

Densidade de plantas e doses de nitrogênio no cultivo de milho safrinha no Paraná*Density of plants and nitrogen levels in second crop corn in Paraná***Vanderson Vieira Batista¹, Karine Fuschter Oligini², Roniel Giaretta¹, Paulo Roberto Rabelo¹, Paulo Fernando Adami¹, Lucas Link¹**

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Departamento de Agronomia, CEP: 85600-000, Dois Vizinhos, PR. E-mail: vandersonvbatista@hotmail.com; ²Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Departamento de Agronomia, CEP: 85503-390, Pato Branco, PR.

Recebido em: 08/02/2018

Aceito em: 11/07/2018

Resumo: Vários fatores interferem na produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.), destacando-se densidade de plantas e dose de nitrogênio (N). Objetivou-se, com este estudo, avaliar a interferência de densidades de plantas e doses de N, no cultivo de milho safrinha em Dois Vizinhos – PR. Foram avaliadas duas densidades de semeadura (45.000 e 55.000 plantas ha⁻¹) e quatro doses de N (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹). Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso com parcelas subdivididas. A semeadura foi realizada em 15 de janeiro de 2015, utilizando o híbrido Dow AgroSciences 2B587Hx. As doses de N foram aplicadas em cobertura, quando as plantas estavam em estágio vegetativo V4. Foram avaliados os seguintes caracteres agrônômicos: diâmetro do colmo, altura da primeira espiga, altura de planta, estande de plantas, quantidade de espigas, porcentagem de restolhos, fileiras por espiga, grãos por fileira, massa de 1.000 grãos e produtividade. Os dados foram submetidos à análise de variância, e, quando significativo, aplicou-se teste de média para as densidades e análise de regressão para as doses de N. Não foi constatada interação entre os fatores avaliados, porém o aumento da dose de N proporcionou acréscimo linear no diâmetro do colmo, altura de plantas, altura de inserção da espiga, massa de 1.000 grãos e produtividade. A densidade de 55.000 plantas ha⁻¹ resultou em menor diâmetro do colmo e número de grãos por fileira, mas apresentou estande de plantas superior, com maior quantidade de espigas e conseqüentemente, maior produtividade de grãos, sendo adequada à cultura.

Palavras-chave: Produção, rendimento de grãos, *Zea mays* L

Abstract: Several factors interfere in the maize crop productivity, with emphasis on plant density and nitrogen dose. The objective of the study was to evaluate the interference of different plant densities and nitrogen doses, in the cultivation of corn crop in Dois Vizinhos – PR. Two sowing densities (45,000 and 55,000 plants ha⁻¹) and four N rates (0, 50, 100 and 150 kg ha⁻¹) were evaluated. A randomized complete block design with subdivided plots was used. Seeding was performed on January 15, 2015, using the Dow AgroSciences 2B587Hx hybrid. The N doses were applied in cover when the plants were in V4 vegetative stage. The following agronomic characters were evaluated: stem diameter, height of the first spike, plant height, plant stand, number of spikes, percentage of stubs, rows per spike, grains per row, mass of 1,000 grains and productivity. Data were submitted to analysis of variance and, when significant, mean test for densities and regression analysis were applied for N doses. No interaction was observed among the evaluated factors, however, the increase in the dose of N provided linear increase in stalk diameter, plant height, ear insertion height, 1,000 grain mass and yield. The density of 55,000 plants ha⁻¹ resulted in a lower diameter of the stem and number of grains per row, but presented a higher plant stand, with a higher amount of spikes and, consequently, a higher grain yield, being adequate to the crop.

Keywords: Production, grain yield, *Zea mays* L





Introdução

O Brasil é um dos principais produtores mundiais de milho (*Zea mays* L.), com produção recorde de 97.712,0 mil toneladas na safra 2016/2017, sendo que o estado do Paraná foi responsável pela produção de 17.837,8 mil toneladas deste montante. Entretanto, a produção de milho paranaense é dividida em duas épocas, safra e safrinha/segunda safra, sendo constatado produção de 4.692,7 mil toneladas de milho no período safra e 13.145,1 mil toneladas no período correspondente safrinha (Conab, 2017).

Segundo Argenta et al. (2001), as práticas de manejo são importantes para o sucesso do cultivo de milho, sendo a densidade de plantas um dos fatores que podem potencializar o rendimento de grãos. A melhor adaptação dos híbridos modernos ao adensamento deve-se ao aumento da tolerância ao estresse hídrico e resistência ao acamamento, que associados ao avanço no manejo da cultura, com controle mais eficiente de plantas daninhas, maior uso de fertilizantes, introdução de híbridos simples de maior potencial produtivo e a alterações no arranjo de plantas, impulsionaram o aumento de produtividade de milho no Brasil.

Apesar da produtividade de milho ser elevada, há uma constante busca por maior produtividade e lucratividade das lavouras. Martin et al. (2011) estudaram o perfil do manejo da cultura de milho no sudoeste do Paraná, constaram que o seu desenvolvimento foi afetado negativamente por práticas de manejo que não foram realizadas adequadamente. Porém, os pesquisadores verificaram que os agricultores buscam sementes certificadas, de qualidade, para o cultivo de suas lavouras, e que na maioria das propriedades (89%), é utilizada adubação nitrogenada, a qual favorece a produtividade.

Já Pandolfo et al. (2015), relataram que a aplicação de nitrogênio (N) em cobertura influenciou positivamente o rendimento de grãos

de milho. Outros estudos (Amaral Filho et al., 2005), (Queiroz et al., 2011), (Lange et al., 2014), (Pizolato Neto et al., 2016), também apontaram efeitos positivos sobre os componentes de rendimento e a produtividade de grãos do milho, porém seus resultados podem ser variáveis, sendo as diferenças atribuídas às condições particulares em cada estudo, como clima, precipitação, solo, sistema de cultivo, nível de investimento e manejo da cultura.

