

DESENVOLVIMENTO E DESEMPENHO PRODUTIVO DA CEBOLA EM SISTEMA “SUPERADENSADO”

Francisco Olmar Gervini de Menezes Júnior¹, Paulo Antônio de Souza Gonçalves²

RESUMO:

O aumento da densidade de plantas tem sido uma das principais estratégias utilizadas por agricultores para o aumento da produtividade da cebola, o que pressupõe, em princípio, ajustes na adubação do cultivo desta importante espécie olerácea. O estudo teve por objetivo verificar a viabilidade agrônômica do uso de maiores densidades populacionais e adubação suplementar de nitrogênio. Os tratamentos foram quatro densidades de plantas (400, 600, 800 mil plantas ha⁻¹ e 1 milhão de plantas ha⁻¹) submetidas a duas doses de nitrogênio (150 e 200 kg N ha⁻¹). O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em arranjo fatorial (4x2), com quatro repetições. A área total de cada parcela experimental foi de 9,6 m² (área útil 7,8 m²). Os resultados indicaram que o uso de doses de nitrogênio superior a 150 kg ha⁻¹ não aumentou a produtividade da cebola cultivar Empasc 352 Bola Precoce. Um maior número de folhas não significa necessariamente uma maior produtividade. A melhor proporção comercial de bulbos das classes 2 e classe 3+ é obtida com densidades populacionais de 400 mil plantas ha⁻¹. A variação da temperatura e umidade relativa do ar ao longo do ciclo da cebola influenciaram o comportamento da cultura quando ao desenvolvimento e produtividade. O estudo apontou que é necessária a revisão da tabela de recomendação de adubação NPK utilizada, atualmente, para o cultivo da cebola no estado de Santa Catarina.

Palavras-chave: *Allium cepa*; Densidade de plantas; Fertilização nitrogenada; Rendimento.

DEVELOPMENT AND PRODUCTIVE PERFORMANCE OF ONION IN A “SUPER-DENSE” SYSTEM

ABSTRACT:

Increasing plant density has been one of the main strategies adopted by farmers to enhance onion productivity, which, in principle, requires adjustments in the fertilization management of this important vegetable crop. This study aimed to assess the agronomic feasibility of higher population densities combined with supplemental nitrogen fertilization. The treatments consisted of four plant densities (400, 600, 800 thousand plants ha⁻¹, and 1 million plants ha⁻¹) subjected to two nitrogen application rates (150 and 200 kg N ha⁻¹). The experiment followed a randomized block design in a factorial arrangement (4×2), with four replications. Each experimental plot had a total area of 9.6 m² (effective area: 7.8 m²). The results indicated that nitrogen doses above 150 kg ha⁻¹ did not increase the productivity of the onion cultivar Empasc 352 Bola Precoce. A higher number of leaves did not necessarily translate into greater productivity. The best commercial distribution of bulbs in classes 2 and 3+ was achieved with a population density of 400 thousand plants ha⁻¹. Variations in temperature and relative humidity throughout the onion growth cycle influenced crop development and yield. A revision of the current NPK fertilization recommendation table for onion cultivation in the state of Santa Catarina is necessary.

Keywords: *Allium cepa*; Plant density; Nitrogen fertilization; Yield.

¹ Pesquisador Doutor., Epagri Estação Experimental de Urussanga, Urussanga-SC; franciscomenezes@epagri.sc.gov.br, <https://orcid.org/0000-0001-9885-4060>. ² Pesquisador Dr., Epagri Estação Experimental de Ituporanga, Ituporanga-SC; pasg@epagri.sc.gov.br, <https://orcid.org/0000-0002-4480-9499>

INTRODUÇÃO

O desempenho produtivo da cebola está relacionado a sua adaptação às condições edafoclimáticas e práticas agronômicas de cada localidade. A escolha do genótipo está primariamente condicionada aos requerimentos de fotoperíodo e temperatura, típicos de cada cultivar e característicos de cada região produtora, necessários ao processo de bulbificação. A partir destas condições, busca-se através das práticas de manejo proporcionar condições que auxiliem o genótipo adotado a expressar seu máximo potencial genético de forma a combinar características produtivas adequadas ao comércio que se traduzam em renda para o agricultor (Menezes Júnior & Vieira Neto, 2012).

O aumento da densidade de plantas tem sido uma das principais estratégias de manejo fitotécnico utilizadas por agricultores para o aumento da produtividade da cebola. No Brasil, os produtores rurais têm adensado suas lavouras com vistas à obtenção de bulbos uniformes de tamanho médio (50 a 70 mm) considerados de melhor padrão de qualidade (Cecílio Filho et al., 2006; May et al., 2007; Menezes Júnior & Vieira Neto, 2012; Menezes Júnior et al., 2016; Menezes Júnior & Kurtz, 2016).

No Alto Vale do Itajaí-SC, principal região produtora de cebola do estado de Santa Catarina, até meados da década de noventa se utilizava como padrão densidades populacionais de 200 mil plantas ha⁻¹, com produtividades médias comerciais ao redor de 13,0 t ha⁻¹ (Boff et al., 1998). A Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária (Empasc), atualmente denominada Epagri, com base em resultados de pesquisa, passou a recomendar, desde o início da década de 1990, o uso de densidades populacionais de 333 mil plantas por hectare para os cultivares de cebola indicados para o Estado. Essa densidade foi considerada ideal para a obtenção de bulbos de tamanho médio (50 a 70 mm) e uma produtividade comercial aproximada de 33 t ha⁻¹ (Empasc, 1991; Gandin et al., 1994; EPAGRI, 2000).

Estudos desenvolvidos por Menezes Júnior & Vieira Neto (2012) e Menezes Júnior & Kurtz (2016) têm indicado a viabilidade do uso de densidades populacionais de 500 mil plantas ha⁻¹. De fato, em regiões produtoras do estado, a exemplo do Alto Vale do Rio do Peixe, em semeadura direta é

comum o uso de 500 mil plantas ha⁻¹ (Menezes Júnior & Araújo, 2018).

Contudo, em regiões do Alto Vale do Itajaí, a presença de neblina contribui para o aumento de problemas fitossanitários. Nesse caso, as recomendações são do uso de densidades populacionais de no máximo 400 mil plantas ha⁻¹ (Menezes Júnior, 2016). Acredita-se que hoje no estado catarinense o padrão populacional varie de 250.000 plantas ha⁻¹ a 350.000 plantas ha⁻¹ para os cultivos orgânico e convencional, respectivamente.

O estabelecimento de maiores populações está relacionado, além das características comerciais desejadas, a plasticidade do cultivar, sistema de cultivo, grau de tecnificação da lavoura, condições edafoclimáticas e problemas fitossanitários.

