repetições segundo (BRASIL, 2009). Os grãos se encontrava com 27% b.u, posteriormente inicio-se o a secagem em estufa com as temperaturas de 40°C, 60°C e 40/60°C e ao longo processo foram realizadas as análises das propriedades físicas com os teores de água: 27, 23.5, 20, 16.5 e 13. A redução do teor de água foi acompanhada por meio da pesagem de três bandejas com 500 g de produto mantido nas mesmas condições de secagem.

Para determinar a forma e tamanho foram utilizados 3 repetições com 15 grãos de milho, os grãos foram medidos em três posições (comprimento, largura e espessura) com o auxílio de um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm. A esfericidade (Es) e a circularidade (Cr) dos grãos de milho na posição natural de repouso foram obtidas por meio de equações onde: A: maior eixo do grão em mm; B: eixo médio do grão em mm; e C: menor eixo do grão em mm (CORRÊA, 2008).

A capacidade de expansão foi determinada seguindo a metodologia de (EMATNÉ, 2011), utilizando três repetições para cada teor de água, cada uma contendo aproximadamente 90g onde as quais foram pesadas em balanças com precisão de 0,001g. Em seguida foram colocados em sacos de papeis e levadas ao micro-ondas doméstico da marca Midea com 23 litros de capacidade e potência de 900w. Para pipocar o grão o tempo adotado foi de 210 segundos para cada amostra. Utilizou-se uma proveta graduada de 1000 mL para se obter o volume total de cada amostra após a expansão.

A coloração da massa dos grãos de milho pipoca foi determinada em um colorímetro (Color Flex EZ, Hunter Lab Reston, Canadá), com três repetições, empregando o sistema Hunter de cor. Onde os resultados foram expressos em L, a* e b*, podendo os valores de L (luminosidade ou brilho) variar do preto (0) ao branco (100), coordenada a* do verde (-60) ao vermelho (+60) e coordenada b* do azul (-60) ao amarelo (+60). Seguindo as normas descritas por (NOBRE, 2005).



Para determinar a massa de 100 grãos, utilizou-se uma forma para facilitar a contagem, se que essa forma conta com 50 furos, após a separação dos 100 grãos os mesmos foram pesados em balança analítica com precisão de 0,001g. Sendo utilizadas 3 repetições para cada teor de água

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado e os dados submetidos à análise de homogeneidade no software R 3.0.2 e analisados utilizando o programa Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

Observa-se na análise de variância que houve significância para a interação (temperatura/teor de água) apenas para a análise de capacidade de expansão, para as análise de Circularidade e Esfericidade teve significancia para a Temperatura e para o Teor de água, já para as análises de Massa de 100 grãos, Coordenada (a*) e os valores de L, apresentou significância somente para o Teor de água, porém a coordenada (b*) não apresentou significância, para o nível de 1 % de probabilidade (Tabela 1).

TABELA 1 - Análise de Variância para Circularidade (CR), Esfericidade (ES), Massa de 100 grãos (M100), Capacidade de Expansão (CE) e Cor (Coordenadas a*, b* e L), para as variáveis Temperatura, Teor de Água (TA) e a Interação. Santa Helena de Goiás – GO, UEG 2017.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio						
		CR	ES	M100	CE	a*	b*	L*
Temperatura	2	10.31*	8.45*	0.24 ^{ns}	5893.85 ^{ns}	1.22 ^{ns}	4.1 ^{ns}	0.5 ^{ns}
Ta	4	8.08*	14.52*	14.85*	11665746.5*	4.64*	0.25 ^{ns}	15.63*
Temperatura*Ta	8	2.75 ^{ns}	0.75 ^{ns}	0.02 ^{ns}	19999.69*	1.1 ^{ns}	2.86 ^{ns}	0.64 ^{ns}
Erro	30	2.10	1.01	0.08	8670.79	0.95	2.26	0.79
CV(%)	-	1.94	1.42	1.57	11.21	5.6	4.21	1.6
Média Geral	-	74.86	71.06	18.58	830.46	17.48	35.75	55.61