Esta discrepância de resultados demonstra a importância de estudos regionais sobre o cultivo de milho, associando produtividade com nível de investimento. Shioga et al. (2004) avaliaram o cultivo de milho safrinha no Paraná, e concluíram que densidades de plantas entre 44 e 55 mil por hectare foram mais viáveis, sendo que a utilização de densidades mais elevadas deve ser acompanhada de aumento na quantidade de N fornecido à cultura.

Neste contexto, e considerando que o cultivo de soja safrinha, que seria outra opção às áreas cultiváveis, encontra-se restrito no estado do Paraná pela portaria Nº 193, de 6 de outubro de 2015, buscou-se avaliar variáveis referentes as características morfológicas de plantas, componentes de rendimento e produtividade de milho safrinha em Dois Vizinhos – PR, cultivado em diferentes densidades de plantas e doses de N em cobertura.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido entre o período de janeiro a junho de 2015, no Sítio Giaretta, situado no interior do município de Dois Vizinhos – PR. O clima local é classificado como Cfa (Alvares et al., 2013) e a precipitação é de aproximadamente 2.000 mm distribuídos ao longo do ano (Iapar, 2017). Os dados de temperatura e precipitação médias constatadas durante a realização do estudo constam na Figura 1.

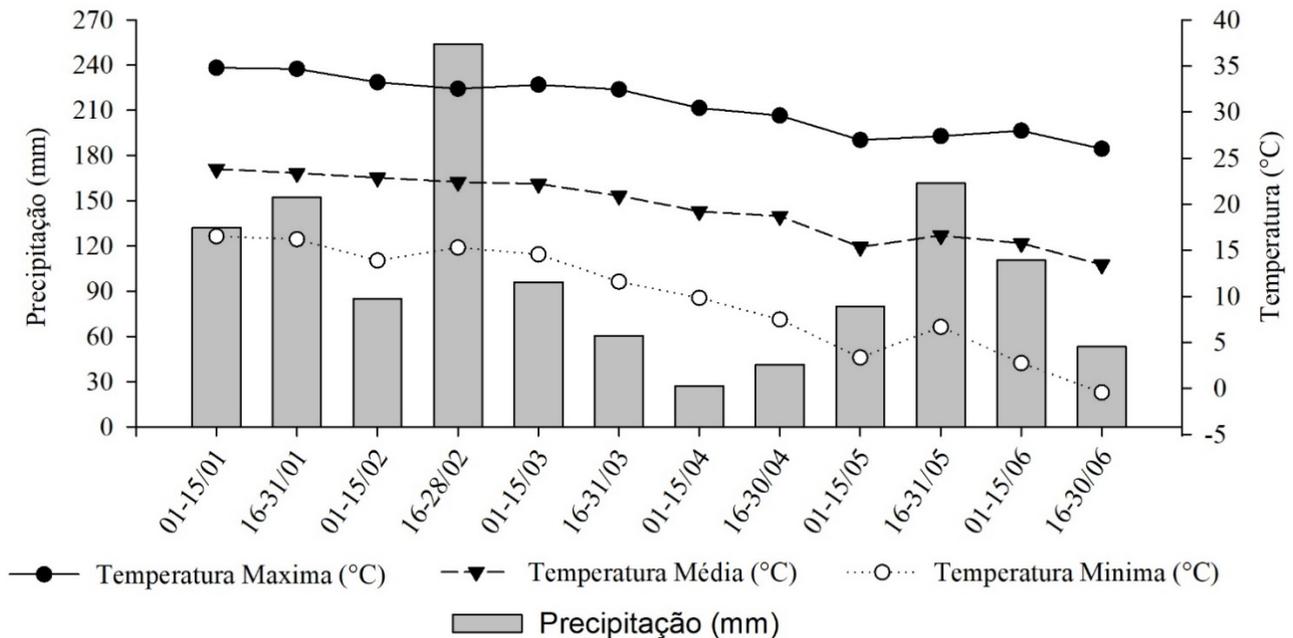


Figura 1. Precipitação (mm), temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C) e temperatura média (°C) registradas no município de Dois Vizinhos – PR, durante o período de cultivo do milho safrinha (2015). Fonte: Gebiomet (2017)

A área experimental apresenta altitude de 535 metros, com relevo levemente ondulado e solo classificado por Bhering e Santos, (2008) como Latossolo Vermelho distrófico. Há anos a área é cultivada com sistema de plantio direto. Previamente à realização do estudo verificou-se a fertilidade do solo na profundidade de 0 a 15 cm, sendo constado valores de 53,2 g dm³ de matéria orgânica, 0,86 cmol_c dm³ de potássio (K), 11,0 cmol_c dm³ de cálcio (Ca), 3,31 cmol_c dm³ de magnésio (Mg), 39,6 mg dm³ de fósforo (P), 9,19 mg dm³ de cobre (Cu), 23,7 mg dm³ de ferro (Fe) e 14,5 mg dm³ de zinco (Zn), pH de 5,2 (CaCl₂) e saturação de bases de 72,5%, não sendo observado alumínio (Al³⁺).

Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, dispostas em fatorial 2 x 4, com quatro repetições, sendo implantado na parcela principal duas densidades de semeadura (45.000 e 55.000 plantas ha⁻¹) e na subparcela quatro doses de N (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹). Cada subparcela era constituída de quatro linhas de cultivo com milho, por doze metros de comprimento. As avaliações foram realizadas em plantas das linhas centrais, descartando também as que se situavam no primeiro e último metro linear

de cada linha central, resultando em uma área amostral de 9 m² por subparcela.