No Brasil, maiores densidades populacionais e produtividades têm sido observadas com o uso de híbridos em sistemas mecanizados de semeadura direta, com irrigação e em climas mais secos. Essas condições são encontradas normalmente nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste do Brasil. Nesse caso, as populações de plantas variam entre 600 mil e 1.2 milhão plantas ha⁻¹. Por sua vez, na região Sul, em condições mais frias e úmidas, em que predomina o uso de cultivares de polinização aberta e o sistema de produção por transplante de mudas, as populações utilizadas raramente ultrapassam 400 mil plantas ha⁻¹ (Menezes Júnior & Araújo, 2018).

Portanto, quanto maior a população de plantas maior será a extração e necessidade de nutrientes até um dado limite determinado por cada genótipo. Portanto, ao se aumentar o número de plantas a disponibilidade de nutrientes também deverá ser aumentada.

Em termos nutricionais, o nitrogênio é o segundo nutriente mais absorvido pela cultura da cebola. As doses recomendadas de fertilizantes nitrogenados são calculadas com base no teor de matéria orgânica do solo e área de cultivo, desconsiderando variações na densidade de plantas (Siqueira et al., 1987; CFS-RS/SC, 1994; CQFS-RS/SC, 2004; CQFS-RS/SC, 2016).

Em sistema fertirrigado, Menezes Júnior & Kurtz (2016), em estudo de calibração de nitrogênio em Cambissolo Háplico, observaram que o aumento de doses de nitrogênio reduz formação de bulbos da classe 2 (bulbos com diâmetro transversal de 35 a 50 mm) que no comércio recebem a metade do valor das classes superiores. Nesse trabalho, as maiores produtividades de bulbos da classe 3 e superiores

(bulbos com diâmetro transversal acima de 50 mm), de 50 a 54 t de bulbos ha⁻¹, foram obtidas com densidades populacionais de 500 a 600 mil plantas ha⁻¹ e doses de 126 a 157 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

Em outro estudo, Menezes Júnior et al. (2022), verificaram que na cultura da cebola a dose de 150 kg N ha⁻¹ pode ser utilizada como um marco referencial de suficiência em Cambissolo para densidades populacionais de 300 a 600 mil plantas ha⁻¹ considerando uma produtividade média de 47 t ha⁻¹.

Em estudo realizado por Vidigal et al. (2023), em Argissolo vermelho-amarelo (1,2% de matéria orgânica) com o híbrido Superex, a produtividade de bulbos com mais de 50 mm de diâmetro transversal esteve associada a interação dose de nitrogênio e densidade de plantas. Nesse trabalho, os autores recomendam o uso de 171 kg N ha⁻¹ e densidades populacionais de 800 mil plantas ha⁻¹ para a obtenção de bulbos da classe 3 e superiores.

O desenvolvimento das plantas de cebola tem sido relacionado ao número de folhas, uma vez que os bulbos são oriundos do intumescimento, acúmulo de carboidratos, das bainhas foliares, sendo, portanto, uma importante medida fitotécnica (Menezes Júnior & Marcuzzo; Vieira et al., 2024). Nesse sentido, estudos realizados por Vieira et al. (2024), indicam que o número máximo de folhas ocorre na primeira quinzena de outubro e as taxas diárias de emissão das folhas apresentam valores negativos a partir deste período. O início de bulbificação pode ocorrer entre julho e outubro, mas somente quando a planta está no estágio de sete a oito folhas.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade Agrônômica do aumento da densidade populacional da cebola no sistema de produção adotado no Alto Vale do Itajaí-SC, considerando o impacto do uso suplementar de nitrogênio na produtividade e qualidade dos bulbos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de quatro safras (2017 a 2020), na Epagri/ Estação

Experimental de Ituporanga, localizada no município de Ituporanga-SC (27°38'S, 49°60'O, altitude de 475 metros). Segundo a classificação de Köppen, o clima local é do tipo Cfa. A cultivar utilizada foi Empasc 352 Bola Precoce. O solo da área experimental é classificado como Cambissolo Háplico de textura argilosa.

Os tratamentos consistiram de quatro populações de plantas (400, 600, 800 mil plantas ha⁻¹ e 1,0 milhão de plantas ha⁻¹) submetidas a duas doses de nitrogênio (150 e 200 kg N ha⁻¹). O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em arranjo fatorial (4x2), com quatro repetições. A área total de cada parcela experimental foi de 9,6 m² (área útil 7,8 m²).

As populações de plantas de 400, 600, 800 mil plantas ha⁻¹ e 1,0 milhão de plantas ha⁻¹ foram estabelecidas com os espaçamentos de 20 cm entre linhas e de 12,5, 8,3, 6,3 e 5,0 cm entre plantas, respectivamente.

As áreas experimentais foram semeadas no final de dezembro de cada ano com milho (30 kg sementes ha⁻¹). Antes do plantio das mudas de cebola as plantas de cobertura foram dessecadas com herbicida (glifosato), sendo realizado o preparo convencional do solo com arado e grade. Em cada ano o solo das áreas experimentais recebeu antes do plantio das mudas, em pulverização, 10 kg de ácido bórico ha⁻¹ e 20 kg de sulfato de zinco ha⁻¹.

Utilizaram-se produtos fitossanitários (herbicidas, fungicidas e inseticidas) registrados para a cultura nas doses recomendadas pelo fabricante, alternando-se os princípios ativos, com o objetivo de manejar plantas indesejáveis, doenças (*Botrytis squamosa* e *Peronospora destructor*) e a principal praga da cebola (*Thrips tabaci*).

A análise química do solo da área experimental para amostras retiradas na profundidade de 0-20 cm, para os anos de 2017, 2018, 2019, 2020, pode ser visualizada na Tabela 1.

Mudas do cultivar Empasc 352 Bola Precoce foram produzidas com base nos referenciais tecnológicos propostos pelo Sistema de Produção para a Cebola (EPAGRI, 2013) e Manual de Boas Práticas Agrícolas (Menezes Júnior, 2016).

Tabela 1. A análise química do solo da área experimental nos anos agrícolas de 2017, 2018, 2019 e 2020. Epagri, Ituporanga, SC.

Atributos químicos	2017	2018	2019	2020
Argila g kg ⁻¹	600	450	487	555
pH (H ₂ O)	6,0	6,0	6,3	5,9
pH (índice SMP)	6,4	6,2	6,3	5,6
M.O. g kg ⁻¹	40,0	31,0	23,8	35,5
P (Mehlich-1) mg dm ⁻³	26,4	13,1	25,1	23,1
K mg dm ⁻³	178,0	109,0	164,7	247,0
Ca cmol _c dm ⁻³	8,1	8,4	12,4	7,9
Mg cmol _c dm ⁻³	2,7	3,1	5,3	3,9
S mg dm ⁻³	12,0	36,0	20,0	15,4
CTC (pH = 7,0) cmol _c dm ⁻³	14,1	15,6	21,2	16,4
Al cmol _c dm ⁻³	0,0	0,0	0,0	0,0
H + Al cmol _c dm ⁻³	2,8	3,7	3,1	4,0
Cu mg dm ⁻³	8,2	4,4	4,9	5,7
Zn mg dm ⁻³	8,1	5,1	3,5	8,1
Fe mg dm ⁻³	93,0	95,5	64,5	98,5
Mn mg dm ⁻³	37,0	46,8	14,2	51,4
B mg dm ⁻³	2,4	0,3	0,2	1,4

Na Tabela 2 consta o registro das datas de semeadura, transplante e colheita para cada um dos anos de cultivo do cultivar Empasc 352 Bola Precoce.