ns: não significativo; * Significativo a 1% de probabilidade; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Na Figura 1 estão apresentados os valores da circularidade dos grãos de milho pipoca, onde os valores apresentou comportamento uniforme, ou seja, os valores da circularidade diminui com a redução do teor de água. Resultados semelhantes foram observados por DE OLIVEIRA et al. (2014), estudando a circularidade dos grãos de



milho da cultivar p3646 submetidos a secagem em cinco temperatura (40, 60, 80 e 100°C).

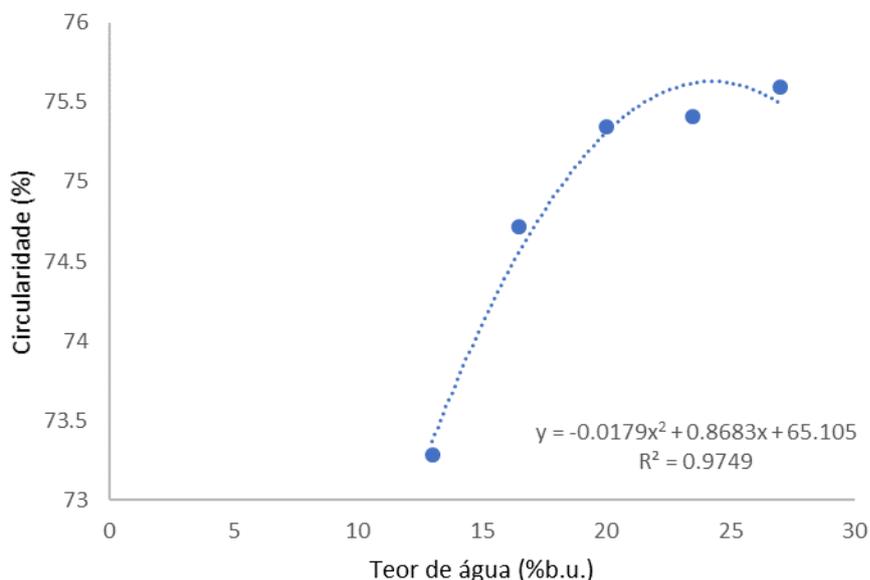


Figura 1: Gráfico de valores de Circularidade em função do teor de água dos grãos de milho pipoca. Santa Helena de Goiás – GO, UEG 2017.

Na tabela 2 pode-se notar que não houve diferença para as temperaturas de 40 e 40/60°C, diferiu-se apenas a temperatura de 60°C, apresentando a maior média. Esse comportamento pode estar relacionado com a maior redução no eixo médio (B) em relação ao eixo maior (A). Essa diferença está relacionada com a velocidade de secagem do grão, onde temperaturas maiores tendem a gastar um menor tempo para secar o grão, sendo assim ocorre uma menor oscilação na estrutura do grão.

TABELA 2 - Teste t student para Circularidade em função da temperatura de secagem dos grãos de milho pipoca. Santa Helena de Goiás – GO, UEG 2017.

Temperatura	Circularidade	
	Medias (%)	
40°C	74.59	a
60°C	75.80	b
40/60°C	74.21	a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t, a 1% de probabilidade.

Nota-se na figura 2 ocorre uma redução na esfericidade seguindo a redução do teor de água. JESUS et al. (2013), avaliando a esfericidade de sementes de feijão da



cultivar BRS Valente - Preto e BRS Pontal – Carioca ao longo da secagem, verificaram comportamento similar para a cultivar BRS Pontal.