Na data 17 de setembro de 2014, foi semeada na área experimental soja, cultivar Nidera 4823. Logo após a colheita da soja, em 15 de janeiro de 2015, foi semeado o híbrido de milho 2B587Hx com auxílio de uma semeadora-adubadora de arraste hidráulica. Juntamente à semeadura do milho foi adicionado lubrificante sólido (3 g kg⁻¹ de grafite em pó), com a finalidade de reduzir o atrito entre as sementes com a parede do reservatório da semeadora e ter assim, melhor deposição da semente. Também, utilizou-se 246 kg ha⁻¹ de adubo químico (02-28-20) (N-P-K), no sulco de semeadura.

O milho 2B587Hx é classificado como híbrido simples de ciclo precoce, de aproximadamente 155 dias, e com recomendação de densidade de 50.000 a 55.000 plantas por hectare, em safrinha para Dois Vizinhos - PR (Dow Sementes, 2013).

Tratos culturais foram realizados somente com a aplicação de Atrazina (4 L ha⁻¹) para o controle de plantas daninhas e a soja que surgiu na lavoura, quando o milho estava em V3. Quando o milho estava com quatro folhas completamente



desenvolvidas (V4) (31 de janeiro de 2015), foram aplicadas as doses de N em cobertura e de forma manual, utilizando como fonte a ureia.

Quando foi observada a maturação fisiológica do grão, cinco plantas ao acaso em cada área amostral tiveram os valores de diâmetro do colmo, altura da primeira espiga e altura de planta mensurados. O diâmetro do colmo (cm) foi avaliado na região entre o segundo e terceiro entrenó da planta acima do nível do solo. Com o auxílio de uma fita métrica circundou-se o colmo, obtendo-se assim a circunferência, sendo esta medida dividida por 3,14 (π), obtendo-se o valor da variável em cada planta. A altura da primeira espiga (cm) e a altura de planta (cm) também foram obtidas com o auxílio de uma fita métrica (3 m), considerando para a altura da primeira espiga o valor obtido entre o solo até o ponto de inserção da espiga, e para a altura de planta a distância desde a base do solo até a inserção da última folha na parte superior da planta (folha bandeira). Para a análise de dados, foi utilizado o valor médio constatado entre as plantas em cada área amostra (subparcela).

Quando os grãos de milho estavam com umidade média aproximada de 25%, foi avaliado o estande de plantas, quantidade de espigas e porcentagem de restolhos. O estande de plantas (plantas ha^{-1}) e a quantidade de espigas (espigas ha^{-1}) foram verificados em cada área amostral as respectivas quantidades para cada variável, sendo os menos extrapolados para hectare. Considerou-se como restolhos as espigas que apresentavam crescimento inferior a 50% da média das espigas da lavoura, sendo a avaliação realizada visualmente e anotando a quantidade presente nas áreas amostrais. O valor obtido foi extrapolado para hectare e relacionado com os dados de quantidade de espigas.

A quantidade de fileiras por espiga e grãos por fileira foram obtidos pela verificação em dez espigas dos valores das respectivas variáveis, sendo utilizado para a análise de dados o valor médio observado para as espigas de cada área experimental.

Todas as espigas presentes em cada área experimental foram recolhidas, debulhadas com auxílio de um batedor de cereais acoplado a um trator e umidade dos grãos da amostra foi determinada em um determinador de umidade universal. A produtividade (kg ha^{-1}) foi obtida extrapolando o peso da amostra de grãos para hectare, com umidade de 13%. Os valores de massa de 1.000 grãos (g) foram obtidos pela pesagem de cem grãos do milho, por cinco vezes, sendo realizada a média entre os valores e multiplicado pelo fator de correção dez.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significativos aplicou-se teste de média (Tukey, a 5% de probabilidade) para as densidades de plantas e análise de regressão para as doses de N, com auxílio do software Assistat 7.7.

Resultados e Discussão

Não houveram interações entre os fatores estudados para o estande de plantas, quantidade de espigas e porcentagem de restolhos (Tabela 1). Ao analisar isoladamente cada fator, notou-se que a densidade de plantas interveio com valores superiores no estande de plantas (plantas ha^{-1}) e na quantidade de espigas (espigas ha^{-1}), com utilização da maior densidade de plantas (55.000 plantas ha^{-1}), porém a dose de N não interferiu sobre os valores das respectivas variáveis (Tabela 1).

Os resultados obtidos corroboraram com os de Santos et al. (2013), que avaliaram os níveis de adubação nitrogenada em cobertura de 40, 100, 160, 220, 280 e 340 kg N ha^{-1} , e constataram que o N não afetou o número final de plantas de milho. Foloni et al. (2014) observaram em um de seus estudos com a cultura do milho, que a população final de plantas foi em média 6% menor que aquelas definidas no início do experimento, valor similar ao observado na densidade de 45.000 plantas ha^{-1} (5,9% de redução).

Tabela 1. Estande de plantas (plantas ha⁻¹), quantidade de espigas (espiga ha⁻¹) e porcentagem de restolhos (%) no cultivo de milho safrinha 2015. Dois Vizinhos – PR

Variáveis	Estande de plantas	Quantidade de Espigas	Porcentagem de Restolhos
Fatores	Densidade de plantas (DP)		
45.000	42.314 b	42.592 b	2,84
55.000	52.870 a	52.500 a	1,75
dms	1.965	2.444	2,26
F	132,41**	75,39**	1,05 ^{ns}
Doses de nitrogênio (DN)			
0	46.296	46.111	1,40
50	47.222	47.407	2,35
100	48.518	48.148	2,38
150	48.333	48.518	3,04
F Reg. Linear (DN)	3,26 ^{ns}	2,43 ^{ns}	1,09 ^{ns}
F Reg. Quadrática (DN)	0,36 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,02 ^{ns}
F DP X DN	2,67 ^{ns}	2,09 ^{ns}	1,59 ^{ns}
Média	47.592	47.546	2,29
CV (%)	4,72	5,88	78,70

*, ** e ^{ns}, correspondem a 5%, 1% e não significativo, respectivamente. Médias com letra minúscula diferente na coluna, diferem entre si pelo Teste de Tukey à 5% de probabilidade

Já em outro estudo, os pesquisadores constataram resposta quadrática, na qual a porcentagem de sobrevivência foi menor nas maiores populações de plantas estudadas (Foloni et al., 2014), fato contrário ao observado neste estudo, onde a perda de plantas foi de 3,8% na densidade de 55.000 plantas ha⁻¹ (Tabela 1). Vale destacar que Foloni et al. (2014) estudaram densidades de até 105 mil plantas ha⁻¹, bem superiores as avaliadas neste trabalho, atribuindo esta perda com a maior quantidade de plantas à competição intraespecífica.