As doses de nitrogênio foram parceladas 15% na base, 25% aos 30 dias após o transplante (DAT) e 50 DAT, 30% aos 70 DAT e 5% aos 90 DAT. As adubações de base com fósforo

(superfosfato simples) e potássio (cloreto de potássio) foram realizadas considerando a análise de solo e recomendações da CQFS-RS/SC (2016) para expectativa de produtividades de 50 t ha⁻¹. Isso foi feito ao considerar a expectativa de rendimento da lavoura (40 t ha⁻¹) e o número maior de plantas ha⁻¹ adotado no experimento (10 t ha⁻¹) e, portanto, uma expectativa para 50 t ha⁻¹ (Tabela 3).

Tabela 2. Datas de semeadura, transplante e colheita para cada um dos anos de cultivo.

Ano	2017	2018	2019	2020
Semeadura	20/04	18/04	23/04	18/04
Transplante	20/07	18/07	17/07	20/07
Colheita	14/11	13/11	07/11	10/11

Tabela 3. Adubação nitrogenada, fosfatada e potássica realizada nos anos agrícolas para a expectativa de produtividade de 50 t ha⁻¹.

Adubação	Fonte	2017	2018	2019	2020
Nitrogenada (N ha ⁻¹)	Nitrato de amônio	150-200	150-200	150-200	150-200
Fostatada (P ₂ O ₅ ha ⁻¹)	Superfosfato simples	140	220	160	180
Potássica (K ₂ O ha ⁻¹)	Cloreto de potássio	150	165	150	150

Para acompanhar o desenvolvimento das plantas foi avaliado ao longo do ciclo, por contagem, o número de folhas. Na colheita foram avaliadas a produtividade comercial total (bulbos com diâmetro transversal - DT acima de 35 mm), produtividade

classe 2 (Cx2, DT de 35 a 50 mm) e a produtividade caixa 3+ (Cx3+, DT > 50 mm).

Durante os experimentos registraram-se na Estação Meteorológica da EE de Ituporanga da Epagri os valores médios de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação (Tabela 4, Figura 1).

Tabela 4. Variáveis meteorológicas ocorrentes nos períodos de desenvolvimento da cebola nos anos agrícolas de 2017, 2018, 2019 e 2020. Epagri, Ituporanga, SC.

Variáveis	Desenvolvimento inicial				Desenvolvimento e maturação dos bulbos				Ciclo			
	Julho a setembro				Outubro a novembro							
Ano	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020
T° média (°C)	16,8	15,4	15,7	15,6	18,7	18,9	20,4	19,0	17,7	17,1	18,0	17,3
UR%	80,9	86,8	83,5	85,0	78,5	89,4	80,6	76,4	79,7	88,1	82,1	80,7
Precipitação (mm)	Julho a setembro				Outubro a novembro				Soma			
	214	301	128	238	176	165	238	86	390	467	366	324

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, análise de regressão (ajuste linear ou quadrático), correlação e teste de Tukey a

5% de probabilidade de erro e Kruskal-Wallis para dados sem distribuição normal com o programa estatístico “R” (R Core Team, 2017).

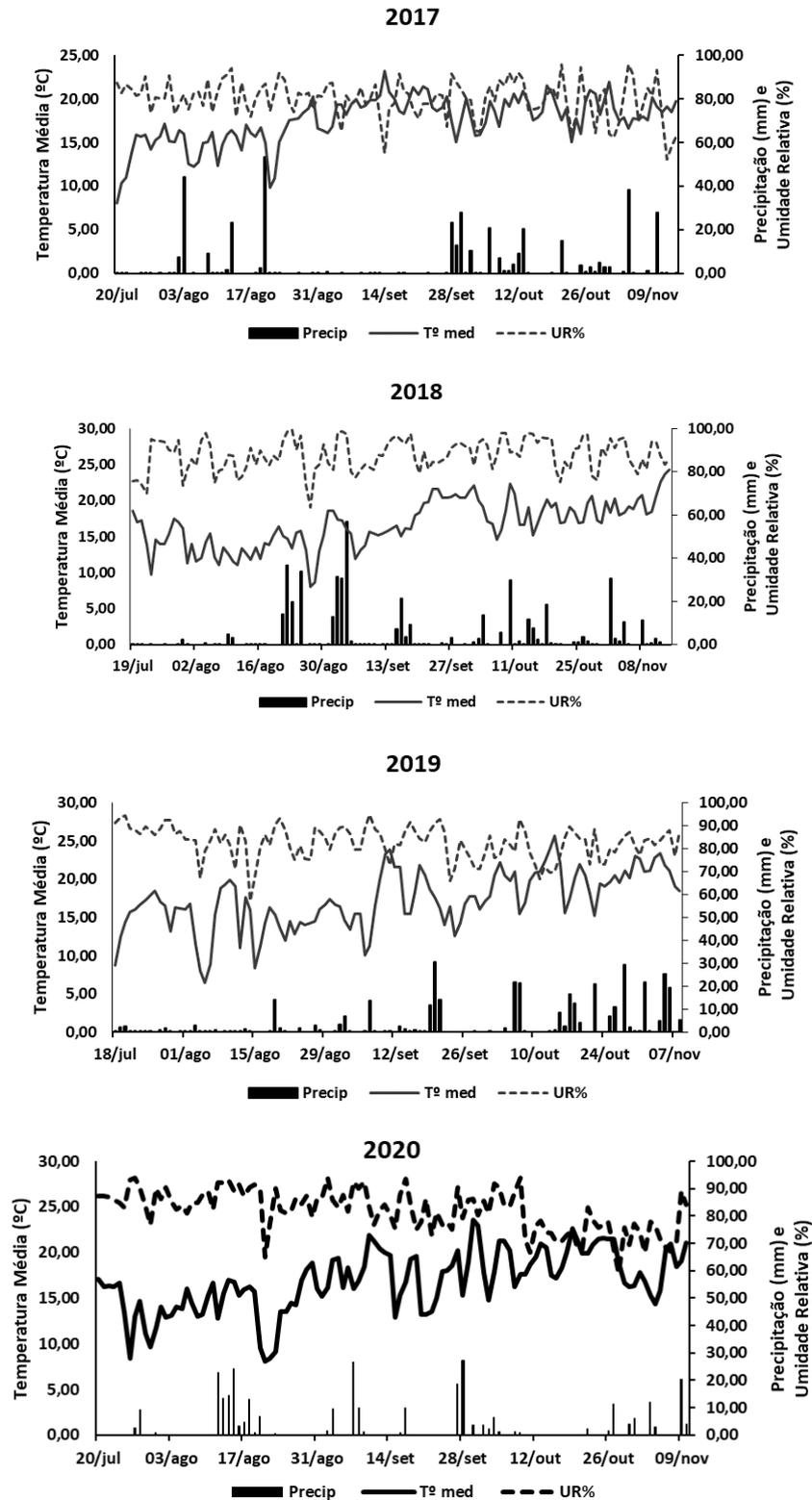


Figura 1. Variação diária da precipitação (mm), da temperatura média (°C) e da umidade relativa do ar (%) nos períodos experimentais (transplante a colheita) em 2017, 2018, 2019 e 2020. Epagri, Ituporanga, SC.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente trabalho, não foi observada interação entre a população de plantas e a adubação ($p > 0,05$), o que permite concluir separadamente para os fatores.

