

INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS E DA
POPULAÇÃO DE PLANTAS EM CARACTERES AGRONÔMICOS DE
CULTIVARES DE MILHO PIPOCA NA REGIÃO NORTE
FLUMINENSE

CÁSSIO VITTORAZZI

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MARÇO – 2013

INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS E DA
POPULAÇÃO DE PLANTAS EM CARACTERES AGRONÔMICOS DE
CULTIVARES DE MILHO PIPOCA NA REGIÃO NORTE
FLUMINENSE

CÁSSIO VITTORAZZI

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Antonio Teixeira do Amaral Junior

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MARÇO – 2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do CCTA / UENF 048/2013

Vittorazzi, Cássio

Influência do espaçamento entre linhas e da população de plantas em caracteres agronômicos de milho pipoca na Região Norte Fluminense / Cássio Vittorazzi. – 2013.

46 f. : il.

Orientador: Antonio Teixeira do Amaral Junior.

Dissertação (Mestrado - Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2013.

Bibliografia: f. 39 – 46.

1. *Zea mays* L. 2. Variedade 3. População vegetal 4. Época de semeadura I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. II. Título.

CDD – 633.15

INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS E DA
POPULAÇÃO DE PLANTAS EM CARACTERES AGRONÔMICOS DE
CULTIVARES DE MILHO PIPOCA NA REGIÃO NORTE
FLUMINENSE

CÁSSIO VITTORAZZI

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 26 de março de 2013

Comissão Examinadora

Prof. Leandro Simões Azevedo Gonçalves (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) – UEL

Prof. Fábio Cunha Coelho (D.Sc., Fitotecnia) – UENF

Prof. Alexandre Pio Viana (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Prof. Antonio Teixeira do Amaral Junior (D.Sc., Genética e Melhoramento) - UENF
(Orientador)

A Deus;
Aos meus pais Elísio e Vera Lúcia;
Cacá, irmã querida.
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e ao Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal, pela oportunidade de realização deste curso;

Os meus agradecimentos a todos que partilham comigo mais essa vitória, e com participações maiores e menores, fizeram parte de meu dia a dia durante todo esse período, trazendo também amadurecimento profissional e pessoal. Em especial, gostaria de agradecer:

Ao nosso bom DEUS pelo “Dom da Vida” e por todas as graças recebidas a cada momento da minha vida;

Aos meus pais e à irmã pelo apoio e incentivo aos estudos. E sempre estarem presentes em minha vida;

Ao Prof. Antonio Teixeira do Amaral Júnior pela valiosa orientação, confiança e ensinamentos adquiridos. Agradeço por sua imensa contribuição para minha formação profissional;

A todos os professores dos Programas de Pós-Graduação em Produção Vegetal e Genética e Melhoramento de Plantas, pelos ensinamentos e atenção prestados ao longo da graduação;

Aos Funcionários de campo da UENF, do Colégio Agrícola Antonio Sarlo de Campos dos Goytacazes, em especial ao Técnico Agrícola Geraldo Francisco de Carvalho pelo apoio durante a condução dos experimentos;

Aos colegas de curso pelo convívio e companheirismo, em especial, Thiago Rodrigues, Tarcísio Couto, Jean Moraes, Weverton Rodrigues, Marlon Altoé, Fernando Higino;

Aos companheiros da República King Size na qual convivi durante esse período, pelos bons e maus momentos vividos, entre eles Validoro Giro, Tarcísio Couto, João Batista, Geraldo David, Renê Lemos, Régis Andrade;

Aos colegas de laboratório, tanto pela amizade e companheirismo quanto pelo muito que pude aprender do contato com seus projetos e experiências profissionais. Alguns deles, Liliam Candido, Guilherme Pena, Rodrigo Moreira, Roberto Trindade, Alex Soares, Pedro Diniz, Pablo Cabral, Fernando Higino;

Aos meus grandes amigos Ismael Freitas, Sílvio Freitas e Weverton Rodrigues pelo companheirismo e amizade.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. A cultura do milho pipoca: Importância econômica	4
2.2. Melhoramento genético da cultura do milho pipoca na UENF	6
2.3. Arranjo populacional de plantas	8
2.4. Época de semeadura.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1. Local de instalação dos experimentos.....	12
3.2. Delineamento experimental	13
3.3. Tratos culturais	13
3.4. Características avaliadas.....	14
3.5. Análises estatísticas	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1. Safrinha/2011	17
4.2. Safra/2011-2012	21
4.3. Análise conjunta Safrinha - 2011 e Safra – 2011/2012.....	25
4.4. Desdobramento das interações	30
4.5. Avaliação da combinação dos níveis de fatores dos tratamentos	32
5. RESUMO E CONCLUSÕES	37
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

RESUMO

VITTORAZZI, Cássio, Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Março de 2013. INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS E DA POPULAÇÃO DE PLANTAS EM CARACTERES AGRONÔMICOS DE PRÉ-CULTIVARES DE MILHO PIPOCA NA REGIÃO NORTE FLUMINENSE. Orientador: Prof. Antonio Teixeira do Amaral Junior.

A adequação do espaçamento e da densidade de semeadura está entre as técnicas mais importantes para a obtenção de maiores rendimento de grãos para a cultura do milho. Em função disso, é que cada vez mais pesquisas têm sido realizadas buscando estudar o desempenho da cultura do milho e dos milhos especiais, como pipoca e doce, em diferentes espaçamentos e densidades de semeadura, a fim de determinar o arranjo de plantas que proporciona melhor rendimento de grãos nas áreas cultivadas. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho de um híbrido e uma variedade de milho pipoca desenvolvidos pelo programa de melhoramento genético da UENF além de um híbrido comercial, cultivados em diferentes densidades populacionais e espaçamento entre linhas, em época de safra e safrinha, a fim de otimizar a recomendação fitotécnica para os produtores rurais do Norte e Noroeste Fluminense. Não houve diferença entre as duas épocas de semeadura, para as características avaliadas. A variedade de polinização aberta UENF-14 apresentou desempenho superior aos híbridos, demonstrando seu potencial para

recomendação para a região Norte Fluminense. De maneira geral, houve aumento do rendimento de grãos com a diminuição do espaçamento entre linhas de plantio, enquanto o diâmetro de colmo diminuiu com o aumento da população de plantas por hectare. É possível realizar o cultivo em safra e safrinha na região Norte Fluminense, sem acarretar perda de rendimento, nas condições aplicadas nos experimentos. Pois os resultados demonstram que para a cultivar UENF-14 a redução do espaçamento entre linhas de plantio foi vantajosa para a produção de grãos, independente da época de semeadura.

ABSTRACT

VITTORAZZI, Cássio, Agronomy Engineer, M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. March, 2013. INFLUENCE OF THE SPACING BETWEEN ROWS AND PLANT POPULATION ON AGRONOMIC CHARACTERS OF CORN POPCORN IN THE CULTIVARS IN REGION NORTH OF RIO DE JANEIRO. Advisor: Prof. Antonio Teixeira do Amaral Junior.

The adequacy of spacing and cultivation density is among the most important techniques to the achievement higher yields to corn crops. As a result, it is increasingly seeking research has been conducted to study the performance of corn and corn special, like popcorn and sweet corn, on different spacings and cultivation densities, in order to determine the arrangement of plants provides better productivity on cultivated areas. Accordingly, the present study aimed to evaluate the performance of a hybrid and a variety of popcorn developed by Breeding Program from Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) and, a commercial hybrid, cultivated on different densities and spacing, in harvest season and off season, in order to optimize phyto- technical recommendation to farmers from North and Northwest Rio de Janeiro State. The open-pollinated UENF-14 variety had superior performance to hybrids, demonstrating their potential for recommendation to the North Rio de Janeiro State. Generalizing, increased productivity with decreased spacing between rows, while the stem diameter decreased with increasing plant population per hectare. There was no difference between two sowing dates for most of traits evaluated,

including yield and popping expansion, which are the most important to the culture. It is possible to perform the cropping season and off season in North part of Rio de Janeiro state, without causing yield loss. Thus, results demonstrate that UENF-14 variety to reduce the spacing between plant rows was advantageous to the grain production, regardless of time sowing.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o baixo rendimento de grãos da cultura do milho, na maioria das vezes, está relacionado a fatores como o uso de cultivares não adaptadas às condições regionais, à baixa fertilidade dos solos e ao arranjo populacional de plantas por unidade de área não apropriada, além de outras práticas agrícolas inadequadas realizadas no cultivo (Sangoi et al. 2001). De acordo com Almeida et al. (2000), a adequação do espaçamento e da densidade de semeadura estão entre as técnicas mais importantes para a obtenção de maiores rendimentos de grãos para a cultura.

Em função disso, é que cada vez mais pesquisas têm sido realizadas buscando estudar o desempenho da cultura do milho e dos milhos especiais, como pipoca e doce, em diferentes espaçamentos e densidades de semeadura, a fim de determinar o arranjo de plantas que proporciona melhor rendimento de grãos nas áreas cultivadas (Fancelli e Dourado Neto, 2000).

A utilização do melhor arranjo populacional incrementa o rendimento de grãos da cultura do milho, uma vez que aperfeiçoa a interceptação da radiação solar pelas plantas. O melhor arranjo maximiza a eficiência fotossintética da população, principalmente pela melhoria da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, pela conversão mais eficiente da radiação interceptada em matéria seca e pela partição de fotoassimilados nos órgãos reprodutivos (Marchão et al. 2006). Ainda, de acordo com Sangoi (2001), plantas espaçadas

de forma equidistante competem minimamente por nutrientes, luz e outros fatores, maximizando a utilização desses fatores para a produção de matéria seca.

O aumento da densidade populacional é uma forma de maximizar a interceptação da radiação solar (Sangoi e Silva, 2006). Entretanto, o número ideal de plantas por hectare é variável, uma vez que a planta de milho altera o rendimento de grãos de acordo com o grau de competição intraespecífica, proporcionado pelas diferentes densidades de plantas (Silva et al. 1999). Desta maneira, alterações na população de plantas podem afetar significativamente o rendimento (Silva et al. 2006). Outra forma de aumentar a interceptação da radiação é reduzir o espaçamento entre linhas (Argenta et al. 2001), que é mais efetiva quando são utilizadas cultivares de menor porte. Em espaçamentos maiores as cultivares demoram em fechar o espaço entre linhas e, muitas vezes, nem conseguem sombrear toda a área, ocorrendo uma forte competição dentro das linhas enquanto entre as mesmas há desperdício de espaço, água, luz e nutrientes (Candido et al. 2008).

Estudos visando à definição do melhor arranjo espacial das plantas no campo, também são importantes à medida que novas cultivares, como híbridos e variedades de milho, são registradas e recomendadas para diferentes regiões edafoclimáticas.

O programa de melhoramento de milho pipoca da Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) vem atuando, desde 1998, em duas vertentes: emprego de seleção recorrente na população UNB-2U visando elevar a frequência dos alelos favoráveis (Pereira e Amaral Júnior, 2001) e implementação de dialelos para identificar híbridos superiores e genitores para a formação de compostos (Freitas Júnior et al. 2006; Rangel et al. 2008; Silva et al. 2010).

Em 2012, o programa de melhoramento da UENF realizou o registro no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) de um híbrido e uma variedade de milho pipoca adaptados para as condições edafoclimáticas das regiões Norte e Noroeste Fluminense.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho dessas cultivares registradas no MAPA, bem como um híbrido comercial, cultivados em diferentes densidades populacionais e espaçamento entre linhas, em época de safra e safrinha, a fim de otimizar a recomendação fitotécnica para os produtores rurais do Norte e Noroeste Fluminense.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do milho pipoca: Importância econômica

O milho pipoca pertence à espécie *Zea mays* L. var. *everta* (Sturtev.) L. H. Bailey, à família Poaceae, subfamília Panicoideae e tribo Maydeae, assim como o milho dito comum, que é mais conhecido. A principal diferença entre milho pipoca e milho comum está na capacidade de expansão, ou seja, a peculiaridade que o milho pipoca tem de expandir seu endosperma, que é rico em amido, quando submetido à elevada exposição de calor. Além disso, quando comparado ao milho comum, o milho pipoca apresenta maior prolificidade, com grãos de tamanho reduzido, menor vigor e maior susceptibilidade a doenças. Como os demais tipos de milho, é uma planta herbácea, anual e monoica (Linares, 1987; Larish e Brewbaker, 1999).