Está diferença entre as densidades de plantas (Tabela 1) já era esperada, pois os tratamentos foram constituídos de diferentes densidades. Além disso, considerando que cada planta de milho dá origem a uma espiga, a diferença entre as densidades, para a variável quantidade de espigas (espigas ha⁻¹) (Tabela 1) também já eram esperadas, corroborando com Piana et al. (2008) que verificaram que o aumento da densidade proporcionou aumento de espigas por metro quadrado, sendo linearmente correspondente essas variáveis.

Este resultado indica que o aumento da densidade de 45.000 para 55.000 plantas ha⁻¹ para o híbrido 2B587Hx, não afetou o

desenvolvimento das espigas por planta, sugerindo que mesmo na densidade superior, não ocorreu problemas relacionados à dominância apical do pendão sobre a espiga, o que viria a gerar a esterilidade feminina. Também, as condições climáticas (precipitação), favoráveis para o desenvolvimento da cultura (Figura 1), associados ao a boa fertilidade do solo e a adubação utilizada em semeadura, podem ter contribuído para que não houve competição entre as plantas, mesmo na maior densidade, contribuindo consequentemente para o desenvolvimento de espigas.

A porcentagem de restolho não diferiu entre os tratamentos, possivelmente devido ao elevado coeficiente de variação observado para a variável (78,70) (Tabela 1). Porém, constatou-se que, numericamente, a menor densidade (45.000 plantas ha⁻¹) resultou em maior porcentagem de restolhos (2,84%) em relação a maior densidade (55.000 plantas ha⁻¹) (1,75%) e que, à medida que foi fornecido maior quantidade de N para o milho, a porcentagem de restolhos aumentou numericamente (Tabela 1). Este resultado, possivelmente ocorreu, pelo uso do híbrido de milho 2B587Hx, o qual possui recomendação técnica de cultivo na densidade de 50.000 a

55.000 plantas por hectare, em safrinha para região de Dois Vizinhos - PR (Dow Sementes, 2013). A utilização de uma densidade menor (45.000 plantas ha⁻¹) associada à boa fertilidade do solo e às condições climáticas favoráveis para o cultivo do milho safrinha (Figura 1), resultou em maior prolificidade nesta densidade, fazendo com que o milho emitisse uma segunda espiga, porém de menor porte, sendo está classificada como restolho (Tabela 1).

Resultados de prolificidade semelhantes foram observados por Takasu et al. (2014a) e Foloni et al. (2014), os quais relatam redução linear da prolificidade, com o aumento da densidade, e por Uate et al. (2015), os quais relataram que o aumento do número de plantas

por hectare afetou negativamente a prolificidade da cultura de milho.

Para as variáveis referentes às características morfológicas das plantas (altura de planta, altura da primeira espiga e diâmetro do colmo) não foram observadas interações entre os fatores avaliados (Tabela 2). Entretanto, o aumento da dose de N proporcionou incremento linear para os valores de altura de planta (Figura 1 (A)), altura da primeira espiga (Figura 1 (A)) e diâmetro do colmo (Figura 1 (B)) (Tabela 2). Já o cultivo de milho safrinha com 45.000 plantas ha⁻¹, resultou em maior diâmetro do colmo (2,98 cm) em relação à densidade de 55.000 plantas ha⁻¹ (2,87 cm) (Tabela 2).

Tabela 2. Altura de plantas (cm), altura da primeira espiga (cm) e diâmetro do colmo (cm) no cultivo de milho safrinha 2015. Dois Vizinhos – PR

Variáveis	Altura de planta	Altura da primeira espiga	Diâmetro do colmo
Fatores	Densidade de plantas (DP)		
45.000	238,86	111,61	2,98 a
55.000	239,91	113,26	2,87 b
dms	4,29	5,07	0,07
F	0,27 ^{ns}	0,47 ^{ns}	9,35 ^{**}
Doses de nitrogênio (DN)			
0	231,36	106,50	2,79
50	238,80	112,43	2,88
100	243,30	114,00	2,97
150	244,10	116,83	3,06
F Reg. Linear (DN)	22,73 ^{**} (1)	9,28 ^{**} (2)	32,29 ^{**} (3)
F Reg. Quadrática (DN)	2,74 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,01 ^{ns}
F DP X DN	0,45 ^{ns}	0,98 ^{ns}	1,98 ^{ns}
Média	239,39	112,44	2,93
CV (%)	2,05	5,21	2,99

*, ** e ns, correspondem a 5%, 1% e não significativo, respectivamente. Médias com letra minúscula diferente na coluna, diferem entre si pelo Teste de Tukey à 5% de probabilidade. (1) $y=0,0854x+232,98$ ($R^2=0,892$); (2) $y=0,0651x+107,56$ ($R^2=0,9301$); (3) $y=0,0018x+2,79$ ($R^2=0,9999$)