Densidade populacional e seu impacto na produtividade e qualidade dos bulbos

Não houve variação da produtividade comercial com o estabelecimento de até 800 mil plantas ha^{-1} , a partir de 1 milhão de plantas ha^{-1} a competição interespecífica reduziu a produção comercial, exceto em 2020 (Tabela 5). Tal comportamento indica a possibilidade do uso de até

800 mil plantas ha^{-1} do cultivar Bola Precoce e que fatores meteorológicos ocorrentes em cada ano agrícola foram responsáveis pelo aumento ou queda da produção comercial.

No entanto, no estado de Santa Catarina, bulbos de cebola produzidos em sistema convencional da classe 2 recebem a metade do valor pago ao agricultor em relação a bulbos da classe 3 e superiores. Ao se aumentar a população de plantas a tendência é o aumento de bulbos da classe 2 (Menezes Júnior & Vieira Neto, 2012; Menezes Júnior & Kurtz, 2016; Menezes Júnior & Kurtz, 2022). A maior percentagem de bulbos da classe 3+ foi obtida com populações de 400 mil plantas ha^{-1} (Figura2).

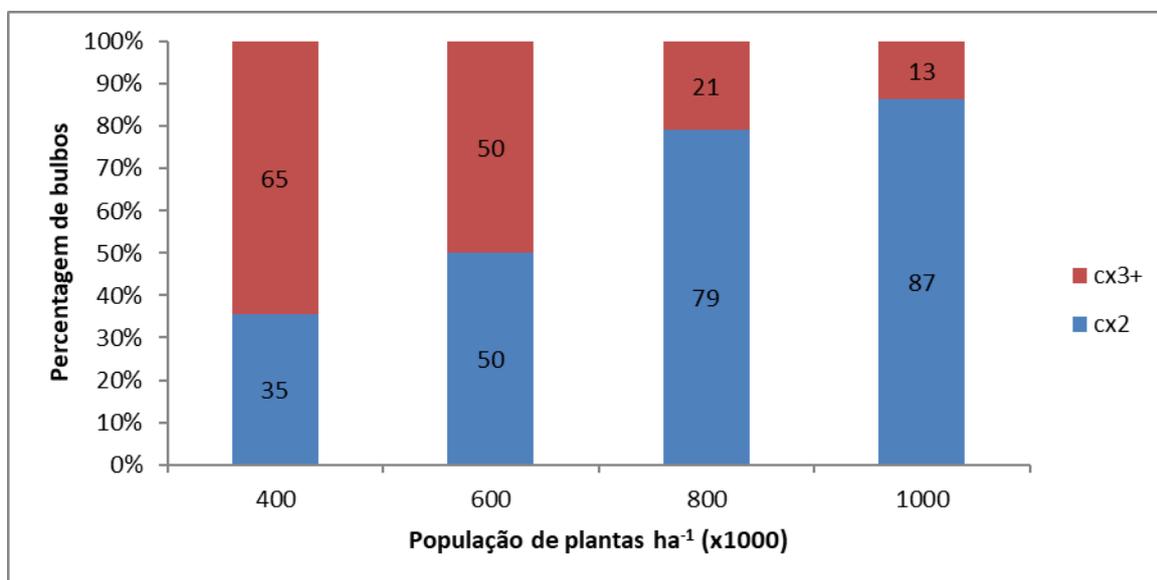


Figura 2. Percentagem média de bulbos (em quatro anos) das classes 2 e 3+, em populações de 400, 600, 800 mil e um milhão de plantas ha^{-1} .

Tal comportamento se deve ao aumento da competição intraespecífica que ocorre ao se aumentar a população de plantas ha^{-1} (Henriques et al., 2014). A competição intraespecífica diz respeito a competição por recursos como água, nutrientes e luz.

A região do Alto Vale do Itajaí é reconhecidamente uma localidade em que a nebulosidade é elevada (com o total anual de dias de chuva entre 130 e 165 dias e insolação de 1.566 a 1.854 horas), em que populações superiores a 500

mil plantas ha^{-1} aumentam a incidência de míldio (*Peronospora destructor*) e que predomina o uso de variedades (no lugar de híbridos) de menor plasticidade quanto ao aumento populacional (Braga & Ghellere, 1999; Thomé et al., 1999; Menezes Júnior et al., 2021). Portanto, as variações observadas se devem as condições meteorológicas de cada ano, ao aumento populacional, e possivelmente devido a competição por luz, ao aumento de problemas fitossanitários e a genética do cultivar Bola Precoce.

Tabela 5. Produtividade comercial (PC – diâmetro transversal acima de 35 mm), classe 2 (Cx2 – diâmetro transversal acima de 35 mm a 50 mm) e classe 3+ (Cx3+ – diâmetro transversal acima de 50 mm) para as doses de nitrogênio (Dose de nitrogênio) e população de plantas (População de plantas). Epagri, Ituporanga, SC.

Variáveis/Fatores	PC (t ha ⁻¹)				Cx2 (t ha ⁻¹)				Cx3+ (t ha ⁻¹)			
	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020
Dose de nitrogênio												
150 kg N ha ⁻¹	14,34 ^{ns}	30,12 ^{ns}	32,36 ^{ns}	49,59 ^{ns}	13,36 ^{ns}	19,27 ^{ns}	17,59 ^{ns}	19,85 ^{ns}	*0,98 ^{ns}	10,82 ^{ns}	14,69 ^{ns}	29,75 ^{ns}
200 kg N ha ⁻¹	14,51	29,66	30,95	47,47	13,78	20,74	17,32	21,17	0,73	8,93	13,57	26,29
População de plantas												
400 mil de plantas ha ⁻¹	16,27 ^a	36,27 ^a	32,64 ^a	51,36 ^{ns}	13,87 ^{ab}	12,69 ^b	5,84 ^c	1,89 ^a	**2,40 ^{ns}	23,52 ^a	26,73 ^a	49,47 ^a
600 mil de plantas ha ⁻¹	16,32 ^a	31,80 ^a	33,94 ^a	50,14	15,57 ^a	22,16 ^a	18,30 ^b	17,37 ^b	0,75	9,64 ^b	15,56 ^b	32,77 ^b
800 mil de plantas ha ⁻¹	13,46 ^{ab}	30,85 ^a	33,35 ^a	46,73	13,26 ^{ab}	26,49 ^a	23,69 ^a	28,82 ^c	0,19	4,36 ^c	9,58 ^c	17,90 ^c
1 milhão de plantas ha ⁻¹	11,66 ^b	20,65 ^b	26,67 ^b	45,89	11,57 ^b	18,67 ^{ab}	21,97 ^a	33,95 ^d	0,83	1,98 ^c	4,66 ^d	11,94 ^c
Média	14,43	29,89	31,66	48,53	13,57	20,01	17,46	20,51	0,86	9,88	14,13	28,02
CV (%)	16,70	22,20	10,09	8,83	15,00	28,40	7,84	10,53	-	27,55	21,10	20,32