O grão do milho pipoca varia quanto ao tamanho (de 0,5 a 1,0 cm), formato (redondo, chato, pontiagudo) e a coloração (creme, vermelha, roxa, preta e azul), sendo as cores branca e amarela as mais comuns (Zinsly e Machado, 1987). Os tipos de maior aceitação comercial são os de grãos redondos, tipo pérola, e com endosperma alaranjado (Ziegler e Ashman, 1994).

O milho pipoca apresenta crescimento, desenvolvimento e rendimento diferenciados nos diversos ambientes de produção. Porém, devido à falta de informações experimentais referente às práticas culturais específicas para o milho pipoca, normalmente são adotados os tratamentos culturais utilizados para o milho

comum, especialmente em relação ao tipo de solo, à época de semeadura, à densidade populacional e à adubação.

No Brasil, há evidências de que a temperatura e a precipitação são os fatores abióticos de maior influência no rendimento de grãos da cultura. As temperaturas médias ocorridas no país revelam a possibilidade de cultivo do milho pipoca em diversas regiões, uma vez que a temperatura média considerada ideal para o milho pipoca está em torno dos 30 °C. Por outro lado, por ser uma cultura bastante exigente em água, é necessária uma precipitação total em torno de 600 mm, distribuída em períodos em que o teor de água disponível no solo para a planta seja inferior a 40 %, de modo que não ocorra decréscimo na produção da cultura, o que poderia se tornar um fator limitante para a produção de milho pipoca.

De modo geral, dependendo das condições meteorológicas, a melhor época para o plantio do milho pipoca no Sudeste e no Sul do Brasil é de setembro a novembro. O ciclo da cultura é de aproximadamente 120 dias, porém as espigas podem ser colhidas entre 110 a 130 dias, quando os grãos apresentam-se com teor de umidade próximo a 15 % b.u (Santos et al. 2007).

Algumas mudanças ocorreram no mercado da cultura do milho pipoca a partir do ano 2000, em relação à década de 90, em que o plantio comercial de milho pipoca no Brasil era considerado modesto, sendo necessário um grande volume de importações, sobretudo dos Estados Unidos da América e da Argentina (Galvão et al. 2000). Parcerias entre produtores e empresas empacotadoras cresceram no país, em que a empresa seleciona a região onde será plantado o material, disponibiliza sementes e tecnologia aos produtores parceiros, aumentando, assim, o rendimento de grãos e reduzindo os custos de produção.

Sawazaki (2010), consultando as empresas de sementes, constatou que foram disponibilizados na safra de verão e safrinha de 2009/10, cerca de 73.000 kg de sementes dos híbridos nacionais (IAC 112 e IAC 125). Em relação aos híbridos exóticos, foram comercializadas cerca de 20.000 kg de sementes dos híbridos da Seedco do Brasil[®] (Pop Ten e Pop Top), e as outras empresas com maior número de híbridos americanos registrados (Yoki[®] e Agristar[®]) não informaram a quantidade de semente comercializada na safra. Considerando que a produção ainda esteja em torno de 60 mil megagramas, estima-se uma

demanda de cerca de 180 megagramas de sementes de milho pipoca para cultivo em 2013.

De acordo com as informações contidas no Agriannual (2012), a produção total de milho comum estimada de janeiro a julho de 2011 foi de 62.000.266 megagramas. Em relação ao milho pipoca, comparando-se o volume produzido entre os meses de fevereiro a julho de 2011, foram produzidas 65,4 megagramas do grão. O preço médio anual (R\$/kg) do milho pipoca, de 2005 a 2011, variou de 1,33 a 1,43 centavos de real, obtendo um preço máximo de R\$ 2,07 no ano de 2009 (Agriannual, 2012). Com isso, a saca de 30 kg do milho pipoca chega a ser comercializada por mais de R\$ 50,00, enquanto a saca de 60 kg de milho comum apresenta preço médio que varia de R\$ 23,00 a 30,00. Mesmo com a diferença de proporção entre os tipos de grãos, é possível notar que o milho pipoca está adquirindo um espaço no mercado produtivo, especialmente pela relação custo/benefício do produto (Agrolink, 2012).

2.2. Melhoramento genético da cultura do milho pipoca na UENF

No Brasil o número de instituições e melhoristas envolvidos com a cultura do milho pipoca, ainda está restrito a poucos pesquisadores de instituições públicas e algumas empresas privadas de sementes (Rangel et al. 2008; Freitas Júnior et al. 2009; Vieira et al. 2009). Entretanto, desde o ano de 2001, diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos, por esses pesquisadores, inclusive em relação ao melhoramento genético da cultura (Pereira e Amaral Junior, 2001; Scapim et al. 2010).

Mas, ainda muitos estudos são demandados, haja vista o reduzido número de cultivares de milho pipoca registradas no país. Na safra 2011/2012, por exemplo, foram disponibilizadas para comercialização 46 cultivares de milho pipoca registradas, sendo que dessas, apenas três tiveram suas sementes disponibilizadas aos produtores (RS 20, UFVM2 Barão Viçosa e IAC 125), conforme Cruz et al. (2012). Em contrapartida, 278 cultivares de milho comum foram disponibilizadas, nessa mesma safra. Portanto, o desenvolvimento de programas de melhoramento que vise disponibilizar variedades e/ou híbridos com elevado potencial agrônômico torna-se primordial para a elevação da

agroeconomia do cultivo do milho pipoca (Mendes de Paula et al. 2010; Scapim et al. 2010).

Na implementação dos programas de melhoramento, a preocupação com a reduzida base genética da cultura – que pode ter advindo de seleções do milho comum do tipo “flint” (Kantety et al. 1995) – tem despertado o interesse dos pesquisadores. Não por acaso, Miranda et al. (2008) concluíram que embora seja possível aumentar o rendimento de grãos usando materiais locais, há dificuldade de obtenção de híbridos comerciais desses genótipos no Brasil, devido ao desempenho inferior para capacidade de expansão.

Normalmente, os genótipos tropicais de milho pipoca tendem a contribuir para aumentar o rendimento de grãos enquanto os de clima temperado têm maior potencial para incrementar a capacidade de expansão. Portanto, em programas de melhoramento se deve atentar para a amplitude genética, bem como a contribuição de genótipos com genes para adaptação a ambientes tropicais e temperados.

Assim, aumentar a qualidade da pipoca e, simultaneamente, a produção de grãos são os principais objetivos do melhoramento do milho pipoca. Em seguida consideram-se as melhorias na resistência a doenças e pragas, no tamanho da espiga e do grão, caracteres altamente correlacionados com a produção e capacidade de expansão.

O programa de seleção recorrente da UENF há quatorze anos vem trabalhando com a população UNB-2U de milho pipoca, o que possibilitou o aumento da capacidade de expansão de 20 mL g⁻¹ para 31,13 mL g⁻¹, e acréscimo de 1.250,00 para 3.020,00 kg.ha⁻¹ (Ribeiro et al. 2012), resultados do sexto ciclo de seleção recorrente realizado. Certamente, esse longo tempo tenha sido necessário devido ao fato de que os três ciclos iniciais de seleção massal, realizados em Campos dos Goytacazes, possam ter provocado seleção negativa de genes para clima temperado e, conseqüentemente, tornou menor o “teto” de ganhos para capacidade de expansão por ciclo de seleção recorrente (Daros et al. 2002; Daros et al. 2004a; Freitas Júnior et al. 2006; Santos et al. 2007; Rangel et al. 2008; Santos et al. 2008; Vilela et al. 2008; Freitas Júnior et al. 2009).

Em relação ao programa de melhoramento visando à obtenção de híbridos, Silva et al. (2010), avaliando os cruzamentos dialélicos provenientes de dez linhagens de milho pipoca, oriundos da parceria entre a UENF e a Universidade

Estadual de Maringá (UEM), identificaram híbridos promissores para as regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

Com o alcance desses resultados, recentemente a UENF viabilizou o registro perante o MAPA de um híbrido simples e uma variedade de polinização aberta adaptada para as regiões Norte e Noroeste Fluminense (Amaral Junior et al. 2013).

2.3. Arranjo populacional de plantas

A alteração no espaçamento entre linhas e na densidade de semeadura resulta em diferentes arranjos espaciais, que têm sido referenciados como uma das práticas de manejo mais importantes para maximizar o rendimento de grãos do milho, por possibilitar a otimização do uso de fatores de produção como água, luz e nutrientes (Argenta et al. 2001; Demétrio, 2008). Estudos objetivando a determinação do melhor arranjo espacial de plantas em diversas culturas têm sido discutidos com maior frequência, decorrente das variações morfológicas e genéticas apresentadas pela variação de características dos novos genótipos e técnicas de manejo para a cultura.

O milho é uma das culturas mais sensíveis à variação na população de plantas. Para cada sistema de produção, existe uma população que maximiza o rendimento de grãos. Alguns pesquisadores consideram como fator determinante da densidade de plantas as características do genótipo utilizado (Silva et al. 1999). O aumento da densidade de plantas pode potencializar o rendimento de grãos de inúmeras culturas, porém até determinado limite. Esse número de plantas por área é variável devido ao grau de competição intraespecífica na área de cultivo. A redução da competição inter e intraespecífica pelos fatores de produção, obtida pelo melhor arranjo espacial entre as plantas, dá-se pelo aumento da área foliar por unidade de área, a partir dos estádios fenológicos iniciais (Johnson et al. 1998; Molin, 2000).

Devido a essa sensibilidade à variação na densidade populacional, pequenas alterações na população da cultura do milho provocam grandes modificações no rendimento de grãos (Silva et al. 2006). Por outro lado, a utilização de densidade de semeadura muito elevada pode reduzir a atividade fotossintética da cultura e a eficiência da conversão de fotoassimilados em grãos.

Sendo assim, a densidade populacional ideal é a que para um determinado genótipo, proporcione a maior produção de grãos com o menor número de plantas por unidade de área.

Os principais fatores que influenciam a escolha do arranjo de plantas de milho são: cultivar, objetivo do produtor, nível tecnológico, época de semeadura e duração da estação de crescimento na região de cultivo (Argenta et al. 2001b). Normalmente, cultivares mais precoces, de menor porte e mais eretas, permitem o uso de densidades mais elevadas e espaçamentos mais estreitos. Quanto à disponibilidade de nutrientes e hídrica, a relação com a densidade de semeadura é direta. Quanto maior a disponibilidade destes fatores, maior será a densidade recomendada. Por outro lado, em situações como no milho safrinha, em que a disponibilidade hídrica é menor e os problemas com acamamento e quebramento são maiores, a densidade de semeadura deve ser menor do que na época normal (Duarte e Cruz, 2001).

O aumento da densidade populacional pode ser obtido por meio da redução do espaçamento entre as linhas de plantio. Esta redução pode ser favorável ao aumento do rendimento de grãos quando a arquitetura das plantas permite o plantio adensado, por produzirem menor quantidade de massa, conduzindo ao melhor aproveitamento de luz e água (Argenta et al. 2001).

Para a cultura do milho comum a maioria dos produtores brasileiros concentra-se em plantio com espaçamento entre linhas relativamente alto, entre 0,80 e 0,90 cm em função da adequação às colhedoras. No entanto, já são disponibilizadas aos produtores colhedoras que realizam o trabalho em espaçamentos inferiores, de até 0,45 cm (Cruz et al. 2007). Isso tem permitido a adoção de plantios mais adensados (Fancelli e Dourado Neto, 2000).

Como o manejo da cultura do milho pipoca é baseado nas técnicas empregadas no milho comum, é possível que ao reduzir o espaçamento de plantio as colhedoras utilizadas em espaçamentos menores, também sejam utilizadas para a produção do milho pipoca, considerando que não haja nenhum tipo de dano ao pericarpo dos grãos, o que pode prejudicar a capacidade de expansão.