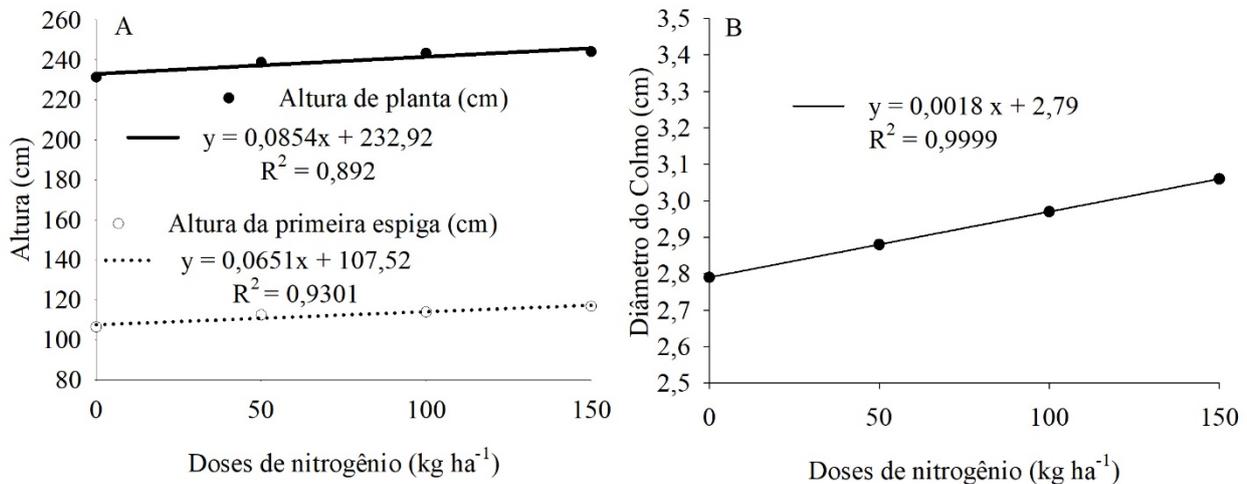


Figura 2. Altura de planta e altura primeira espiga (A); e diâmetro do colmo (B) no cultivo de milho safrinha 2015. Dois Vizinhos – PR

Os resultados obtidos na presente pesquisa assemelham-se aos constatados por Pedrotti et al. (2015) e Lange et al. (2014), que relataram em seus estudos no cultivo do milho, que o N interfere na altura final de planta. Goes et al. (2014), estudando os mesmos níveis de adubação nitrogenada avaliados no presente trabalho, obteve relação matemática quadrática entre os níveis de N e altura de planta do milho, sendo a maior altura verificada com a utilização de 83,3 kg ha⁻¹ de N.

Já Takasu et al. (2014a) verificaram aumento linear da altura do milho com o aumento da densidade de plantas em safrinha, e Takasu et al. (2014b) avaliando as densidades de 40, 55, 70, 85, 100 mil plantas de milho por hectare, constataram diferenças maiores que 5%, para a densidade de 40 mil plantas por hectare, em relação as densidades de 85 e 100 mil plantas por hectare, sendo que nas maiores densidades, houve redução da altura de planta.

Quanto à altura da primeira espiga, Goes et al. (2014) e Lange et al. (2014) verificaram relação quadrática com as doses de N, com ponto de máxima eficiência quando utilizados 57,1 e 54,7 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Entretanto, igualmente aos resultados deste estudo (Tabela 2) (Figura 2 (A)), Pizolato Neto et al. (2016) encontraram aumento linear de altura de primeira espiga, com a utilização de 35, 70, 105 e 140 kg ha⁻¹ de N.

Para as densidades de plantas, Takasu et al. (2014a) constataram aumento linear da altura de inserção da primeira espiga, com o aumento da densidade de plantas em safrinha. Takasu et al. (2014b), avaliando as densidades entre 40 à 100 mil plantas por hectare, não observaram diferenças para a variável altura de inserção da espiga, concordando com os resultados observados no presente trabalho (Tabela 2).

Os resultados verificados na literatura são bem divergentes quando ao efeito do N sob o diâmetro do colmo para a cultura do milho. Goes et al. (2014) estudando os mesmos níveis de adubação nitrogenada avaliados neste estudo, não verificaram diferenças entre os tratamentos. Pedrotti et al. (2015) avaliaram as doses de 0, 45, 90 e 135 kg ha⁻¹ e constataram aumento linear do diâmetro do colmo, assim como verificado no presente trabalho (Tabela 2) (Figura 2 (B)). Essa resposta do diâmetro do colmo em relação as doses de nitrogênio, possivelmente é resultado da aplicação desse nutriente na fase vegetativa, onde a planta faz uso prioritário de fotoassimilados, como uma forma de perpetuar espécie, formando mais massa seca.

Para a densidade de plantas, vários estudos mostram que o aumento do número de plantas de milho por área, reduz o diâmetro basal do colmo (Takasu et al., 2014a), (Foloni et al., 2014), (Dourado Neto et al., 2003). Dourado Neto et al. (2003) avaliaram seis materiais de milho em densidades de 30, 60 e 90 mil plantas ha⁻¹, e

constatarem redução do diâmetro do colmo com o aumento da densidade, para todos os híbridos, da mesma forma que no presente estudo (Tabela 2).

As características morfológicas de plantas são importantes para o cultivo de milho safrinha no sudoeste do Paraná, visto que no período em que as plantas estão em desenvolvimento na lavoura há registros de ventos, os quais podem ocasionar problemas com quebra e acamamento de plantas, diminuindo a produtividade da área e dificultando a colheita.

Shioga et al. (2004), avaliando o cultivo de milho safrinha no Paraná em densidade de 33, 44 e 55 mil plantas hectare, verificaram que os percentuais de plantas quebradas e acamadas não foram elevados, mas foram superiores para a maior densidade. Já Foloni et al. (2014), verificou que determinados híbridos apresentaram maiores índices de acamamento de plantas, quando submetidos a um aumento populacional.