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância ou Kruskal-Wallis para dados sem distribuição normal (*Q² = 23.379, p = 0,44; **Q² = 29.166, p = 0,18). ns = não significativo.

Efeito da adubação nitrogenada e fosfatada na produção da cebola

O aumento da dose de nitrogênio de 150 kg N ha⁻¹ para 200 kg N ha⁻¹, considerando um teor médio de matéria orgânica para a maioria dos anos, não influenciou a produtividade comercial de bulbos (PC), de bulbos da classe 2 (Cx2) e de bulbos da classe 3 e superiores (cx3+) (Tabela 5).

Dessa forma, se fossem seguidas as recomendações atuais da CQFS-RS/SC (2016) a recomendação média, para a obtenção de 50 t ha⁻¹ de bulbos, seria de 185 t de N ha⁻¹ ano⁻¹, resultando em 23% a mais de custo com fertilizantes nitrogenados em relação ao uso de 150 kg N ha⁻¹ ano⁻¹. Portanto, o uso de doses acima de 150 t ha⁻¹ de nitrogênio com o objetivo de elevar a produção acima de 30 t ha⁻¹ como se encontra recomendado pelo Manual de Calagem e Adubação utilizado no Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016) ou para compensar a maior densidade populacional não se justificam, sendo desnecessárias. Isso se justifica porque elas conduzem ao uso excessivo de fertilizantes nitrogenados, ao aumento do custo de produção, além dos problemas ambientais relacionados ao excesso de nitrogênio (Ladha et al., 2008).

De acordo com Kurtz et al. (2018), a cultura da cebola é altamente responsiva a adubação fosfatada. No presente trabalho, foram fornecidos ao solo doses de fósforo (variáveis de 140 a 220 kg P₂O₅ ha⁻¹) e potássio (variáveis de 150 a 165 kg K₂O ha⁻¹) para compensar o maior número de plantas de cebola por área.

Ao ser considerado o uso de populações médias no Alto Vale do Itajaí de 300 a 350 mil plantas ha⁻¹, e ao se seguir a recomendação da tabela de adubação da CQFS-RS/SC (2016) a quantidade média de fertilizantes fosfatados indicados para a obtenção de 50 t ha⁻¹ de bulbos seria em média de 160 kg P₂O₅ ha⁻¹ ano⁻¹.

A quantidade adicionada ao solo foi em média de 175 kg P₂O₅ ha⁻¹ ano⁻¹, portanto 9% superior à indicada pela CQFS-RS/SC (2016). Em trabalho de calibração do fósforo para o cultivo em sistema fertirrigado da cebola, Menezes Júnior et al. (2023), observaram, em Cambissolo com teor alto de fósforo, que a dose de 120 kg P₂O₅ ha⁻¹ foi suficiente para obtenção de produtividades superiores a 50 t ha⁻¹ de bulbos. Possivelmente, tal resposta esteja associada ao parcelamento do fósforo via em fertirrigação.

Segundo Weingärtner (2016), quanto maior o tempo que o fósforo ficar em contato com o solo, maior será a sua adsorção e menor sua disponibilidade às plantas. Deste modo, a aplicação do nutriente parcelada via fertirrigação tem como vantagem fornecer diretamente o fósforo para as plantas ao garantir, além de um menor tempo de adsorção do P pelos argilominerais, e também um maior contato íon raiz que facilita o processo de absorção por difusão do nutriente (Weingärtner, 2016).

É possível que no sistema convencional com um número maior de plantas seja necessário um aporte adicional de fósforo em populações a partir de 400 mil plantas ha⁻¹. Observa-se que a melhor relação de bulbos da classe 2 e classe 3+ foi obtida com 400 mil plantas (Tabela 5). De acordo com Kurtz et al. (2016) o fósforo está diretamente relacionado ao tamanho dos bulbos e à obtenção de bulbos maiores, ao aumentar o rendimento de bulbos de maior calibre. Assim, em populações de plantas acima de 250 mil ha⁻¹ o uso de doses mais elevadas de fósforo que as recomendadas pela CQFS-RS/SC (2016) pode ser necessário à obtenção de bulbos de maior calibre.

Por sua vez, os teores de potássio no solo exigiriam para a obtenção de 50 t ha⁻¹ de bulbos de cebola, de acordo com a tabela de adubação da CQFS-RS/SC (2016), a aplicação de 150 kg K₂O ha⁻¹ ano⁻¹. No presente estudo foram aplicados 154 kg K₂O ha⁻¹ ano⁻¹, cerca de 3% a mais em relação à recomendação da CQFS-RS/SC (Tabela 3).

As respostas da cultura da cebola a adição de potássio no solo são limitadas (Brewster, 2008). Trabalhos em Cambissolo têm indicado, em geral, não haver diferenças significativas na produtividade da cebola, em solo com baixo e alto teor de potássio, para doses de 0 a 400 kg de K₂O ha⁻¹ (Kurtz et al., 2016). Nesse sentido, ao aplicarmos 154 kg K₂O ha⁻¹ ano⁻¹ garantimos do ponto de vista químico a disponibilidade do nutriente às plantas de cebola.

Em estudos para a calibração de nitrogênio e fósforo em sistema fertirrigado têm sido utilizadas doses 150 kg N ha⁻¹ e 120 kg P₂O₅ ha⁻¹ combinadas a fertilizações de 90 a 105 kg ha⁻¹ de K₂O. Nesses estudos, foram observadas produtividades na média de 6 anos superiores a 52 t de bulbos ha⁻¹ (Menezes Júnior & Kurtz, 2016; Menezes Júnior et al., 2023).

Os teores no solo de Ca, Mg, S, Cu, Zn e Mn, de acordo com a CQFS-RS/SC (2016), encontravam-se em níveis altos. No caso do boro

teores altos foram registrados pela análise de solo em apenas dois anos. Entretanto, cabe lembrar que anualmente foram adicionadas antes do transplante, como fontes de zinco e boro, o sulfato de zinco e o ácido bórico, respectivamente. Desta forma, a carência dos macronutrientes e micronutrientes não seria esperada, ainda mais quando a análise de solo evidenciou que os teores dos nutrientes no solo foram similares do ano de menor (2017) a maior produtividade (2020) (Tabela 1).