Outro fator que pode ser observado com a utilização de menores espaçamentos entre linhas de plantio diz respeito a uma cobertura mais rápida da superfície do solo, o que favorece a uma maior supressão das plantas daninhas,

resultando na redução de infestação. Isso pode reduzir os custos com aplicação de herbicidas e também facilitar o manejo durante outras práticas de cultivo, como adubação de cobertura e colheita, pela redução ou ausência de plantas daninhas no momento de realização dessas práticas. Também possibilita diminuir a competição dessas plantas invasoras por nutrientes e água com a cultura.

Alguns resultados satisfatórios foram encontrados com relação ao adensamento de semeadura com a redução do espaçamento entre linhas, devido ao aumento da interceptação de luz e melhor aproveitamento de água e nutrientes do solo. Farnham et al. (2002), conseguiram incremento de 340 kg.ha^{-1} ao reduzir de 0,76 para 0,50 m o espaçamento entre linhas na cultura do milho.

Porto et al. (2011), obtiveram resultados promissores ao avaliarem três variedades de milho comum em Vitória da Conquista – BA, ao verificarem resposta linear significativa e negativa entre o rendimento de grãos e os espaçamentos entre linhas de plantio, para todos os genótipos avaliados. O rendimento de grãos caiu significativamente à medida que se aumentou o espaçamento, onde o maior rendimento de grãos foi observado no espaçamento 0,40 m, sendo superior 10,2, 10,42 e 22,38 % aos espaçamentos 0,6, 0,8 e 1,0 m entre linhas, respectivamente.

A redução do espaçamento entre linhas de plantio na cultura do milho foi favorável ao aumento do rendimento de grãos também em trabalhos realizados em Lavras – MG, no qual Sergio et al. (2002), verificaram aumento do rendimento de grãos de 17 % em espaçamento de 0,70 m, quando comparado com o plantio com 0,90 m.

2.4. Época de semeadura

No Brasil, a maior parte do milho produzido pelos grandes produtores rurais é cultivada na chamada 1ª safra ou época de semeadura preferencial, sob condições de irrigação complementar (Silva et al. 2006). Porém, algumas alternativas têm sido utilizadas na expectativa de aumentar o lucro pela diminuição dos custos em práticas como a irrigação e adubação, da antecipação da época de semeadura, que culmina em influir diretamente nas características de crescimento e desenvolvimento das plantas de milho (Marchesi et al. 2010). Alternativa para incrementar a renda tem sido a realização do cultivo do milho em

2ª safra ou safrinha, que em muitas localidades do país, como nos estados do Paraná e São Paulo, deixou de ser 2ª opção de cultivo, se tornando cultura rentável.

Entretanto, a safrinha, por representar situação não convencional, requer adaptação dos genótipos às variações ambientais (Miranda Filho, 1995), uma vez que a ocorrência de condições climáticas desfavoráveis no período outono-inverno pode ser um fator considerável nas médias de rendimento das cultivares.

As cultivares adaptadas a uma determinada região para o cultivo em safrinha, geralmente não estão relacionadas com as recomendadas para safra de verão (Duarte e Paterniani, 1998). Com isso, torna-se necessária a avaliação dessas cultivares em diferentes épocas (safra e safrinha), possibilitando o conhecimento dos melhores ambientes onde cada cultivar se destaca ou apresenta limitações com relação ao desenvolvimento e posterior produção (Farinelli et al. 2003).

De acordo com Shioga et al. (1999), o cultivo do milho nesse período de safrinha, sem irrigação complementar ganhou importância devido à ausência de alternativas econômicas para esse cultivo extemporâneo. Além da possibilidade de uso racional de fatores como máquinas e equipamentos, mão de obra, solo nessa época ociosa do ano, proporciona a produção nesse período (Tsunechiro & Arias, 1997).

Por outro lado, a época de semeadura pode ser um fator limitante para a produção de milho no que diz respeito a certas doenças que ocorrem na cultura, uma vez que as moléstias podem ter maior severidade em determinadas épocas do ano. Por exemplo, Pegoraro et al. (2001), relataram que em relação a mancha-foliar causada pelo fungo *Phaeosphaeria maydis*, quando a semeadura foi realizada em dezembro e janeiro, houve redução na severidade da doença em comparação com a semeadura realizada em novembro; entretanto, o grau dessa severidade foi superior ao da observada na semeadura efetuada na safra. Resultados semelhantes foram obtidos por Brasil e Carvalho (1998), sendo que a época de semeadura foi um fator preponderante na redução do rendimento de grãos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local de instalação dos experimentos

Foram instalados dois experimentos no Colégio Estadual Agrícola “Antônio Sarlo”, em Campos dos Goytacazes, região Norte do Estado do Rio de Janeiro, situado a 21° 45' de latitude sul e 41° 20' W de longitude e a 11 m de altitude (Oliveira, 1996), clima classificado como tropical chuvoso, clima de bosque com uma precipitação média anual de 1023 mm, evapotranspiração potencial de 1601 mm anuais e temperatura média anual de 23° C (Koeppen, citado por Ometto, 1981).

O primeiro experimento foi instalado na safrinha/2011, com semeadura realizada em oito de abril de 2011. Nessa semeadura foram utilizadas duas cultivares, sendo um híbrido simples desenvolvido pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) em parceria com a Universidade Estadual de Maringá (UEM), denominado P2 x P9, e uma variedade de polinização aberta desenvolvida pelo programa de melhoramento genético de milho pipoca da UENF, denominada UENF-14.

O plantio de 1ª safra (2011/2012) foi realizado em 13 de outubro de 2011. As cultivares utilizadas neste experimento foram: i) o híbrido simples modificado IAC-112, desenvolvido pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), altamente produtivo e recomendado para várias regiões do país (Sawazaki, 2001); e ii) a variedade de polinização aberta UENF-14, desenvolvida pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (Amaral Júnior et al. 2013).

3.2. Delineamento experimental

O arranjo experimental utilizado para alocação dos tratamentos foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, onde as parcelas foram compostas por dois genótipos de milho pipoca, as subparcelas foram constituídas por três espaçamentos entre linhas de semeadura (0,45; 0,60 e 0,90 m) e as subsubparcelas foram compostas por três populações de plantas por hectare (60.000, 75.000 e 90.000 plantas.ha⁻¹). Cada unidade experimental foi composta por quatro linhas de plantio com cinco metros de comprimento, casualizando o genótipo e o arranjo utilizados, cada qual com três repetições. As duas linhas externas da unidade experimental foram utilizadas como bordaduras, considerando-se como unidade experimental efetiva apenas as duas linhas centrais. Destas, um montante de 10 plantas foram avaliadas para a mensuração das características.

3.3. Tratos culturais

Os tratos culturais realizados foram semelhantes para os dois experimentos. O sulcamento da área experimental foi realizado com o auxílio de sulcador mecânico acoplado ao trator, com o ajuste do espaçamento realizado a cada subparcela. Na semeadura foi distribuído o triplo do número de sementes necessárias, sendo que o primeiro desbaste foi realizado ainda no estágio de plântula, com 10 dias após a semeadura e o segundo no estágio de cinco folhas desenvolvidas. Na adubação de plantio, foram aplicados 300 kg ha⁻¹ da formulação de NPK 4:14:8. Em cobertura foram aplicados 300 kg ha⁻¹ de NPK 20:00:20 aproximadamente 30 dias após o plantio, seguido de uma aplicação de 150 kg ha⁻¹ de ureia quinze dias após a primeira aplicação. O controle das plantas daninhas foi realizado com a aplicação do herbicida em pré-emergência Primestra Gold[®], e a lagarta do cartucho foi controlada com aplicações, quando necessárias, do inseticida fisiológico Lannate[®] BR.

3.4. Características avaliadas

Foram avaliadas oito características morfoagronômicas, as quais são descritas a seguir:

a) Altura de planta (AP), quantificada em cm, após o pendoamento, do nível do solo à inserção da folha bandeira;

b) Altura de espiga (AE), quantificada em cm, do nível do solo à inserção da espiga inferior;

c) Prolifidade (PROL), determinada pelo número de espigas por planta;

d) Diâmetro do colmo (DC), quantificado pelo diâmetro do colmo em cm logo abaixo da espiga inferior;

e) Índice de colheita (IC), calculado pela divisão da massa de grãos pelo peso total da parte aérea de 10 plantas (grãos + massa seca) por unidade experimental;

f) Peso de 100 grãos (P100), determinado pela massa de 100 grãos em gramas;

g) Rendimento de grãos (REND), quantificado pelo rendimento de grãos da unidade experimental em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; e

h) Capacidade de expansão (CE), determinada em laboratório, com a utilização de forno micro-ondas da marca Electrolux[®] modelo MEF41, com capacidade de 31 L, potência de consumo de 1500 W. Colocando-se 30 g de sementes em pote plástico especial obtido nos EUA, na potência de 1000 W, por três minutos, em três repetições por unidade experimental. Após, quantificou-se o volume de pipoca expandida em proveta de 2.000 mL, determinando a CE expressa em $\text{mL}\cdot\text{g}^{-1}$.

3.5. Análises estatísticas

No presente trabalho, para análise dos dados dos experimentos em parcelas subdivididas, os resultados de cada safra, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) individual utilizando o modelo estatístico com a seguinte composição:

$$\gamma_{ijkl} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \varepsilon_{ij} + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \varepsilon_{jk} + \tau_l + (\alpha\tau)_{jl} + \beta\tau_{kl} + \alpha\beta\tau_{jkl} + \varepsilon_{ijkl},$$

em que:

μ = média geral;

ρ_i = efeito do i-ésimo bloco;

α_j = efeito do j-ésimo nível dos genótipos;

ε_{ij} = resíduo a (interação entre blocos e os genótipos);

β_k = efeito do k-ésimo nível da subparcela;

$(\alpha\beta)_{jk}$ = efeito da interação entre o j-ésimo nível dos genótipos e k-ésimo dos espaçamentos;

ε_{jk} = resíduo b (interação entre os genótipos e os espaçamentos);

τ_l = efeito do l-ésimo nível das densidades;

$(\alpha\tau)_{jl}$ = efeito da interação entre o j-ésimo nível dos genótipos e l-ésimo nível das densidades;

$\beta\tau_{kl}$ = efeito da interação entre o k-ésimo nível dos espaçamentos e l-ésimo nível das densidades;

$(\alpha\beta\tau)_{jkl}$ = efeito da interação entre o j-ésimo nível dos genótipos, k-ésimo nível dos espaçamentos e l-ésimo nível das densidades; e

ε_{ijkl} = resíduo c, associado à interação entre os espaçamentos e as densidades.

Tabela 1: Esquema dos fatores da análise de variância para o delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas.

Fontes de Variação	GL	QM	F
A (Blocos)	(a-1)	QMA	
B (Genótipos)	(b-1)	QMB	QMB/QME (a)
Erro (a)	(a-1) (b-1)	QME(a)	
C (Espaçamentos)	(c-1)	QMC	QMC/QME (b)
B x C	(b-1) (c-1)	QM (BxC)	QM (BxC)/QME (B)
Erro (b)	b(c-1) (a-1)	QME (B)	
D (Densidades)	(d-1)	QMD	QMD/QME (c)
B D	(b-1) (d-1)	QM (BxD)	QM (BxD)/QME (c)
CD	(c-1) (d-1)	QM (CxD)	QM (CxD)/QME (c)
BCD	(b-1) (c-1) (d-1)	QM (BxCxD)	QM (BxCxD)/QME (c)
Erro (c)	bc (d-1) (a-1)	QME (c)	
TOTAL	abcd-1		

Após a realização da análise de variância, foram comparadas as médias dos genótipos pelo teste Tukey, a 1 e 5% de probabilidade.