No presente estudo, o acamamento de plantas não foi avaliado, pois o mesmo não foi constatado na lavoura experimental. Além disso, a recomendação técnica de densidade máxima de

plantas para o cultivo do híbrido 2B587Hx foi respeitada (55.000 plantas ha⁻¹) (Dow Sementes, 2013). A associação da boa fertilidade do solo e as condições climáticas (Figura 1) favoráveis durante a condução estudo, são fatores que contribuíram para que não desencadeasse competição intraespecífica por água, luz e nutrientes, proporcionaram bom desenvolvimento às plantas, com altura de planta e altura de inserção de espiga semelhante entre as densidades avaliadas (Tabela 2).

Os componentes de rendimento do milho safrinha encontram-se representados na Tabela 3, sendo que, não houve interação entre os fatores avaliados. Isolando cada fator, percebeu-se que, com a utilização da densidade de 55.000 plantas ha⁻¹, o número de grãos por fileira ficou reduzido, porém a produtividade (kg ha⁻¹) aumentou (Tabela 3). Também, com o aumento da dose de N fornecido à cultura do milho, houve aumento linear da massa de 1.000 grãos (Tabela 3) (Figura 3 (A)) e da produtividade (Tabela 3) (Figura 3 (B)).

Tabela 3. Fileiras por espiga, grãos por fileira, massa de 1.000 grãos (g) e produtividade (kg ha⁻¹) no cultivo de milho safrinha 2015. Dois Vizinhos – PR

Variáveis	Fileiras por espiga	Grãos por fileira	Massa de 1.000 grãos	Produtividade
Fatores	Densidade de plantas (DP)			
45.000	16,93	36,15 a	368,62	9.248 b
55.000	16,90	32,16 b	360,20	9.956 a
dms	0,61	2,10	8,54	427,33
F	0,01 ^{ns}	16,40 ^{**}	4,46 ^{ns}	12,60 ^{**}
Doses de nitrogênio (DN)				
0	16,73	32,63	357,86	9.242
50	17,20	35,43	359,29	9.367
100	16,73	34,53	373,20	9.786
150	17,00	34,03	367,31	10.013
F Reg. Linear (DN)	0,06 ^{ns}	0,56 ^{ns}	5,60 ^{*(1)}	9,37 ^{***(2)}
F Reg. Quadrática (DN)	0,12 ^{ns}	2,81 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,06 ^{ns}
F PS X DN	2,05 ^{ns}	0,94 ^{ns}	2,72 ^{ns}	1,74 ^{ns}
Média	16,91	34,15	364,41	9.602
CV (%)	4,16	7,05	2,68	5,09

*, ** e ^{ns}, correspondem a 5%, 1% e não significativo, respectivamente. Médias com letra minúscula diferente na coluna, diferem entre si pelo Teste de Tukey à 5% de probabilidade. ⁽¹⁾y=0,0845x+358,08 (R²=0,5769); ⁽²⁾y=5,4621x+9192,5 (R²=0,9627)

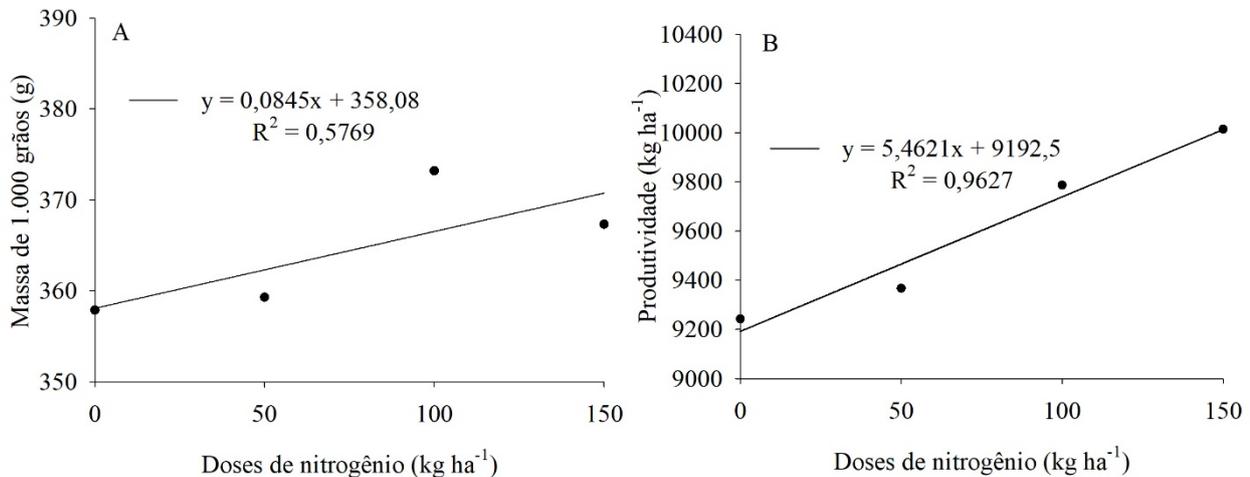


Figura 3. Massa de 1.000 grãos (A) e produtividade (B) no cultivo de milho safrinha 2015. Dois Vizinhos – PR

Não houve interação entre os fatores para o número de fileiras por espiga, tampouco diferenças isolando cada fator, sendo constatado, em média, 16,91 fileiras por espiga (Tabela 3). Tais resultados foram semelhantes aos obtidos por Takasu et al. (2014b) e Takasu et al. (2014a), em safrinha para as densidades de plantas, e por Goes et al. (2014), Pizolato Neto et al. (2016) e Lange et al. (2014) quanto à adubação nitrogenada na cultura do milho.

O número de grãos por fileira foi influenciado pelas densidades estudadas, sendo constatado 36,15 grãos por fileira para a densidade de 45.000 plantas ha⁻¹, diferindo da densidade de 55.000 plantas ha⁻¹, a qual apresentou 32,16 grãos por fileira (Tabela 3), corroborando com Takasu et al. (2014a) e Dourado Neto et al. (2003).