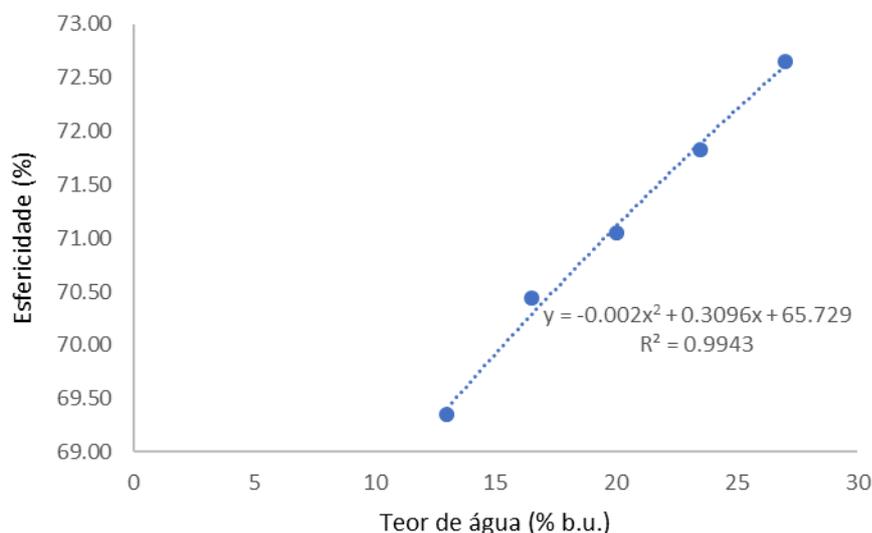


Figura 2: Gráfico dos valores de Esfericidade em função do teor de água dos grãos de milho pipoca. Santa Helena de Goiás – GO, UEG 2017.

Os valores da esfericidade obtiverão o mesmo comportamento da circularidade, nota-se que não houve diferença para as temperaturas de 40 e 40/60°C, sendo a temperatura de 60°C a que apresentou a maior média diferindo-se das demais. Os resultados obtidos estão relacionados, com o comportamento do grão, tendo uma menor contração do eixo maior (A) durante o processo de secagem, já que este parâmetro é inversamente proporcional à esfericidade.

TABELA 3 - Teste t student para Circularidade em função da temperatura de secagem dos grãos de milho pipoca. Santa Helena de Goiás – GO, UEG 2017.

Temperatura	Esfericidade	
	Medias (%)	
40°C	70.47	a
60°C	71.90	b
40/60°C	70.80	a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de t, a 1% de probabilidade.

Para a da massa de 100 grãos, observa-se na figura 3 que ocorreu uma redução da massa dos grãos de acordo com a redução do teor de água. Já era



previsto este comportamento, pois os grãos com teor água baixo tendem a ter uma menor massa. Segundo FILHO (2004) o peso de 100 grãos e utilizados como uma medida de qualidade, sendo utilizada para determinar o rendimento de cultivos e para cálculos de densidade.

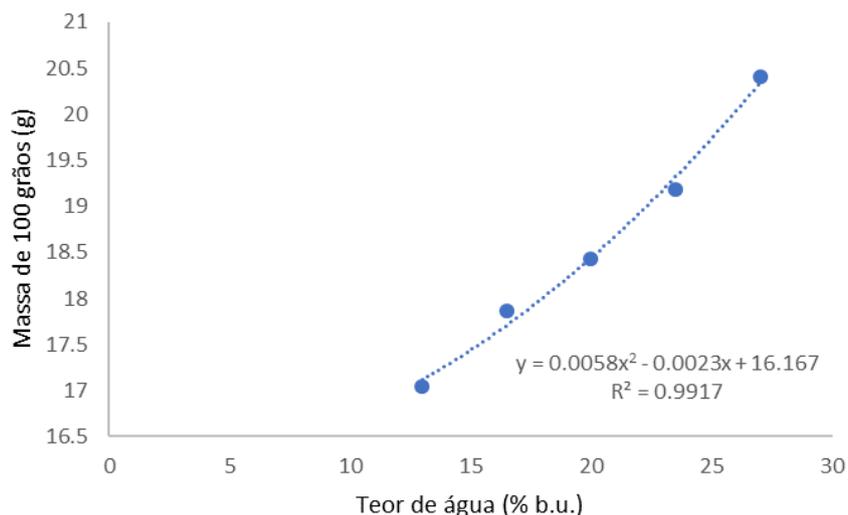


Figura 3: Gráfico de valores de Massa de 100 grãos em função do teor de água dos grãos de milho pipoca. Santa Helena de Goiás – GO, UEG 2017.