Posteriormente foi realizada a análise de variância individual para cada época de semeadura, considerando apenas a variedade UENF-14, a qual foi comum para ambas as safras, de acordo com o modelo de delineamento em parcela subdividida descrito a seguir:

$$\gamma_{ijk} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \varepsilon_{ij} + \beta_k + \alpha\beta_{jk} + \varepsilon_{ijk},$$

em que:

μ = média geral;

ρ_i = efeito do i-ésimo ambiente;

α_j = efeito do j-ésimo nível dos espaçamentos;

ε_{ij} = resíduo a (interação entre ambiente e os espaçamentos);

β_k = efeito do k-ésimo nível das densidades de semeadura;

$(\alpha\beta)_{jk}$ = efeito da interação entre o j-ésimo nível dos espaçamentos e k-ésimo das densidades; e

ε_{ijk} = resíduo b, associado à interação entre o ambiente, espaçamentos e as densidades.

Em seguida, realizou-se a análise conjunta entre as épocas, considerando apenas as médias obtidas para a variedade UENF-14, conforme o modelo:

$$\gamma_{ijkl} = \mu + \rho_i + \alpha_j + (\rho\alpha)_{ij} + \varepsilon_{ij} + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + (\rho\beta)_{ik} + (\rho\alpha\beta)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl},$$

Em que:

μ = média geral;

ρ_i = efeito do i-ésimo ambiente;

α_j = efeito do j-ésimo nível da parcela principal (espaçamento);

$(\rho\alpha)_{ij}$ = efeito da interação entre o ambiente e a parcela principal;

ε_{ij} = resíduo a, (associado ao ambiente, à parcela principal a interação entre o ambiente e a parcela principal);

β_k = efeito do k-ésimo nível da subparcela (densidade de semeadura);

$(\alpha\beta)_{jk}$ = efeito da interação entre o j-ésimo nível da parcela principal e k-ésimo da subparcela;

$(\rho\beta)_{ik}$ = efeito da interação entre o ambiente e a parcela principal;

$(\rho\alpha\beta)_{ijk}$ = efeito da interação entre o ambiente, parcela principal e a subparcela;

e

ε_{ijkl} = resíduo b, associado à interação entre o ambiente, a parcela principal e a subparcela.

Para as interações significativas observadas nas análises conjuntas, foi realizado o desdobramento da interação, segundo a metodologia enunciada por Pimentel-Gomes (2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Safrinha/2011

Na análise de variância individual realizada para a safrinha/2011, foram observadas diferenças significativas entre os genótipos para as características IC, P100 e CE e para densidade de semeadura apenas para DC e P100 (Tabela 2). Já para a fonte de variação espaçamento não foram verificadas diferenças significativas pelo teste F. Entretanto, foi verificada a ocorrência de interação entre genótipos x espaçamento para a característica rendimento de grãos.

A variedade de polinização aberta UENF-14 teve desempenho superior ao híbrido P2 x P9 para as características IC, P100 e CE, de acordo com o teste Tukey. Ademais, apresentou alto rendimento de grãos ($3.470,70 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), demonstrando seu elevado potencial para recomendação de cultivo para a região Norte Fluminense (Tabela 3).

O índice de colheita expressa a síntese, translocação, partição e o acúmulo de produtos fotoassimilados. Dessa forma, a variedade UENF-14 demonstrou melhor capacidade de produção de biomassa, com os resultados observados para IC (0,32), conforme demonstra a Tabela 3. Argenta et al. (2001), avaliando híbridos simples de milho em Eldorado do Sul-RS, observaram diferenças entre os genótipos para esta característica ao avaliar diferentes espaçamentos e populações de plantas por hectare. Isso pode ser explicado pela melhor adaptação da variedade às condições climáticas e de cultivo aplicadas.

Tabela 2. Quadrados médios, médias e coeficientes de variação da análise de variância para as características altura de planta (AP) e espiga (AE), prolificidade (PROL), diâmetro de colmo (DC), índice de colheita (IC), rendimento de grãos (REND), peso de 100 grãos (P100) e capacidade de expansão (CE) em cultivares de milho pipoca cultivadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades de semeadura no município de Campos dos Goytacazes – RJ, safrinha 2011.

FV	GL	QM							
		AP	AE	PROL	DC	IC	REND	P100	CE
Bloco	2	0,671	0,344	0,53	6,17	0,0051	503032,06	4,83	35,05
Genótipos(g)	1	0,424 ^{ns}	0,105 ^{ns}	1,14 ^{ns}	86,98 ^{ns}	0,0205*	405603,47 ^{ns}	82,81*	165,94**
Erro(a)	2	0,144	0,104	0,20	6,12	0,0008	2376541,51	3,42	0,30
Espaçamento(b)	2	0,049 ^{ns}	0,032 ^{ns}	0,22 ^{ns}	5,02 ^{ns}	0,0038 ^{ns}	1401525,05**	2,87 ^{ns}	5,93 ^{ns}
g*b	2	0,008 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,08 ^{ns}	2,85 ^{ns}	0,0007 ^{ns}	2709426,03 ^{ns}	1,22 ^{ns}	3,59 ^{ns}
Erro(b)	8	0,030	0,024	0,09	1,71	0,0032	117221,44	2,63	7,59
Densidade(c)	2	0,007 ^{ns}	0,020 ^{ns}	0,32 ^{ns}	4,92*	0,0007 ^{ns}	939323,04 ^{ns}	10,19*	17,09 ^{ns}
g*c	2	0,007 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,0033 ^{ns}	806190,23 ^{ns}	0,95 ^{ns}	4,46 ^{ns}
b*c	4	0,012 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	222001,04 ^{ns}	2,40 ^{ns}	13,48 ^{ns}
g*b*c	4	0,003 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,23 ^{ns}	1,32 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	644906,07 ^{ns}	7,26 ^{ns}	12,63 ^{ns}
Erro(c)	24	0,112	0,009	0,10	1,19	0,0021	406564,13	2,77	8,07
Médias		1,880	0,983	2,195	16,004	0,300	3384,053	13,682	27,012
CV% parcela		20,18	32,80	20,37	15,45	9,43	45,55	13,52	2,03
CV% subparcela		9,21	49,84	13,66	8,17	18,85	10,12	11,85	10,20
CV% subsubparcela		5,64	10,12	14,41	6,83	15,56	18,84	12,16	10,52

** , *; Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Tabela 3. Médias das características altura de planta (AP) e espiga (AE), prolificidade (PROL), diâmetro de colmo (DC), índice de colheita (IC), rendimento de grãos (REND), peso de 100 grãos (P100) e capacidade de expansão (CE), em função de diferentes genótipos, espaçamentos entre linhas de plantio e densidades de semeadura no município de Campos dos Goytacazes – RJ, safrinha 2011.

Tratamento	AP	AE	PROL	DC	IC	REND	P100	CE
Genótipos								
P2 x P9	1,96a	1,03a	2,34a	17,27a	0,28b	3297,4a	12,44b	25,26b
UENF 14	1,79a	0,94a	2,05a	14,73a	0,32a	3470,7a	14,92a	28,76a
Espaçamentos								
0,45 m	1,94a	1,03a	2,14a	16,50a	0,29a	3623,6a	13,22a	27,49a
0,60 m	1,83a	0,95a	2,12a	16,06a	0,28a	3450,9a	13,91a	27,16a
0,90 m	1,86a	0,97a	2,32a	15,44a	0,31a	3077,7b	13,91a	26,37a
Densidades								
60.000 plantas.ha ⁻¹	1,87a	0,97a	2,34a	16,56a	0,30a	3137,4a	14,37a	25,90a
75.000 plantas.ha ⁻¹	1,86a	0,96a	2,15a	15,91ab	0,30a	3426,4a	13,79ab	27,72a
90.000 plantas.ha ⁻¹	1,90a	1,02a	2,08a	15,53b	0,29a	3588,4a	12,87b	27,41a

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação aos espaçamentos entre linhas, foi observado que houve aumento do rendimento de grãos das cultivares conforme se diminuiu o espaçamento entre linhas de semeadura. Ao reduzir o espaçamento de 0,90 para 0,60 m, o ganho na produção foi de aproximadamente 400 kg.ha⁻¹ (Tabela 3).

Trabalhando com milho comum, Sergio et al. (2002), verificaram aumento de 17 % na no rendimento de grãos, ao reduzirem o espaçamento de 0,90 para 0,70 m. Os resultados obtidos por Santos et al. (2007) para rendimento de grãos revelaram que a redução do espaçamento entre linhas de 1,0 para 0,5 m proporcionou incremento de 8 % no rendimento de grãos para as cultivares de milho avaliadas. Esse ganho de rendimento de grãos possivelmente ocorreu devido à diminuição da competição entre as plantas dentro das linhas de semeadura, ocasionada pela redução do espaçamento entre linhas, uma vez

que ao reduzir o espaçamento entre linhas, é automaticamente aumentada a distância entre as plantas dentro das linhas de semeadura (Santos et al. 2007).

Analisando as densidades de semeadura, verificaram-se diferenças significativas para DC e P100, dentre as características avaliadas. Para essas duas variáveis, houve diminuição das médias com o aumento das populações de plantas. O DC reduziu sua média em 1,03 mm, nas populações de 60.000 e 90.000 plantas.ha⁻¹, respectivamente. Essa diminuição do DC em função do aumento da população de plantas também foi observado por Demétrio et al. (2008), ao avaliarem o desempenho de híbridos de milho comum em diferentes populações de plantas. Gross et al. (2006), atribuem esse decréscimo do diâmetro de colmo em populações adensadas a competição entre as plantas em cultivo pelos recursos do meio, como por exemplo, água, luz e elementos nutricionais.

Entretanto, esses resultados discordam dos encontrados por Queiroz (2011), que trabalhando com híbridos de milho pipoca em diferentes populações de plantas, não observou diferença na média de DC com a redução da densidade de semeadura, em cultivo realizado no período de safrinha com espaçamento entre linhas de 0,90 m.

O aumento da população de plantas também resultou em redução gradativa do P100. A maior média (14,37 g) foi encontrada na população de 60.000 plantas.ha⁻¹. Isso certamente está relacionado à maior competição por fatores como luz e nutrientes entre as plantas, em áreas de cultivo adensadas.

Geralmente nessas condições, as plantas produzem espigas menores, determinando também o surgimento de grãos menores, e conseqüentemente em menores massas dos grãos colhidos. Demétrio et al. (2008), ao analisarem a massa de mil grãos em milho comum em diversas populações de plantas, encontraram maiores valores para essa característica em densidades entre 50.000 e 70.000 plantas.ha⁻¹.

Entretanto, esses resultados divergem dos encontrados por Queiroz (2011), que avaliando peso de mil grãos de milho pipoca em safrinha, não verificou diferença significativa com o aumento da população de plantas, que variou entre 40.000 e 100.000 plantas.ha⁻¹.

4.2. Safra/2011-2012

Na Tabela 4, encontra-se o resumo da análise de variância individual para as características avaliadas na safra/2011-2012. Os resultados obtidos constataram diferenças significativas para genótipos, nas características REND, CE e P100.

Considerando a fonte de variação espaçamento entre linhas de semeadura, foi verificado efeito significativo apenas para a REND. Já para população de plantas, foram observadas diferenças significativas em cinco características, AE, PROL, DC, CE e REND.

A cultivar UENF-14 proporcionou produção na safra 2011/2012 aproximadamente 600 kg.ha⁻¹ superior a ao rendimento de grãos do híbrido comercial IAC-112. Isso demonstra o grande potencial de produção desta variedade na região Norte Fluminense (Tabela 5). Com relação a P100, a UENF-14 também superou o híbrido IAC-112, fato que pode ser explicado pelo elevado vigor e desenvolvimento vegetativo desta variedade nas situações de cultivo e condições climáticas da região. Por outro lado, para o híbrido IAC-112 apresentou melhor desempenho para CE do que a variedade UENF-14.