As doses de N não interferiram sobre o número de grãos por fileira (Tabela 3). O mesmo foi notado por Goes et al. (2014), que avaliaram as mesmas doses utilizadas neste estudo e também não observaram diferenças. Porém, diferem de Lange et al. (2014) que avaliaram doses entre 0 a 75 kg ha⁻¹ de N, sendo observado pelos pesquisadores aumento linear da quantidade de grãos por fileira, com aumento da dose N. Possivelmente o comportamento distinto desta variável, pode ser explicado pelas distintas condições climáticas e de solo encontradas em cada região, uma vez que a formação do grão é altamente relacionada com a translocação de

assimilados e N em órgãos vegetativos, sendo afetados pelo ambiente e pelo tipo de híbrido.

Constatou-se aumento linear da massa de 1.000 grãos com o aumento das doses de N (Tabela 3) (Figura 3 (A)). Amaral Filho et al. (2005) e Goes et al. (2014) avaliaram as mesmas doses de N do presente estudo e observaram aumento linear da massa de grãos com aumento da dose de N, com ponto de máxima massa de grãos quando utilizado 106 kg ha⁻¹ de N. Já Pandolfo et al. (2015) estudaram a produção de milho em dois anos agrícolas (2011/2012 e 2012/2013) em duas cidades (Papanduva e Campos Novos - SC), sob doses de adubação nitrogenada variando de 0 a 125 kg ha⁻¹, e constataram aumento linear da massa de grãos somente na safra 2012/2013, em Papanduva.

Entre as densidades, não foram observadas diferenças para a massa de 1.000 grãos, assim como nos trabalhos de Takasu et al. (2014b) e Amaral Filho et al. (2005). Porém, Takasu et al. (2014a), FOLONI et al. (2014) e PIANA et al. (2008) avaliando maiores densidades de plantas, constataram redução linear na massa de grãos com o aumento das mesmas.

A produtividade não apresentou interação entre os fatores, porém constatou-se diferenças entre os tratamentos ao analisar cada fator isoladamente (Tabela 3). Constatou-se maior produtividade (9.956 kg ha⁻¹), com a utilização da densidade de semeadura de 55.000 plantas ha⁻¹,



sendo superior a produtividade observada na densidade de 45.000 plantas ha⁻¹ (9.248 kg ha⁻¹). Outras pesquisas também constataram que o aumento da densidade de plantas, influencia positivamente a produtividade de grãos, uma vez que se têm mais plantas por metro quadrado e logo, uma fecundação uniforme, assim elevado número de espigas e enchimento de grãos adequado, elevando a produtividade por área (Uate et al., 2015), (Amaral Filho et al., 2005), (Takasu et al., 2014a); (Takasu et al., 2014b).

Dourado Neto et al. (2003) avaliaram seis híbridos de milho, com três densidades de plantas (30, 60 e 90 mil plantas ha⁻¹), e constataram diferenças com aumento de produtividade quando a densidade passou de 30.000 para 60.000 e 90.000 plantas ha⁻¹, porém nas maiores densidades não foram registradas diferenças para a maioria dos híbridos avaliados. Entretanto, Gross et al. (2006) avaliaram as densidades de 55, 70 e 85 mil plantas por hectare e não obtiveram diferenças entre os tratamentos para a produtividade de grãos de milho.

A medida que foi elevada a quantidade de N na cultura de milho, constatou-se aumento linear de produtividade (Tabela 3) (Figura 3 (B)), em consonância com os resultados obtidos por Queiroz et al. (2011), Lange et al. (2014), Pizolato Neto et al. (2016) e Amaral Filho et al. (2005). Queiroz et al. (2011) destacaram que, apesar do aumento linear da produção verificado com o aumento dos níveis da adubação nitrogenada, o melhor retorno econômico deu-se com a utilização de 120 kg ha⁻¹ de N. No entanto, Pedrotti et al. (2015) constataram relação quadrática entre as doses de N e a produtividade de grãos e Goes et al. (2014) não verificaram interferências das doses de N sob a produtividade grãos.

Os resultados encontrados na literatura, referentes a morfologia de plantas, componentes de rendimento e a produtividades de milho em função da dose de N e/ou da densidade de plantas são bem variáveis, fato este, atribuído a grande variabilidade das condições climáticas e fertilidade de solos encontradas no Brasil. Almeida et al. (2000) destacaram que, em locais de menor estação estável de crescimento, deve-se preconizar o uso de híbridos de milho de menor porte, podendo ser incrementada a densidade de plantas até valores de 65 a 80.000 plantas ha⁻¹, desde que a região apresente condições edáficas

favoráveis, sem ocorrência de déficit hídrico prolongado e com utilização de híbrido mais resistente ao acamamento.

Pizolato Neto et al. (2016) avaliando quatro híbridos de milho em safrinha no norte do Paraná, relataram que a máxima produtividade foi obtida com diferentes densidades, variando de 40.000 a 80.000 plantas ha⁻¹, dependendo do material a ser cultivado, das características ambientais e de solo e também do manejo utilizado, e que determinados híbridos apresentaram maiores índices de acamamento ao elevar a densidade de plantas. Neste contexto, conclui-se que a escolha do material a ser cultivado também é importante fator na tomada de decisão para o cultivo de milho, pois este pode determinar a densidade de plantas a ser utilizada pelo produtor.

Conclusões

O aumento das doses de N resultou em acréscimo linear do diâmetro do colmo, altura de plantas, altura de inserção da espiga, massa de 1.000 grãos e produtividade do milho 2B587Hx (híbrido simples precoce).

A densidade de 55.000 plantas ha⁻¹ resultou em redução do diâmetro do colmo e do número de grãos por fileira, porém proporcionou estande de plantas superior, maior quantidade de espigas e conseqüentemente, acréscimo de produção em relação a utilização de 45.000 plantas ha⁻¹, sendo recomendada.