A capacidade de expansão corresponde à relação entre o volume de pipoca e o volume de grãos de milho, podendo ser expresso em volume/volume (mL/mL) na figura 4 nota-se que as maiores médias da capacidade de expansão estão relacionadas com os menores teores de água. Os valores das curvas de secagem não diferem entre si. (FREIRE, 2015) descreveram que a capacidade de expansão é afetada principalmente pelo teor de água mas, outros fatores, como grau de dano no pericarpo e endosperma e pelo método de secagem, podem interferir nos resultados. Os autores recomendam avaliar a capacidade de expansão quando o teor de água está entre 10,4 e 14%. Sendo assim para as três temperaturas, o teor de água com 13 % b.u, foi os que apresentarão as maiores capacidades de expansão. Porém a



temperatura de 40/60° C se diferencio das demais, apresentando aa maior média para o teor de água de 13% b.u.

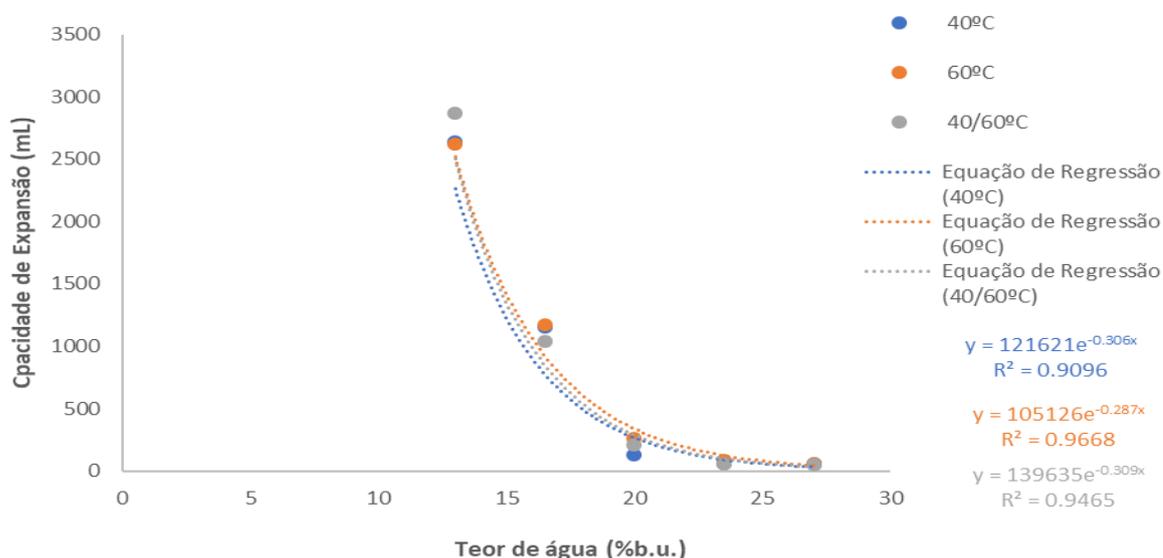


Figura 4: Gráfico de valores de Capacidade de Expansão em função do teor de água dos grãos de milho pipoca. Santa Helena de Goiás – GO, UEG 2017.

TABELA 4 - Teste tukey para o analise de Cor, Cordenadas (a*) (verde -60 ao vermelho +60) e valores de L* (luminosidade ou brilho, que pode variar do preto 0 ao branco 100) em função do teor de água dos grãos de milho pipoca. Santa Helena de Goiás – GO, UEG 2017.