Analisando os espaçamentos entre linhas de semeadura, verificou-se que apenas o rendimento de grãos foi alterado com a mudança dos espaçamentos. Isso evidencia a possibilidade de aumentar o rendimento de grãos apenas com a redução do espaçamento de plantio, sem que ocorram modificações nas

Tabela 4. Quadrados médios, médias e coeficientes de variação da análise de variância para as características altura de planta (AP) e espiga (AE), prolificidade (PROL), diâmetro de colmo (DC), índice de colheita (IC), rendimento de grãos (REND), peso de 100 grãos (P100) e capacidade de expansão (CE) em cultivares de milho pipoca cultivadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades de semeadura, no município de Campos dos Goytacazes – RJ, safra 2011/2012.

FV	GL	QM							
		AP	AE	PROL	DC	IC	REND	P100	CE
Bloco	2	0,018	0,009	0,042	3,181	0,0005	614241,72	0,065	13,389
Genótipos(g)	1	0,046 ^{ns}	0,043 ^{ns}	0,156 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,0074 ^{ns}	4741926,00*	31,069**	474,074*
Erro(a)	2	0,006	0,018	0,232	0,994	0,0007	149752,72	0,195	11,796
Espaçamento(b)	2	0,021 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,012 ^{ns}	1,089 ^{ns}	0,0011 ^{ns}	2105044,67**	1,463 ^{ns}	10,667 ^{ns}
g*b	2	0,008 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,092*	0,260 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	379940,67 ^{ns}	1,989 ^{ns}	19,185 ^{ns}
Erro(b)	8	0,010	0,010	0,014	1,239	0,0007	138709,81	0,960	4,398
Densidade(c)	2	0,033 ^{ns}	0,029**	0,211**	10,641**	0,0003 ^{ns}	1602106,72**	1,004 ^{ns}	24,889*
g*c	2	0,012 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,023 ^{ns}	0,033 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	1129982,72 ^{ns}	6,198*	18,296 ^{ns}
b*c	4	0,005 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,032 ^{ns}	0,389 ^{ns}	0,0013 ^{ns}	138913,97 ^{ns}	0,598 ^{ns}	10,639 ^{ns}
g*b*c	4	0,002 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,012 ^{ns}	0,709 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	354443,81 ^{ns}	0,339 ^{ns}	6,657 ^{ns}
Erro(c)	24	0,018	0,009	0,042	3,181	0,0005	614241,72	0,065	13,389
Médias		2,223	1,203	1,328	14,414	0,159	3554,444	14,181	31,444
CV% parcela		3,63	11,06	36,26	6,92	16,64	10,88	3,12	10,92
CV% subparcela		4,49	8,35	9,07	7,72	16,64	10,48	6,91	6,67
CV% subsubparcela		3,05	3,99	13,36	5,69	19,62	17,73	7,46	7,58

** , *; Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Tabela 5. Médias das características altura de planta (AP) e espiga (AE), prolificidade (PROL), diâmetro de colmo (DC), índice de colheita (IC), rendimento de grãos (REND), peso de 100 grãos (P100) e capacidade de expansão (CE), em função de diferentes genótipos, espaçamentos entre linhas de plantio e densidades de semeadura no município de Campos dos Goytacazes – RJ, safra 2011/2012.

Tratamento	AP	AE	PROL	DC	IC	REND	P100	CE
Genótipos								
IAC-112	2,25a	1,23a	1,27a	14,41a	0,15a	3258,1b	13,42b	34,40a
UENF-14	2,19a	1,17a	1,38a	14,42a	0,17a	3850,8a	14,94a	28,48b
Espaçamentos								
0,45 m	2,21a	1,19a	1,30a	14,63a	0,17a	3737,9a	14,49a	31,00a
0,60 m	2,26a	1,22a	1,32a	14,47a	0,16a	3765,6a	14,10a	32,33a
0,90 m	2,19a	1,20a	1,35a	14,14a	0,15a	3159,9b	13,94a	31,00a
Densidades								
60.000 plantas.ha ⁻¹	2,18a	1,57a	1,45a	15,13a	0,16a	3236,7b	14,45a	31,89ab
75.000 plantas.ha ⁻¹	2,27a	1,22a	1,29b	14,50a	0,15a	3598,0ab	14,01a	32,33a
90.000 plantas.ha ⁻¹	2,22a	1,23a	1,24b	13,60b	0,16a	3828,6a	14,07a	30,11b

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

características agronômicas avaliadas. Na Tabela 5, pode-se perceber que houve um incremento de aproximadamente $600 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ apenas com a redução do espaçamento de $0,90 \text{ m}$ ($3.159,9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), para $0,60 \text{ m}$ ($3.765,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Esses dados corroboram com os encontrados por Porto et al. (2011), trabalhando com diferentes variedades de milho, em Vitória da Conquista-BA. Os autores também verificaram redução no rendimento de grãos à medida que foi aumentado o espaçamento entre linhas. No espaçamento de menor amplitude ($0,40 \text{ m}$), o rendimento de grãos chegou a superar em $22,38 \%$ o espaçamento de $1,0 \text{ m}$.

Penariol et al. (2003) obtiveram resultados satisfatórios em espaçamento de $0,40 \text{ m}$, para produção de grãos de um híbrido e uma variedade de milho comum comparado a espaçamentos maiores como $0,60$ e $0,80 \text{ m}$ entre linhas de plantio. Já Gilo et al. (2011) avaliando híbridos de milho comum não verificaram diferenças para tal característica em relação a diferentes espaçamentos entre linhas de plantio ($0,45$ e $0,90 \text{ m}$).

Foi observado aumento na prolificidade das plantas avaliadas com a diminuição das densidades populacionais utilizadas (Tabela 5). Isto pode ser explicado pelo fato de existir menor competição intraespecífica em menores populações de plantas.

Já a diminuição do diâmetro de colmo conforme se aumentou as densidades populacionais deve-se a maior competição intraespecífica por luz, em condições de adensamento (Tabela 5) por favorecer o aumento da dominância apical, resultando no estiolamento das plantas (Sangoi et al. 2002). Os resultados obtidos neste trabalho em relação ao diâmetro do colmo não corroboram com Demétrio et al. (2008), que constataram que a variação dos espaçamentos entre linhas de plantio não provocou alterações no diâmetro. Entretanto, nesse trabalho o aumento da densidade de plantas provocou significativa diminuição no diâmetro do colmo, fato também constatado por Porter et al. (1997) e Dourado Neto et al. (2003).

Para o rendimento de grãos foram constatadas diferenças significativas analisando as diferentes densidades populacionais, a exemplo do que foi observado nos diferentes espaçamentos entre linhas de plantio. Porém, diferentemente do espaçamento entre linhas, à medida que as densidades populacionais foram aumentadas o rendimento de grãos dos genótipos também

aumentou. Houve um incremento de aproximadamente 12 % quando a população de plantas passou de 60.000 para 90.000 plantas por hectare (Tabela 5).

Esse incremento do rendimento de grãos com o aumento das plantas por unidade de área corrobora com os resultados obtidos por Queiroz (2011), que trabalhando com dois híbridos de milho pipoca na safra de verão de 2010, em Maringá-PR, observou um aumento linear no rendimento de grãos. A cada 10.000 plantas por hectare adicionadas à lavoura de milho pipoca, verificou-se um acréscimo no rendimento de grãos de aproximadamente 200 kg.ha⁻¹. Da mesma forma, vários outros autores, como Porter et al. (1997), Argenta et al. (2001), Penariol et al. (2003), Flesch e Vieira (2004), Scheeren et al. (2004), e Sangoi et al. (2006), observaram resultados semelhantes ao deste trabalho na cultura do milho comum. Porém, Kappes et al. (2011), verificaram uma resposta quadrática nas respostas para produção de grãos, uma vez que o incremento da população atingiu um ponto máximo de produção, declinando em populações superiores a 80.000 plantas.ha⁻¹.

Para a característica capacidade de expansão, foi verificada uma variação negativa com o incremento da população de plantas. Na densidade populacional de 90.000 plantas.ha⁻¹, ocorreu o menor resultado, (30,11 mL.g⁻¹) de CE. Estes resultados estão em consonância com os obtidos por Queiroz (2011), já que os autores também observaram diminuição da capacidade de expansão com o aumento da população de plantas por hectare de plantio.

4.3. Análise conjunta Safrinha - 2011 e Safra – 2011/2012

Na Tabela 6 há o resumo da análise de variância conjunta de oito características agrônômicas da cultivar UENF-14, cultivada em duas épocas de semeadura (safrinha/2011 e safra 2011/2012), em diferentes espaçamentos entre linhas de plantio e populações de plantas.

Para as épocas de semeadura, foram observadas diferenças significativas para a altura de planta, a prolificidade e o índice de colheita. Considerando que as duas variáveis mais importantes para a cultura do milho pipoca, REND e CE, não revelaram diferenças significativas para essa fonte de variação, pode-se constatar que o cultivo da variedade UENF-14 poderá ser realizado nas

Tabela 6. Quadrados médios, médias e coeficientes de variação da análise de variância conjunta para as características altura de planta (AP) e espiga (AE), prolificidade (PROL), diâmetro de colmo (DC), índice de colheita (IC), rendimento de grãos (REND), peso de 100 grãos (P100) e capacidade de expansão (CE) na cultivar de milho pipoca UENF-14 cultivada em duas épocas de semeadura, diferentes espaçamentos entre linhas e densidades de semeadura no município de Campos dos Goytacazes – RJ, safinha 2011 e safra 2011/2012.

FV	GL	QM							
		AP	AE	PROL	DC	IC	REND	P100	CE
Bloco	2	0,054	0,020	0,141	4,977	0,0022	1136353,56	2,736	26,167
Épocas de Semeadura(es)	1	2,174*	0,750 ^{ns}	6,027**	0,600 ^{ns}	0,2774**	1949780,02 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,296 ^{ns}
Erro(a)	2	0,110	0,065	0,022	3,357	0,0015	759086,74	2,708	0,130
Espaçamento(b)	2	0,022 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,146 ^{ns}	2,899 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	2411350,22**	1,166 ^{ns}	1,722 ^{ns}
es·b	2	0,020 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,051 ^{ns}	0,728 ^{ns}	0,0035 ^{ns}	847032,52*	0,924 ^{ns}	16,352 ^{ns}
Erro(b)	8	0,034	0,029	0,083	4,393	0,0016	133629,43	1,866	6,204
Densidade(c)	2	0,005 ^{ns}	0,015 ^{ns}	0,192*	17,006*	0,0026 ^{ns}	3088661,17**	4,451 ^{ns}	13,722 ^{ns}
es·c	2	0,011 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,025 ^{ns}	1,198 ^{ns}	0,0007 ^{ns}	555892,80 ^{ns}	6,100 ^{ns}	6,352 ^{ns}
b·c	4	0,009 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,195 ^{ns}	4,265 ^{ns}	0,0017 ^{ns}	434327,39 ^{ns}	1,492 ^{ns}	10,361 ^{ns}
es·b·c	4	0,002 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,131 ^{ns}	4,367 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	644873,13 ^{ns}	3,410 ^{ns}	6,157 ^{ns}
Erro(c)	24	0,054	0,020	0,141	4,977	0,0022	1136353,56	2,736	26,167
Médias		1,99	1,05	1,71	14,31	0,24	3660,28	14,93	28,55
CV% parcela		16,66	24,28	8,67	12,80	16,14	23,80	11,02	1,26
CV% subparcela		9,26	16,22	16,85	14,65	16,67	9,98	9,15	8,72
CV% subsubparcela		4,48	7,23	11,28	14,48	17,53	17,26	9,49	10,02

** , *; Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

duas épocas, sem maiores prejuízos tanto para rendimento de grãos quanto para a capacidade de expansão.

Considerando a subparcela representada pelos espaçamentos entre linhas de plantio, houve diferença significativa apenas para o rendimento de grãos, a exemplo dos resultados apresentados na safra (Tabela 4), em que a variação dos espaçamentos provocou alteração significativa no rendimento de grãos por unidade de área. Constatou-se também a ocorrência de interação entre as épocas de semeadura x espaçamento, para a característica rendimento de grãos. Isso significa que o rendimento de grãos nas diferentes épocas de semeadura foi influenciado pelos espaçamentos entre linhas adotados.