Referências

ALMEIDA, M.L.D.; MEROTTO JUNIOR, A.; SANGOI, L., ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F. 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*. v. 30, n. 1, p. 23-29, 2000.

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

AMARAL FILHO, J.P.R.D.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA,



J.C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 467-473, 2005.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, v. 31, n. 6, 2001.

BHERING, S.B.; SANTOS, H.G.; MANZATTO, C.V.; BOGNOLA, I.; FASOLO, P.J.; CARVALHO, A.P. POTTER, O. AGILO, M.L.D.; SILVA, J.S.; CHAFFIN, C.E.; CARVALHO JÚNIOR, W. Mapa de Solos do Estado do Paraná. **Embrapa Solos-Documents (INFOTECA-E)**, 2008.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra de Brasileira de grãos. Decimo segundo levantamento. Safra 2016/2017**. V.4, N 12, setembro 2017. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_12_10_14_36_boletim_graos_setembro_2017.pdf. Acesso em: 07/12/2017.

DOW SEMENTES. **Guia de sementes 2013**. Dow AgroSciences. 2013.

FOLONI, J.S.S.; CALONEGO, J.C.; CATUCHI, T.A.; BELLEGGIA, N.A.; TIRITAN, C.S.; BARBOSA, A.D.M. Cultivares de milho em diferentes populações de plantas com espaçamento reduzido na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, p. 312-325, 2014.

GOES, R.J.; RODRIGUES, R.A.F., TAKASU, A.T.; ARF, O. Fontes e doses de nitrogênio em cobertura para a cultura do milho em espaçamento reduzido. **Agrarian**, v. 7, n. 24, p. 257-263, 2014.

GEBIOMET. **Grupo de estudos em biometeorologia**. Disponível em: www.gebiomet.com.br/downloads.php.> Acesso em: 13/12/2017.

GROSS, M.R.; VON PINHO, R.G.; BRITO, A.H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. **Ciências agrotecnicas**. v.30, n.3, p.387-393, 2006.

IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. **Médias históricas em estações do IAPAR**. Disponível em:

<http://www.iapar.br/arquivos/Imagens/monitoramento/Medias_Historicas/Francisco_Bltrao.htm>. Acesso em: 07/12/2017.

LANGE, A.; CAIONE, G.; SCHONINGER, E.L.; SILVA, R.G. Produtividade de milho safrinha em consórcio com capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 1, p. 35-47, 2014.

MARTIN, T.N.; VENTURINI, T.; API, I.; PAGNONCELLI, A.; VIEIRA JÚNIOR, P.A. Perfil do manejo da cultura de milho no sudoeste do Paraná. **Revista Ceres**, v. 58, n. 1, 2011.

PIZOLATO NETO, A.; CAMARGOS, A.E.V.; VALERIANO, T.B.; SGOBI, M.A.; SANTANA, M.J. Doses de nitrogênio para cultivares de milho irrigado. **Nucleus**, v. 13, n. 1, p. 87-96, 2016.

DOURADO NETO, D.; VIEIRA, P.A.; MANFRON, P.A.; PALHARES, M.; MEDEIROS, S.L.P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 03, 2003.

PANDOLFO, C.M.; VOGT, G.A.; BALBINOT JÚNIOR, A.A.; GALLOTTI, G. J. M.; ZOLDAN, S.R. Desempenho de milho inoculado com *Azospirillum brasiliense* associado a doses de nitrogênio em cobertura. **Agropecuária Catarinense**, v.27, n.3, p. 94-99, 2015.

PIANA, A.T.; SILVA, P.R.F.D.; BREDEMEIER, C.; SANGOI, L.; VIEIRA, V.M.; SERPA, M.D.S.; JANDREY, D.B. Densidade de plantas de milho híbrido em semeadura precoce no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, p. 2608-2612, 2008.

QUEIROZ, A.M.; SOUZA, C.H.E.; MACHADO, V.J.; LANA, R.M.Q.; KORNDORFER, G.H.; SILVA, A. D.A. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do



milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 3, p. 257-266, 2011.

SANTOS, L.P.D.; AQUINO, L.A.; NUNES, P.H.M.P.; XAVIER, F.O. Doses de nitrogênio na cultura do milho para altas produtividades de grãos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 3, p. 270-279, 2013.

SHIOGA, P.S.; OLIVEIRA, E.L.; GERAGE, A.C. Densidade de plantas e adubação nitrogenada em milho cultivado na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 03, 2004.

TAKASU, A.T., RODRIGUES, R.A.F.; GOES, R.J.; ARF, O.; HAGA, K.I. Desempenho agrônomico do milho sob diferentes arranjos populacionais e espaçamento entrelinhas. **Agrarian**, v. 7, n. 23, p. 34-41, 2014b

TAKASU, A.T.; RODRIGUES, R.A.F.; GOES, R.J.; HAGA, K.I.; ARF, O.; GITTI, D.C. Características agrônomicas da cultura do milho em função do preparo de solo e arranjo espacial de plantas. **Agrarian**, v. 7, n. 26, p. 485-495, 2014a.

PEDROTTI, M.C.; SOUZA, L.C.F.; FREITAS, M.E.; TORRES, L.D.; TANAKA, K.S.; BOTTEGA, S.P.; RECH, E.; MAQUINO, P. A. Milho cultivado com doses de N em cobertura em sucessão a oleaginosas. **Agrarian**, v. 8, n. 28, p. 115-123, 2015.

UATE, J.V.; VON PINHO, R.G.; CANCELLIER, L.L.; CAMILO, A.; JÚNIOR, L.A.Y.B. Épocas de semeadura e distribuição espacial de plantas na produção de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 3, p. 346-357, 2015.