Teor de Água (% b.u.)	Coordenada (a*)	(L*)
13	17.764444 a	56.088889 a
16.5	18.205556 a	54.771111 b
20	17.821111 a	54.585556 b
23.5	17.316667 ab	54.915556 ab
27	16.333333 b	57.727778 c

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade.

A análise de cor permitiu identificar variações dos cromas para amostras de grãos de milho pipoca (Tabela 4). A componente a* apresentou médias que indicam uma proximidade ao vermelho/alaranjado, sendo que o teor de água de 27% b.u. para esse parâmetro, apresentou a menor media. Por outro lado, as amostras com maiores valores de médias de L*, que indica luminosidade/brilho da cor branca à cor preta. As



amostras com teor de água de 27% obtiveram as maiores médias, indicando tonalidade mais clara do que as demais. Isso indica que os grãos de milho de pipoca apresentam coloração mais brilhante voltada para o branco, quando estão mais úmidos, comparados aos que estão mais secos, que apresentaram coloração mais escura.

Considerações Finais

Com os resultados obtidos e nas condições em que foi desenvolvido este trabalho, pode-se concluir que:

- Os valores da Circularidade, Esfericidade e Massa de 100 grãos diminuirão com a redução do teor de água dos grãos de milho de pipoca;
- A temperatura de 60° C foi a que obteve maior média, diferindo-se das demais temperaturas para a Circularidade e Esfericidade;
- O teor de 13% b.u obteve a maior Capacidade de expansão, para todas as temperaturas;
- O teor de água interfere na tonalidade da cor dos grãos de milho de pipoca, tornando-os mais escuros e opacos quando estão com teores de água mais baixos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fazenda Santa Cecília pela doação dos grãos de milho pipoca para o experimento e ao Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde de Goiás pela concessão do laboratório para as análises.

Referências

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**, Brasília: Mapa/ACS, p. 399. 2009.

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

CORADI, Paulo Carteri et al. Propriedades físicas de grãos de girassol após secagem. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta MT, v.13, n.2, p.74-77, 2015.



CORRÊA, Paulo César; SILVA, J. S. Estrutura, composição e propriedades dos grãos. SILVA, JS. **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas. 2ª. ed.** Viçosa:[sn], Cap, v. 2, 2008.

DE OLIVEIRA, Daniel Emanuel Cabral; DOS SANTOS, Maria Nalbaline Sampaio; RUFFATO, Solenir. Forma e tamanho dos grãos de milho da cultivar p3646 submetidos a diferentes condições de ar de secagem. **Nativa**, v. 2, n. 3, p. 162-165, 2014.

EMATNÉ, H. J. **Seleção recorrente intrapopulacional em milho pipoca.** Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

FACHIN, D.T. et al. **Elaboração de pós para bebidas utilizando milho pipoca.** Boletim do CEPPA, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 11-16, 1993.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v.35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FILHO, O. A. L. **Tamanho qualidade de sementes aveia preta soja.** Dissertação Mestrado em Agronomia - Uniniversidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, 2004.

FREIRE, Ana Izabella. **Avaliação da capacidade de expansão de milho-pipoca pelas técnicas de espectrometria no infravermelho próximo, composição química e microscopia eletrônica.** Dissertação (mestrado acadêmico) – Universidade Federal de Lavras, 2015.

JESUS, F. F. et al. Propriedades físicas de sementes de feijão em função de teores de água. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.21, n.1, p.09-18, jan./mar. 2013.

NOBRE, G. W. **Alterações qualitativas do café cereja descascado durante o armazenamento.** Dissertação Mestrado em Fitotecnia – Universidade Federal de Lavras, Lavras, p.135, 2005.

POPCORN. Disponível em: <<http://www.popcorn.org/Home/tabid/36/Default>>. Acessado em 15 de junho de 2018.

SAWAZAKI, E. A cultura do milho-pipoca no Brasil. **Revista O Agrônomo**, Campinas, v. 53, n. 2, p. 11-13, 2001.