Com relação às densidades populacionais, também foi observado significância para o rendimento de grãos, além das características prolificidade de plantas e diâmetro de colmo. Para as demais interações, não foram observados efeitos significativos.

Na Tabela 7 estão os resultados obtidos por meio do teste de comparação múltipla entre as médias da cultivar UENF-14 para duas épocas de semeadura, com diferentes espaçamentos entre linhas de plantio e densidades populacionais.

A diferença observada entre as duas épocas de semeadura para a característica altura de plantas (Tabela 7) pode ser explicada pelo fato de fatores ambientais como pluviosidade, luminosidade e temperatura na época de safrinha serem menos favoráveis ao cultivo do milho pipoca comparado a época de semeadura preferencial (safra). Nesse sentido, o desenvolvimento vegetativo pode ser menor, influenciando características como a altura de plantas e o índice de colheita (Tabela 7). A diferença significativa verificada para o índice de colheita afirma esta constatação, uma vez que a relação entre massa de grãos e peso seco total da parte aérea da planta foi maior na safrinha (0,31), ao passo que na safra o valor foi 0,17.

Entretanto, para as variações de espaçamento entre linhas de plantio e densidades populacionais, IC permaneceu sem variação significativa. Autores como Martins & Costa (2003) e Demétrio et al. (2008) também não obtiveram diferenças nas médias de altura das plantas, com a diminuição do espaçamento entre linhas de plantio, o mesmo

Tabela 7. Teste Tukey em 5% de probabilidade de comparação múltipla entre as médias da cultivar UENF-14..

Tratamento	AP	AE	PROL	DC	IC	REND	P100	CE
Épocas de Semeaduras								
Safrinha	1,79b	0,94a	2,05a	14,21a	0,31a	3470,3a	14,92a	28,63a
Safra	2,19a	1,17a	1,38b	14,42a	0,17b	3850,3a	14,94a	28,48a
Espaçamentos								
0,45 m	2,03a	1,08a	1,61a	14,33a	0,25a	3747,6a	14,81a	28,50a
0,60 m	1,98a	1,05a	1,75a	14,70a	0,24a	3974,7a	14,75a	28,89a
0,90 m	1,96a	1,03a	1,78a	13,90a	0,24a	3258,5b	15,22a	28,28a
Densidades								
60.000 plantas.ha ⁻¹	1,97a	1,03a	1,83a	15,16a	0,24a	3283,6b	15,48a	27,55a
75.000 plantas.ha ⁻¹	1,99a	1,05a	1,69ab	14,53ab	0,23a	3593,4ab	14,42a	29,17a
90.000 plantas.ha ⁻¹	2,01a	1,09a	1,62b	13,25b	0,25a	4103,9a	14,78a	28,94a

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

ocorrendo na avaliação de híbridos de milho comum com a variação de densidades populacionais investigada por Lima et al. (2012).

A exemplo do que foi observado nas diferentes épocas de semeadura individualmente, com a diminuição do espaçamento entre linhas de plantio, houve aumento significativo no rendimento de grãos (Tabela 7). Constatou-se aumento de aproximadamente 11,5 % nesta característica, no espaçamento de 0,45 m em relação ao maior espaçamento. Resultado diferente foi obtido por Kappes et al. (2011), que trabalhando com híbridos de milho comum, em Selvíria-MS, não verificaram aumento no rendimento de grãos com a redução do espaçamento entre linhas.

Alguns genótipos podem não responder a redução do espaçamento entre linhas de plantio para o aumento do rendimento de grãos. Argenta et al. (2001), avaliando diferentes cultivares de milho comum, obtiveram aumento linear da produção de grãos para a cultivar C 901, com a diminuição do espaçamento entre linhas de plantio. Porém, os mesmos autores não constataram diferenças para a cultivar denominada XL 212, nos mesmos tratamentos.

Houve diferença significativa na fonte de variação população de plantas para as características prolificidade, diâmetro de colmo e rendimento de grãos. Para PROL e DC, houve redução nas médias à medida que se aumentou a população de plantas. Já para REND, as médias aumentaram conforme se aumentou a população de plantas, sendo o maior rendimento de grãos obtido no tratamento com 90.000 plantas.ha⁻¹, com estimativa de rendimento de 4.103,9 kg.ha⁻¹ (Tabela 7).

Houve incremento de aproximadamente 25 % no rendimento de grãos com aumento da população de plantas de 60.000 para 90.000 plantas.ha⁻¹. Demétrio et al. (2008), também observaram evolução trabalhando com dois híbridos de milho comum, porém, esse incremento aconteceu até determinado ponto, já que a partir de 80.000 plantas.ha⁻¹ houve uma diminuição do rendimento de grãos. Isto está associado às características de cada genótipo.

Queiroz (2011) obteve resultados semelhantes, em que com o aumento da densidade de plantas o rendimento de grãos respondeu de forma crescente e linear. Porém, para o cultivo em safra de verão ocorreram resultados semelhantes a Dourado Neto et al. (2003), Martins & Costa, (2003), Penariol et al. (2003), Resende et al. (2003), Flesch & Vieira, (2004), Alvarez et al. (2006) e Gross et al.

(2006) para a cultura do milho, em que o crescimento do rendimento de grãos aconteceu até determinada população de plantas por hectare. No estudo realizado por Queiroz (2011) a redução desta característica aconteceu a partir de 70.000 plantas.ha⁻¹.

A variedade UENF-14 é considerada prolífica, o que pode explicar a sua variação com as diferentes densidades. Segundo Pereira Filho (1991), acontece certa compensação por meio do aumento do número de espigas em densidades menores, em razão da prolificidade do genótipo utilizado.

A diminuição do diâmetro do colmo com o aumento da população de plantas encontrada no presente trabalho (Tabela 6), corrobora os resultados obtidos por Porter et al. (1997), Dourado Neto et al. (2003) e Demétrio et al. (2008). O aumento da densidade populacional aumenta automaticamente a competição por nutrientes, água e luz, por exemplo, entre as plantas da cultura, fato que interfere no desenvolvimento vegetativo resultando em menor massa (Gross et al. 2006). Um dos resultados dessa competição intraespecífica pela aproximação das plantas pelo aumento da densidade é a redução diâmetro de colmo.

4.4. Desdobramento das interações

A Tabela 8 contém os resultados do desdobramento da interação entre as épocas de semeadura e espaçamentos entre linhas de plantio, para rendimento de grãos na safrinha/2011 e safra/2011-2012, da variedade de polinização aberta UENF-14.

Pode-se observar que o rendimento de grãos nas distintas épocas de semeadura foi influenciado pelos diferentes espaçamentos entre linhas de plantio, de forma que houve aumento no rendimento tanto para safrinha quanto para safra com a redução dos espaçamentos entre linhas (0,45 m). Na safrinha, a redução do espaçamento de 0,90 m para 0,60 m incrementou a produção de grãos em aproximados 22 %. Já para a safra a mesma redução fez a produção aumentar de 3.322,00 kg.ha⁻¹ para 4.040,77 kg.ha⁻¹, chegando a 4.188,11 kg.ha⁻¹ no menor espaçamento de 0,45 m entre linhas de plantio. Esta constatação demonstra que para a cultivar UENF-14 a redução do espaçamento entre linhas de plantio foi vantajosa para a produção de grãos, independente da época de semeadura.

Kappes et al. (2011) trabalhando com diferentes híbridos de milho comum obtiveram resultados que corroboram com os do presente trabalho, para o híbrido AG 9010 onde suas características proporcionaram tal adequação a redução do espaçamento entre linhas. Porém, para outros híbridos avaliados pelos mesmos autores XB 6010, XB 6012, XB 7253 e XB 9003 a redução do espaçamento não incrementou o rendimento de grãos. Foi verificada diferença significativa entre as épocas de semeadura apenas no menor espaçamento entre linhas (0,45 m), sendo que na safrinha-2011 a produção de grãos foi aproximadamente 27 % inferior à produção de grãos na safra-2011/2012 utilizando-se o mesmo espaçamento (Tabela 8).

Shioga e Gerage, (2010), avaliando diferentes épocas de semeadura no desempenho da cultura do milho na safrinha, em quatro localidades do Estado do Paraná, observaram que plantios mais tardios prejudicaram o rendimento de grãos em consequência do baixo acúmulo de graus-dia, pela diminuição da temperatura ambiente. Esta limitação pode explicar os menores valores para a produção de grãos na safrinha, podendo ser corrigido pela realização de plantios mais precoces, evitando os meses de menores temperaturas do ano.

Trabalhando com diferentes cultivares de milho pipoca, Nunes et al. (2003) obtiveram diferentes respostas no desempenho dessas cultivares em relação a diferentes épocas de semeadura, justificando que as razões de variação para o rendimento de grãos são decorrentes das condições climáticas, com destaque para a temperatura e precipitação.

Tabela 8. Desdobramento da interação entre épocas de semeadura e espaçamento entre linhas de plantio, para rendimento de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), na variedade de polinização aberta UENF-14, no município de Campos dos Goytacazes – RJ, na safrinha 2011 e safra 2011/2012.

Épocas de Semeadura	Espaçamento entre linhas (m)		
	0,45	0,60	0,90
Safrinha-2011	3307,11 abB	3908,67 aA	3195,00 bA
Safra-2011/2012	4188,11 aA	4040,77 aA	3322,00 bA

Médias seguidas por mesma letra minúscula, nas linhas, e por mesma letra maiúscula, nas colunas, não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

4.5. Avaliação da combinação dos níveis de fatores dos tratamentos

Encontram-se na Tabela 9 os resultados obtidos pela análise de variância para a variedade UENF-14 cultivada em duas épocas de semeadura, com nove tratamentos constituídos pela combinação de três espaçamentos entre linhas de plantio e três densidades populacionais.

Analisando a fonte de variação “ambiente”, composta pelas duas épocas de semeadura, verificaram-se diferenças significativas para as características AP, AE, PROL, IC e REND. Em relação aos tratamentos formados pela combinação dos espaçamentos e densidades populacionais, foi constatada diferença significativa para prolificidade de plantas, diâmetro de colmo e rendimento de grãos por hectare de plantio. Já para a interação tratamentos x ambiente não foram verificadas diferenças significativas para quaisquer das características avaliadas.

Na Tabela 10, verifica-se o teste de médias para as significâncias observadas nas épocas de semeadura e as combinações dos diferentes espaçamentos entre linhas de plantio e densidades populacionais por unidade de área (tratamentos).

Com relação ao número de espigas por planta, ocorreu maior estimativa de média (2,05) na safrinha enquanto na safra essa média declinou para 1,38 espigas por planta (Tabela 10). Isso provavelmente ocorreu pelo fato das plantas apresentarem certa compensação por meio do aumento de espigas em situações adversas, que provocam menores desenvolvimentos

Tabela 9. Quadrados médios, médias e coeficientes de variação da análise de variância conjunta para as características altura de planta (AP) e espiga (AE), prolificidade (PROL), diâmetro de colmo (DC), índice de colheita (IC), rendimento de grãos (REND), peso de 100 grãos (P100) e capacidade de expansão (CE) na cultivar de milho pipoca UENF-14 em duas épocas de semeadura, combinando os diferentes espaçamentos entre linhas e densidades de semeadura, no município de Campos dos Goytacazes – RJ, safrinha 2011 e safra 2011/2012.

FV	GL	Características Agronômicas							
		AP	AE	PROL	DC	IC	REND	P100	AP
Bloco	2	0,0539	0,0196	0,1409	4,9770	0,0021	1136353,56	2,7364	0,0539
Ambiente	1	2,1740**	0,7502**	6,0267**	0,6002 ^{ns}	0,2773**	1949780,02*	0,0050 ^{ns}	2,1740 ^{ns}
Tratamentos	8	0,0115 ^{ns}	0,0087 ^{ns}	0,1819**	7,1086**	0,0015 ^{ns}	1592166,54**	2,1500 ^{ns}	0,0115 ^{ns}
Amb*Trat	8	0,0087 ^{ns}	0,0041 ^{ns}	0,0845 ^{ns}	0,8220 ^{ns}	0,0014 ^{ns}	673167,89 ^{ns}	3,4610 ^{ns}	8,7546 ^{ns}
Erro	34	0,0200	0,0147	0,0472	0,8562	0,0017	358060,77	2,0168	7,2451
Médias		1,99	1,05	1,71	14,31	0,24	3660,28	14,93	28,55
CV (%)		7,10	11,47	12,66	6,35	17,26	16,35	9,51	9,43

** , *; Significativo em 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Tabela 10. Teste de comparação múltipla entre as médias da cultivar UENF-14 em duas épocas de semeadura com a combinação de diferentes espaçamentos entre linhas e densidades de semeadura no município de Campos dos Goytacazes – RJ, safrinha 2011 e safra 2011/2012, pelo teste Tukey, em 5% de probabilidade.