Em ensaio realizado na região do Alto Vale do Itajaí – SC, em Cambissolo Háplico, com distintas densidades populacionais e doses de nutrientes Menezes Júnior et al. (2023) indicam a necessidade de revisão das tabelas atuais de adubação do Manual de Calagem e Adubação utilizado no Rio Grande do Sul e Santa Catarina para a cultura da cebola (CQFS-RS/SC, 2016). De acordo com este estudo, as tabelas atuais de recomendação de adubação podem estar superdimensionando as doses de fertilizantes sem uma relação direta com o aumento da produtividade de bulbos ao relacionar de forma linear o aumento de fertilizantes N, P e K com o rendimento de bulbos.

Para Menezes Júnior et al. (2023), as plantas não podem ser vistas como unidades consumidoras e “depósitos” intermináveis de nutrientes. Pois, há certa seletividade, influenciada pelas relações

interiônicas, e limites na absorção de nutrientes. Portanto, para estes autores, não é uma simples questão matemática de adição de fertilizantes e resposta em produção ou produtividade.

Os autores justificam sua afirmação tendo por base a Lei dos acréscimos decrescentes de Mitcherlich, segundo a qual a resposta da planta em relação à produtividade alcança um limite máximo e depois passa a apresentar incrementos decrescentes com o aumento das doses de nutrientes (Menezes Júnior et al., 2023). O presente trabalho vai ao encontro de tal pressuposto.

Por sua vez, a população de plantas para a maioria dos anos de estudo influenciou a produtividade comercial, de bulbos da classe 2 e da classe 3+ (Tabela 5).

Antes do estabelecimento dos experimentos a área experimental vinha sendo cultivada com a sucessão milho e cebola por seis a sete anos seguidos. A produtividade registrada da cebola nesta área com o sistema de plantio direto vinha decrescendo. Observa-se que a produtividade comercial de cebola no presente estudo aumentou de forma crescentes nos anos de 2017 a 2020 (Figura 3, Tabela 5). Provavelmente, isto está relacionado a quebra do sistema de plantio direto, pela aração e gradagem do solo, antes do estabelecimento do sistema convencional.

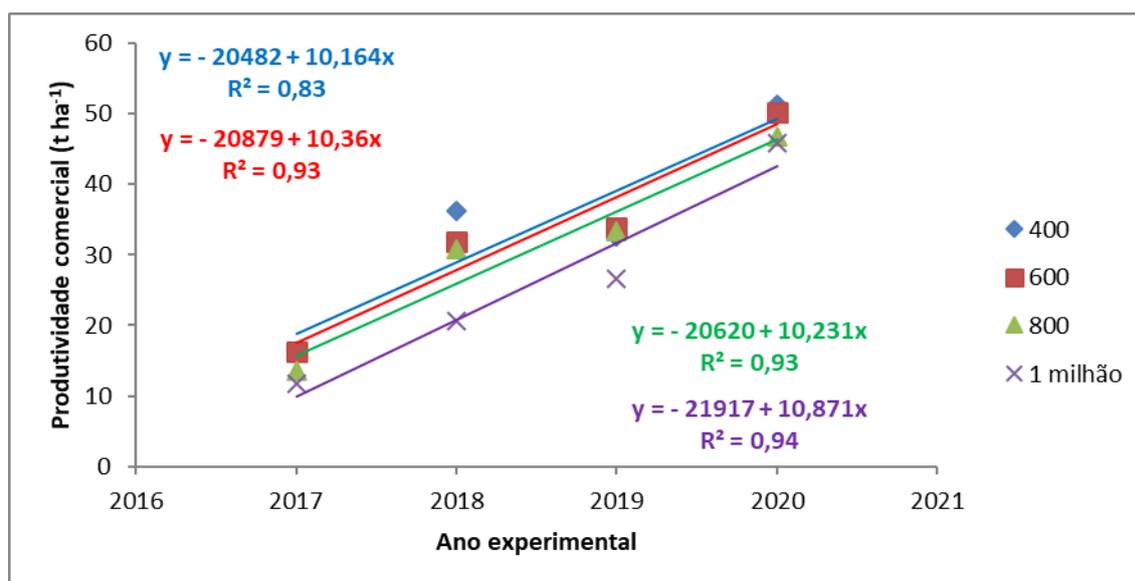


Figura 3. Produtividade comercial de bulbos de cebola ($t\ ha^{-1}$), em populações de 400, 600, 800 mil e um milhão de plantas ha^{-1} , nos anos experimentais de 2017, 2018, 2019 e 2020.

Um dos fatores limitantes para a obtenção do potencial máximo de produtividade em áreas sob o plantio direto têm sido as alterações nos atributos físicos do solo, principalmente a compactação. Os

principais efeitos negativos da compactação do solo são o aumento da resistência mecânica ao crescimento radicular, redução da aeração e da disponibilidade de água e nutrientes, e, conseqüentemente, o decréscimo na produtividade agrícola, o qual prejudica a sustentabilidade do sistema plantio direto (Oedert et al., 2002; Silva et al., 2004).

A compactação ocorre no sistema de cultivo em plantio direto devido as operações de maquinários, que promovem a formação de uma camada de solo com maior grau de compactação a 0,1-0,2 m de profundidade (Debiasi et al.; 2008; Bertollo & Levien, 2019). Portanto, o revolvimento anual do solo com arado de discos possivelmente contribuiu para a sua descompactação e melhora dos atributos físicos, permitindo o aumento de produtividade, pois o mesmo manejo de fertilização foi repetido por quatro safras seguidas na mesma área.

Influência das condições climáticas no crescimento, desenvolvimento e rendimento da cebola

A análise de desenvolvimento (número máximo de folhas – NMF) esteve positivamente correlacionada com a produtividade ($r = 0,84$). Assim sendo, quanto maior o número de folhas maior a produtividade comercial. Por sua vez, a ausência de correlação entre as doses de nitrogênio e o desenvolvimento (NMF) indica que o uso de doses acima de 150 kg N ha^{-1} são desnecessárias e acima da necessidade do cultivar Bola Precoce em Cambissolo Háplico.

Em 2017, a baixa incidência e distribuição irregular de chuvas no período de desenvolvimento inicial pós-transplante (PDI), de julho a setembro (Blainski & Ricee, 2018a), e ausência de chuvas do final de agosto ao final de setembro (Tabela 4, Figuras 1 e 2) somadas a temperaturas elevadas na fase de desenvolvimento vegetativo conduziram a um menor desenvolvimento foliar, favorecendo a maturação precoce e formação de bulbos menores (Blainski & Ricee, 2018b) e, conseqüentemente, a

menor produtividade observada no período de quatro anos (Figura 4).