Tratamentos	Características Agronômicas							
	AP	AE	PROL	DC	IC	REND	P100	CE
Épocas de semeaduras								
Safrinha/2011	1,79b	0,94b	2,05a	14,73a	0,31a	3470,3b	14,92a	28,63a
Safra/2011-2012	2,19a	1,17a	1,38b	14,42a	0,17b	3850,3a	14,94a	28,48a
Combinação de tratamentos								
0,45 – 60.000	1,99a	1,04a	1,65b	15,20a	0,24a	3139,3c	15,56a	27,33a
0,45 – 75.000	2,06a	1,10a	1,63b	15,44a	0,24a	3780,3abc	14,44a	28,00a
0,45 – 90.000	2,04a	1,09a	1,55b	12,36abc	0,25a	4323,2ab	14,42a	30,16a
0,60 – 60.000	1,99a	1,02a	2,06a	15,23a	0,26a	3506,0abc	14,70a	28,83a
0,60 – 75.000	1,93a	0,99a	1,53b	14,77abc	0,21a	3863,7abc	14,71a	29,33a
0,60 – 90.000	2,02a	1,09a	1,65b	14,11abc	0,25a	4554,5a	14,84a	28,50a
0,90 – 60.000	1,93a	1,04a	1,76ab	15,06ab	0,23a	3205,3bc	16,18a	26,50a
0,90 – 75.000	1,99a	1,05a	1,91ab	13,36bc	0,23a	3136,2c	14,41a	30,16a
0,90 – 90.000	1,96a	1,08a	1,66ab	13,29c	0,25a	3434,0abc	15,07a	28,16a

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

vegetativos dessas plantas, com o intento de não diminuir a produção de grãos (Pereira Filho, 1991).

As características altura de planta e altura da inserção da primeira espiga demonstram que na safra ou época preferencial para o plantio, as condições de temperatura, luminosidade e pluviosidade, por exemplo, por serem mais adequadas ao cultivo do milho pipoca, resultaram em um maior desenvolvimento vegetativo. Este fato também pode ser confirmado pelo índice de colheita (relação entre a massa de grãos e matéria seca total aérea da planta), que ao apresentar menor média na safra evidenciou esse aumento no desenvolvimento vegetativo das plantas de milho pipoca (Tabela 10).

O maior rendimento de grãos – e de outras características – na safra/2011-2012 (3.850,30 kg.ha⁻¹ comprova a melhor condição de cultivo na safra em relação à safrinha, que proporcionou estimativa de média de rendimento de grãos de 3.470,30 kg.ha⁻¹ conforme descrito na Tabela 10.

Nas combinações dos espaçamentos entre linhas de plantio e densidades populacionais, constatou-se que a combinação de espaçamento 0,60 m entre linhas e a densidade populacional de 90.000 plantas.ha⁻¹ proporcionaram os melhores resultados para as características avaliadas.

Esse resultado está relacionado à equidistância entre as plantas de milho. Relacionando a prolificidade com a produção de grãos, observou-se que o arranjo que expressou maior resultado não foi o que conteve maior rendimento de grãos isoladamente. Este arranjo apesar de produzir mais espigas por planta não proporcionou os mesmos resultados no rendimento de grãos, devido à baixa densidade populacional.

Ainda para o espaçamento de 0,60 m entre linhas, verificou-se que ao aumentar a população de plantas, houve uma diminuição do número de espigas por planta, porém incremento na produção de grãos. Este fato demonstra que mesmo com a diminuição do número de espigas por planta, a maior população de plantas é capaz de superar esse declínio na prolificidade e incrementar o rendimento de grãos de grãos.

Argenta et al. (2001), trabalhando com híbridos simples de milho, definiram que ao aumentar a população de plantas, o número de espigas por plantas expressou decréscimo nas médias de quatro espaçamentos entre linhas diferentes.

Analisando o diâmetro do colmo, observou-se uma redução nos resultados desta variável à medida que a população de plantas foi aumentada, nas relações com os três espaçamentos entre linhas de plantio. As combinações que continham populações de 60.000 plantas.ha⁻¹, independente do espaçamento entre linhas expressaram os maiores valores para DC.

Estes resultados corroboram com os obtidos por Demétrio et al. (2008), que não encontraram diferença significativa entre diferentes espaçamentos entre linhas de plantio, porém encontraram redução para DC em virtude do aumento das populações utilizadas para o cultivo de híbridos de milho, em Jaboticabal-SP.

Considerando as variáveis mais importantes para a cultura do milho pipoca – rendimento de grãos e capacidade de expansão –, a melhor combinação de espaçamento entre linhas e densidade populacional foi o arranjo constituído por 0,60 m entre linhas e 90.000 plantas.ha⁻¹, por apresentar a maior média no rendimento de grãos, com estimativa de 4.554,5 kg.ha⁻¹. Já para a característica capacidade de expansão não foi verificada diferença significativa entre as combinações.

A variedade de polinização aberta UENF-14, foi desenvolvida pelo programa de melhoramento da UENF, utilizando em seus cultivos para experimentação espaçamento entre linhas de plantio de 0,90 m e densidade populacional aproximada de 60.000 plantas.ha⁻¹. Com isso, conclui-se que é possível incrementar consideravelmente a produção da cultivar UENF-14 com a diminuição do espaçamento entre linhas e aumento da densidade populacional, considerando o arranjo utilizado pelo programa de melhoramento para desenvolvimento da variedade, a produção de grãos foi de 3.205,3 kg.ha⁻¹.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

A adequação do espaçamento e da densidade de semeadura está entre as técnicas mais importantes para a obtenção de maiores rendimentos de grãos para a cultura do milho. Em função disso, é que cada vez mais pesquisas têm sido realizadas buscando estudar o desempenho da cultura do milho e dos milhos especiais, como pipoca e doce, em diferentes espaçamentos e densidades de semeadura, a fim de determinar o arranjo de plantas que proporciona melhor rendimento de grãos nas áreas cultivadas. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho de um híbrido e uma variedade de milho pipoca desenvolvidos pelo programa de melhoramento genético da UENF além de um híbrido comercial, cultivados em diferentes densidades populacionais e espaçamento entre linhas, em época de safra e safrinha, a fim de otimizar a recomendação fitotécnica para os produtores rurais do Norte e Noroeste Fluminense. A variedade de polinização aberta UENF-14 apresentou desempenho superior aos híbridos, demonstrando seu potencial para recomendação para a região Norte Fluminense. De maneira geral, houve aumento do rendimento de grãos com a diminuição do espaçamento entre linhas de plantio, enquanto o diâmetro de colmo diminuiu com o aumento da população de plantas por hectare. Não houve diferença entre as duas épocas de semeadura, para a maior parte das características avaliadas, inclusive REND e CE, que são as mais importantes para a cultura. É possível realizar o cultivo em safra e safrinha na região Norte Fluminense, sem acarretar perda de rendimento. Pois os

resultados demonstram que para a cultivar UENF-14 a redução do espaçamento entre linhas de plantio foi vantajosa para a produção de grãos, independente da época de semeadura.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agriannual (2010) *Anuário da agricultura brasileira*. São Paulo: Editora Argos, 521p.
- Almeida, M. L. de, A., Merotto Junior, L., Sangoi, M., Ender, A. F. (2000) Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. *Ciência Rural*, 30 (1): 23-29.
- Alvarez, C. G. D., Von Pinho, R. G., Borges, I. D. (2006) Avaliação de características agronômicas e de produção de forragem e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras-MG, v. 30, n.3, p. 402-408.
- Amaral Júnior, A. T. et al., (2013) UENF 14: nova cultivar de milho-pipoca. CBAB - Crop Breeding and Applied Biotechnology; (No prelo)
- Anjos, A. (2004) Planejamento e Experimentos II. Curitiba, Universidade Federal do Paraná.
- Argenta, G., Silva, P. R. F. da., Bortolini, C. G., Forsthofer, E. L., Manjabosco, E. A., Beheregaray Neto. V. (2001) Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36 (1): 71-78.
- Argenta, G., Silva, P. R. F., Bortolini, C. G., Forsthofer, E. L., Manjabosco, E. A., Neto, V. B., (2001a) Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. (36) 1: 71-78.

- Argenta, G., Silva, P. R. F., Sangoi, L. (2001b) Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. *Ciência Rural*, v. 31, n. 6 p. 1075-1084.
- Brasil, E. M., Carvalho, Y. (1998) Comportamento de híbridos de milho em relação a *Phaeosphaeria maydis* em diferentes épocas de plantio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 33, n. 12, p. 1977-1981.
- Candido, L. S., Andrade, J. A. C. (2008) Breeding potential of maize composite Isanão VF1 in small spacing in the second growing season. *CBAB* 08(1).
- Cruz, J. C., Pereira Filho, I. A., Silva, G. H. (2012) Milho – Cultivares para 2011/2012. <http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/endex.php>
- Cruz, J. C., Pereira, F. T. F., Pereira Filho, I. A., Oliveira, A. C., Magalhães, P. C. (2007) Resposta de cultivares de milho à variação em espaçamento e densidade. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.6, n.1, p.60-73.
- Daros, M., Amaral Júnior, A. T. do., Pereira, M. G., Santos, F. S., Gabriel, A. P. C., Scapim, C. A., Freitas Júnior, S. P., Silvério, L. (2004) Recurrent selection in inbred popcorn families. *Scientia Agricola.*, Piracicaba, 61(6): 609-614.
- Daros, M., Amaral Júnior, A. T., Pereira, M. G. (2002) Genetic gain for grain yield and popping expansion in full-sib recurrent selection in popcorn. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Londrina, 2 (3): 339-344.
- Demétrio, C. S., Fornasieri Filho, D., Cazetta, J. O., Cazetta, D. A., (2008) Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.43, n.12, p.1691-1697.
- Dourado Neto, D. D., Palhares, M., Vieira, P. A., Manfron, P. A., Medeiros, S. L. P., Romano, M. R. (2003) Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a rendimento de grãos de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.2, p.63-77.
- Duarte, A. P., Cruz, J. C. (2001) Manejo do solo e semeadura do milho safrinha. In: P.S. Shioga; A.S.R.Barros (ed.). VI Seminário Nacional de Milho Safrinha. Londrina: IAPAR, p. 45-71.
- Duarte, A. P., Paterniani, M. E. A. G. Z. (1998) Cultivares de milho no Estado de São Paulo: resultados das avaliações regionais IAC/CATI/EMPRESAS – 1997/98. Campinas: Instituto Agrônomo. 81p.
- Fancelli, A. L., Dourado Neto, D. (2000) Produção de milho. Guaíba: Agropecuária. 360 p.

- Farinelli, R., Penariol, F. G., Bordin, F., Coicev, L., Fornasieri Filho, D., (2003) Desempenho agrônômico de cultivares de milho nos períodos de safra e safrinha. *Bragantia*, Campinas, v.62, n.2, p.235-241.
- Farnham, D. E., Myli, J., Haden, D. (2002) Row width effects on corn yield at varying plant densities. Disponível em: <<http://www.reimangardens.org/farms/2000reports/mcnay/RowWidthEffectsonCornY.pdf>> Acesso em: 14 março de 2012.
- Freitas Junior, S. P., Amaral Júnior, A. T., Pereira, M. G., Cruz, C. D., Scapim, C.A. (2006). Capacidade combinatória em milho pipoca por meio de dialelo circulante. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 41 (1): 1599-1607.
- Freitas Junior, S. P., Amaral Junior, A. T., Rangel, R. M., Viana, A. P. (2009). Genetic gains in popcorn by full-sib recurrent selection. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Londrina, 9 (1): 1-7.
- Galvão, J. C. C., Sawazaki, E., Miranda, G. V. (2000) Comportamento de híbridos de milho pipoca em Coimbra, Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, 47 (270):201–218.
- Gilo, E. G., Silva Junior, C. A., Torres, F. E., Nascimento, E. S., Lourenção, A. S., (2011) Comportamento de híbridos de milho no cerrado sul-matogrossense, sob diferentes espaçamentos entre linhas. *Biosci. J.*, Uberlândia-MG, v. 27, n. 6, p. 908-914.
- Gomes, F. (2000) Estatística experimental. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, São Paulo. 477 p.
- Gross, M. R., Von Pinho, R. G., Brito, A. H. (2006) Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. *Ciência e agrotecnologia*, Lavras, v. 30, n. 3, p. 387-393.
- Johnson, G. A., Hoverstad, T. R., Greenwald, R. E. (1998) Integrated weed management using narrow corn row spacing, herbicides, and cultivation. *Agronomy Journal*, Madison, v. 90, n. 1, p. 40 – 46.
- Kantety, R. V., Zeng, X., Bennetzen, J., Zehr, B. E. (1995). Assessment of genetic diversity in dent and popcorn (*Zea mays* L.) inbred lines using inter-simple sequence repeat (ISSR) amplification. *Molecular Breeding*, Lieida, 1 (1): 365-373.

- Kappes, C., Andrade, J. A. C., Arf, O., Oliveira, A. C., Arf, M. V., Ferreira, J. P. (2011) Arranjo de plantas para diferentes híbridos de milho. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia-GO, v. 41, n. 3, p. 348-359.
- Larish, L. L. B., Brewbaker, J. L. (1999) Diallel analyses of temperate and tropical popcorns. *Maydica*, Bergamo, 44 (1): 279-284.
- Lima, C. F., Arnhold, E., Araújo, B. L., Oliveira, G. H. F., Oliveira Junior, E. A. (2012) Avaliação de híbridos de milho sob três densidades populacionais em fronteira agrícola no Maranhão. *Comunicata Scientiae* 3(1): 30-34.
- Linares, E. (1987) *Seleção recorrente recíproca em famílias de meio-irmãos em milho pipoca (Zea mays L.)*. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 78p.
- Marchão, R. L., Brasil, E. M., Ximenes, P. A. (2006) Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e rendimento de grãos do milho adensado. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.5, p.170-181.
- Marchesi, D. R., Silva, P. R. F. da., Serpa, M. S., Vieira, V. M., Gehlen, C., Guterress, B. S., Menezes, G. B., (2010) Desenvolvimento da planta de híbridos de milho em função de densidade de plantas e disponibilidade hídrica na época de semeadura precoce. XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo.
- Martins, P. E. e Costa, A. J. A. (2003) Comportamento de um milho híbrido hiperprecoce em dois espaçamentos e diferentes populações de plantas. *Cultura Agronômica*, Ilha Solteira-SP, v.12, p.77-88.
- Mendes de Paula, T. O., Amaral Junior, A. T., Gonçalves, L. S. A., Scapim, C. A., Peternelli, L. A., Silva, V. Q. R. S. (2010) P_i statistics underlying the evaluation of stability, adaptability and relation between the genetic structure and homeostasis in popcorn. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 32, n. 2, p. 269-277.
- Miranda Filho, J. B. (1995), Melhoramento do milho visando à tolerância ao frio. III Seminário sobre a Cultura do Milho “Safrinha”. Assis, São Paulo, pp. 49-58.
- Miranda, G. V., Souza, L. V., Galvão, J. C. C., Guimarães, L. J. M., Melo, A. V., Santos, I. C. (2008) Genetic variability and heterotic groups of Brazilian popcorn populations. *Euphytica Wageningen* 54 (32): 554 – 570.

- Molin, R. (2000) Espaçamento entre linhas de semeadura na cultura de milho. Castro: Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária. p. 1-2.
- Nunes, H. V., Miranda, G. V., Souza, L. V., Galvão, J. C. C., Coimbra, R. R., Melo, A. V. (2003) Comportamento de cultivares de milho pipoca em diferentes épocas de semeaduras. *Revista Ceres*, Viçosa-MG. 50(290):445-460.
- Oliveira, V. de P. S. (1996) *Avaliação do sistema de irrigação por sulco da fazenda do alto em Campos dos Goytacazes – RJ*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 94p.
- Ometto, J. C. (1981) Bioclimatologia tropical. *Agrônômica Ceres*, São Paulo - SP, 390–398.
- Pegoraro, D. G., Vacaro, E., Nuss, C. N., Soglio, F. K., Sereno, M. J. C. M., Neto, J. F. B. (2001). Efeito de época de semeadura e adubação na mancha foliar de *Phaeosphaeria* em milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 8, p. 1037-1042.
- Penariol, F. G., Fornasieri Filho, D., Coicev, L., Bordin, L., Farinelli, R. (2003) Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.2, n.2, p.52-60.
- Pereira Filho, I. A., Cruz, J. C., Ramalho, M. A. P. (1991) Rendimento de grãos e índice de espiga de três cultivares de milho em sistema de consórcio com feijão comum. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília. 26(5):745-751.
- Pereira, M. G.; Amaral Júnior, A. T. do. (2001) Estimation of Genetic Components in Popcorn Based on the Nested Design. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. Londrina, 1 (1): 3-10.
- Porter, P. M. et al. (1997) corn response to row width and plant population in the Northern Corn Belt. *J. Prod. Agric., Madson*, v. 10, n. 2.
- Porto, A. P. F., Vasconcelos, R. C., Viana, A. E. S., Almeida, M. R. S. (2011) Variedades de milho a diferentes espaçamentos no Planalto de Vitória da Conquista – BA *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, vol. 6, núm. 2, pp. 208-214.

- Queiroz, D. C., (2011) População de plantas e componentes de produção de milho pipoca. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Maringá-PR. Universidade Estadual de Maringá.
- Rangel, R. M., Amaral Júnior, A. T. do., Scapim, C. A., Freitas Júnior, S. P., Pereira, M. G. (2008). Genetics and parameters in parents and hybrids of circulant diallel in popcorn. *Genetics and Molecular Research*, Ribeirão Preto, 7, (4): 1020-1030.
- Resende, S. G. de., Von Pinho, R. G., Vasconcelos, R. D. (2003) Influência do espaçamento entre linhas e da densidade de plantio no desempenho de cultivares de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.2, p.34-42.
- Ribeiro, R. M., Amaral Júnior, A. T. do., Gonçalves, L. S. G., Candido, L. S., Silva, T. R. C., Pena, G. F. (2012) Genetic progress in the UNB-2U population of popcorn under recurrent selection in Rio de Janeiro, Brazil. *Genetics and Molecular Research*, v. 11, n. 2, p. 1417-1423.
- Sangoi, L., (2001) Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. *Ciência Rural*, 31 (1): 159-168.
- Sangoi, L., Gracietti, M. A., Rampazzo, C., Bianchet, P. (2002) Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. *Field Crops Research*, v.79, p.39-51.
- Sangoi, L., Silva, P. R. F. (2006) Densidade e arranjo populacional em milho. Artigo em Hipertexto. Disponível em <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/Densidade/Index.htm>. Acesso em 1/3/2007.
- Santos, F. S., Amaral Júnior A. T. do., Freitas Júnior, S. P., Rangel, M. R., Pereira, M. G. (2007). Predição de ganhos genéticos por índices de seleção na população de milho-pipoca UNB-2U sob seleção recorrente. *Bragantia*, Campinas, 66 (3): 389-396.
- Santos, F. S., Amaral Junior, A. T. do., Freitas Junior, S. P., Rangel, R. M., Scapim, C. A., Mora, F. (2008). Genetic gain prediction of the third recurrent selection cycle in a popcorn population. *Acta Scientiarum Agronomy Maringá*, 66 (1): 651-655.
- Sawazaki, E. (2001) A cultura do milho pipoca no Brasil. *O Agrônomo*, Campinas, Vol. 53 (2).

- Sawazaki, E. (2010) Milho pipoca, CD-ROM dos Anais do XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Goiânia, Brasil.
- Scapim, C. A., Pacheco, C. A. P., Amaral Junior, A. T., Vieira, R. A., Pinto, R. J. B., Conrado, T. V. (2010) Correlations among yield and popping expansion stability parameters in popcorn. *Eupytica*, v. 174, n. 2, p. 209-218.
- Scheeren, B. R., Bazoni, R., Bono, J. A., Arias, S. S., Oliveira, R., Salomão, L. (2004) Arranjo populacional para a cultura do milho na região central do Estado de Mato Grosso do Sul. *Acta Scientiarum Agronomy* 26: 55-60.
- Sergio, G. R., Renzo, G. V. P., Andre, H. B. (2002) Alternativas para o arranjo de plantas na cultura do milho. (compact disc). In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 24. Florianópolis. Anais. Florianópolis: ABMS.
- Shioga, P. S., e Gerage, A. C. (2010) Influência da época de plantio no desempenho do milho safrinha no estado do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.9, n.3, p. 236-253.
- Shioga, P. S., Oliveira, E. L., Gerage, A. C. (1999) Efeitos de densidade populacional e doses de nitrogênio sobre o rendimento de dois híbridos de milho em épocas não convencionais. In: Seminário sobre a cultura do milho safrinha, 5., 1999, Barretos. Campinas: IAC. p. 123-126.
- Silva, P. R. F. da., Argenta, G., Rezzera, F. (1999) Resposta de híbridos de milho irrigado à densidade de plantas em três épocas de semeadura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34 (4): 585-592.
- Silva, P. R. F., Sangoi, L., Argenta, G., Strieder, M. L. (2006) Arranjo de plantas e sua importância na definição do rendimento de grãos em milho. Porto Alegre: Evangraf. 63p.
- Silva, P. R. F., Sangoi, L., Argenta, G., Strieder, M. L., (2006) Arranjo de plantas e sua importância na definição do rendimento de grãos em milho. Porto Alegre: Departamento de plantas de lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Lages, SC: Departamento de Fitotecnia da Universidade do Estado de Santa Catarina; Uberlândia, MG. Syngenta Seeds, 64 p.
- Silva, V. Q. R., Amaral Júnior, A. T., Gonçalves, L. S. A., Freitas Júnior, S. P., Candido, L. S., Vittorazzi, C., Moterle, L. M., Vieira, R. A., Scapim, C. A. (2010) Combining ability of tropical and temperate inbred lines of popcorn. *Genetics and Molecular Research*, v. 9, n. 3, p. 1742-1750.

- Tsunechiro, A., Arias, E. R. A. (1997) Perspectivas de rentabilidade do milho “safrinha” nas principais regiões produtoras. In: Seminário sobre a cultura do milho safrinha, 4, Assis: IAC, p.15-20.
- Vieira, R. A., Rodovalho, M. A., Scapim, C. A., Tessmann, D. J., Amaral Júnior, A. T. do., Bignotto, L. S. (2009) Desempenho agrônômico de novos híbridos de milho-pipoca no Noroeste do Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, 30 (1): 29-36.
- Vilela, F. O., Amaral Júnior, A. T. do., Pereira, M. G., Scapim, C. A., Viana, A. P., Freitas Júnior, S. P. (2008). Effect of recurrent selection on the genetic variability of the UNB-2U popcorn population using RAPD markers. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, 30 (1): 25-30.
- Ziegler, K. E., Ashman, B. (1994) *Popcorn*. In: Hallauer, A. ed. Specialty corns. Iowa: CRC Press, cap 7, p. 189-223.
- Zinsly, J. R., Machado, J. A. (1987) *Milho pipoca*, In: Paterniani, E., Viegas, G.P. (eds.) Melhoramento e produção do milho. Campinas, Fundação Cargill, p. 413 – 421.