No ano de 2017, aos 67 dias após o transplante (DAT) foi atingido o NMF, o qual decresceu conforme o aumento da população de plantas de 8,04 folhas ($400 \text{ mil plantas ha}^{-1}$) para 7,67 folhas ($1 \text{ milhão de plantas ha}^{-1}$).

O NMF foi atingido aos 93, 99 e 87 DAT para os anos de 2018, 2019 e 2020 e para todas as populações de plantas foi superior ou igual a 8,04 folhas. Portanto, em média, o NMF foi atingido aos 93 DAT.

O NMF foi sempre superior para populações de $400 \text{ mil plantas ha}^{-1}$ em relação às demais variando de 8,04 a 10,17 folhas para os anos de 2017 e 2019 (Figura 4). A produtividade máxima e com melhor relação entre bulbos da classe 2 e 3+ foi observada para populações de $400 \text{ mil plantas ha}^{-1}$, com um NMF de 8,17.

A cebola é considerada uma planta de dias longos para a bulbificação. No Alto Vale do Itajaí (AVI) o cultivar Bola Precoce atingiu o NMF (média de 12 a 13 folhas) no final de outubro e início de novembro, sendo o aumento do volume dos bulbos, intumescimento das bainhas foliares, perceptível quando as plantas apresentam de 7 a 8 folhas no final de setembro e início de outubro (Menezes Júnior & Marcuzzo, 2016; Vieira et al., 2023; Vieira et al., 2024).

Produtividades elevadas, para as condições do AVI, de bulbos da classe 3+ ($49,5 \text{ t ha}^{-1}$; Tabela 2) foram atingidas quando as plantas apresentavam em média 8,17 folhas. Além disso, a baixíssima precipitação entre 17 de agosto a 28 de setembro de 2017 (28 a 70 DAT; 42 dias) no desenvolvimento inicial e início da bulbificação foi responsável pela queda em produtividade (Figura 1).

Portanto, um maior número de folhas não significa necessariamente uma maior produtividade. Contudo, indica que um mínimo de folhas é necessário e que esse mínimo deverá ser estabelecido antes da bulbificação para a obtenção de produtividades mais elevadas.

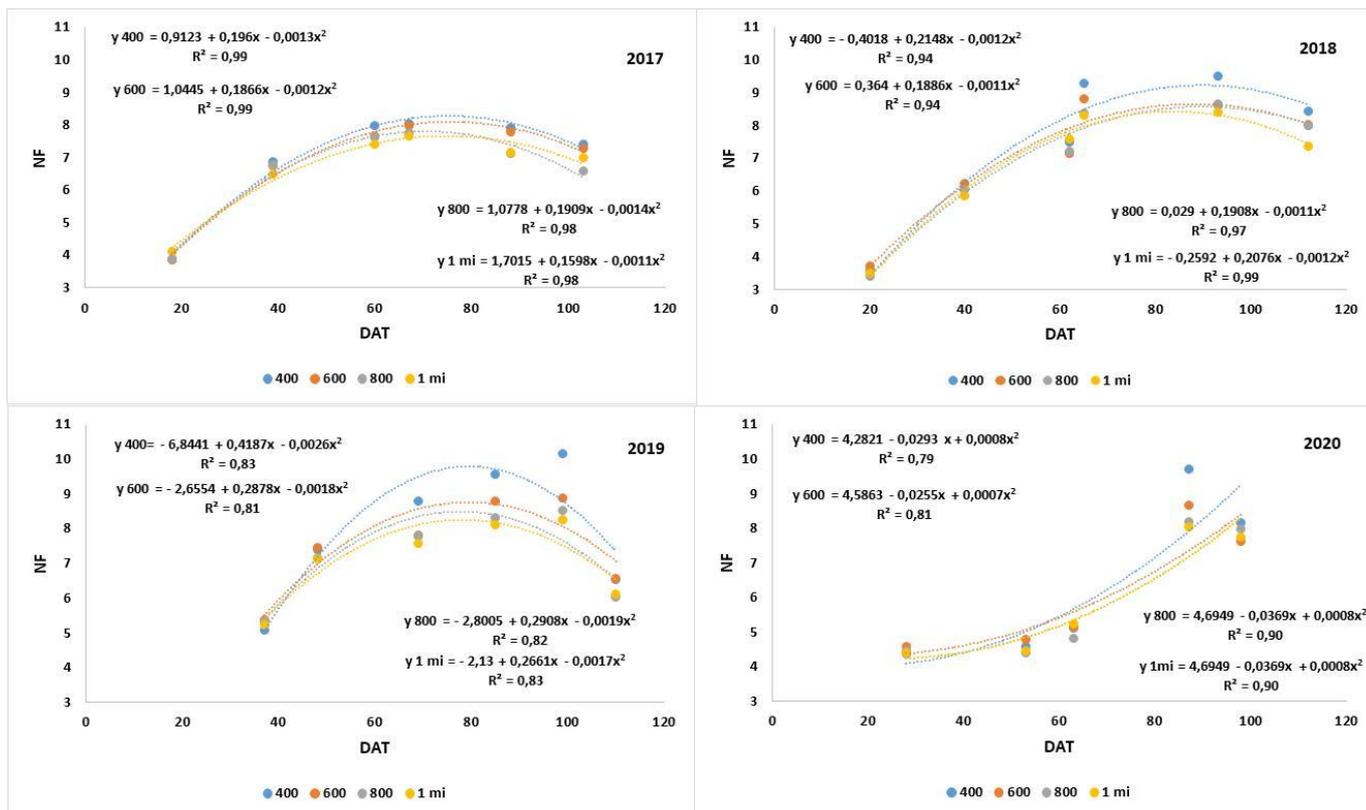


Figura 4. Número de folhas (NF), em populações de 400, 600, 800 mil e um milhão de plantas ha^{-1} , nos anos de 2017, 2018, 2019 e 2020.

As produtividades mais altas ocorreram em 2020, ano com 238 mm de precipitação e 85,0% UR no desenvolvimento inicial e 86 mm de precipitação e 76,4% UR no desenvolvimento e maturação de bulbos. Assim, devido a uma precipitação maior em relação a outros anos, houve um melhor estabelecimento inicial e a redução do volume das chuvas no período de colheita, o que provavelmente diminuiu a podridão de bulbos no campo (Figura 1, Tabela 4).

Por sua vez a menor produtividade foi registrada em 2017, em que houve um menor desenvolvimento inicial, o que se deve à ausência de chuvas no período associado provavelmente a maior compactação do solo. Essa condição, somada a alta incidência de tripses, *Thrips tabaci*, reduziu significativamente a produtividade em relação a anos agrícolas normais. Pois, a incidência de tripses foi antecipada pelas altas temperaturas e baixa umidade relativas observadas no início do ciclo.

No ano de 2017 foi observada na fase inicial do ciclo a maior temperatura média ($16,8^\circ\text{C}$) e menor umidade relativa (80,9%) (Tabela 4) durante os quatro anos do estudo. A temperatura tem efeito positivo e a umidade relativa negativa sobre a

incidência de tripses (Waiganjo et al., 2008; Gonçalves et al., 2019). Assim, mesmo com os tratamentos fitossanitários aplicados, sob condições meteorológicas favoráveis, a eficiência de inseticidas convencionais se torna limitada.

Trabalhos realizados com a cebola nas mesmas condições edafoclimáticas em sistema de cultivo de plantio direto confirmam o comportamento observado quanto à sensibilidade da cultura as variáveis meteorológicas e sua relação com o desenvolvimento, incidência de tripses e produtividade (Menezes Júnior et al., 2020; Menezes Júnior & Kurtz, 2022).

CONCLUSÃO

O uso de doses de nitrogênio superiores a 150 kg ha^{-1} não aumentou a produtividade da cebola cultivar Bola Precoce.

A melhor proporção comercial de bulbos das classes 2 e classe 3+ é obtida com densidades populacionais de 400 mil plantas ha^{-1} .

Um maior número de folhas não significa necessariamente uma maior produtividade.

Recomenda-se a revisão da tabela de recomendação de adubação NPK atualmente utilizada para o cultivo da cebola no estado de Santa Catarina.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pelo financiamento do trabalho. Aos servidores da Epagri: técnico agrícola Marcelo Pitz e operários de campo Odair Justen (*in memoriam*).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bertollo, A. M.; Levien, R. (2019). Compactação do solo em Sistema de Plantio Direto na palha. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, 25(3):208-218.
- Blainski, E.; Ricce, W. S. (2018a). **Agrometeorologia**. In: Epagri. Boletim Ambiental: Síntese Trimestral - Inverno 2017. Florianópolis: Epagri, 22 p.
- Blainski, E.; Ricce, W. S. (2018b). **Agrometeorologia**. In: Epagri. Boletim Ambiental: Síntese Trimestral - Primavera 2017. Florianópolis: Epagri, 26 p.
- Braga, H. J.; Ghellere, R. (1999) Proposta de diferenciação climática para o Estado de Santa Catarina. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 11. Reunião Latino Americana de Agrometeorologia, 2., 1999**, Florianópolis, SC. Anais. Florianópolis: Epagri, 1999. 1 CD-ROM.
- CQFS-RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. (2016). Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 376 p.
- Debiasi, H.; Franchini, J.C.; Gonçalves, S.L. (2008). **Manejo da compactação do solo em sistemas de produção de soja sob semeadura direta**. Londrina, Embrapa Soja. 20 p.
- Gonçalves, P.A.S.; Menezes Júnior, F.O.G.; Geremias, L.D.; Araújo, E.R. (2019). Modelo para a previsão da incidência de tripses em cebola pelo clima. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, 17(2): 1-8.
- Henriques, G.P.S.A.; Grangeiro, L.C.; Paulino, R.C.; Marrocos, S.T.P.; Souza, V.F.L.S.; Ribeiro, R.M.P. (2014). Produção de cebola cultivada sob diferentes densidades de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 18(7):682-687.
- Menezes Júnior, F.O.G.; Vieira Neto, J. (2012). Produção da cebola em função da densidade de plantas. **Horticultura Brasileira**, 30(4):733-739. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v30n4/v30n4a28.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2018.
- Menezes Júnior, F.O.G.; Marcuzzo, L.L. (2016). Manual de práticas agrícolas: guia para a sustentabilidade das lavouras de cebola do estado de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, 143p.
- Menezes Júnior, F.O.G.; Kurtz, C. (2016). Produtividade da cebola fertirrigada sob diferentes doses de nitrogênio e densidades populacionais. **Horticultura Brasileira**, 34(4): 571-579. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620160418>
- Menezes Júnior, F.O.G.; Araújo, E. R. (2018). O estande ideal para a lavoura de cebola. **Revista Campo & Negócios Hortifrúti**, Uberlândia - MG, 161: 24 - 27.
- Menezes Júnior, F.O.G., Gonçalves, P.A. de S. e Marcuzzo, L.L. (2020). Avaliação de sistemas de produção convencional, racionais integrados e orgânicos na cultura da cebola em cultivo convencional e de plantio direto. *Revista Thema*. 17(1):95-113. DOI: <https://doi.org/10.15536/thema.V17.2020.95-113.1307>.
- Menezes, F.O.G.; Resende, R.S.; Araújo, E.R. (2021) Severidade do míldio da cebola em sistema superdensado para as condições do Alto Vale do Itajaí – SC. **Summa Phytopathologica**, 47(2):116-121.
- Menezes Junior, F.O.G.; Souza Gonçalves, P.A.; Vieira Neto, J.; Kurtz, C. (2022). Uso do clorofilômetro e interpretação das leituras realizadas em tempo real como indicativo de suficiência de nitrogênio para a cultura da cebola. **Agropecuária**

- Catarinense, [S. l.], 35(1): 21–24. DOI: 10.52945/rac.v35i1.1362. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/1362>. Acesso em: 11 out. 2024.
- Menezes Júnior, F.O.G.; Kurtz, C. (2022). Índice de clorofila e florescimento da cebola fertirrigada sob parcelamentos de nutrientes e densidades populacionais. **Revista Agri-environmental Sciences**, 8:1-16. DOI: <https://doi.org/10.36725/agries.v8i1.6954>
- Menezes Júnior, F.O.G.; Higashikawa, F.S.; Gonçalves, P.A.S. (2023). Produtividade e florescimento da cebola fertirrigada por gotejamento NPK sob doses de fósforo em diferentes densidades populacionais. **Revista Vértices**, [S. l.], 25(2). e25220582. DOI: 10.19180/1809-2667.v25n22023.20582. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/20582>. Acesso em: 15 set. 2023.
- Oedert, W.J.; Schermack, M.J.; Freitas, F.C. (2002). Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37(2):223–227.
- Pandolfo, C.; Braga, H. J.; Silva Jr, V. P.; Massignam, A. M., Pereira, E. S.; Thomé, V. M. R.; Valci, F.V. (2002). **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri. CD-Rom.
- R Core Team (2017). **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing,. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 02/05/2019.
- Silva, A. P.; Imhoff, S.; Kay, B. (2004). Plant response to mechanical resistance and air-filled porosity of soils under conventional and no-tillage system. **Scientia Agricola**, 61(4):451-456.
- Thomé, V.M.R.; Zampieri, S.; Braga, H.J.; Pandolfo, C.; Silva Júnior, V.P.; Bacic, I.; Laus Neto, J.; Soldateli, D.; Gebler E.; ORE, J.D.; Echeverria, L.; Mattos; M.; Suski, P.P. (1999). **Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico**. Florianópolis : Epagri, 1000p.
- Vieira, H. J. ; Menezes Júnior, FOG ; Blainski, E. ; Miszinski, J. (2024). Épocas de semeaduras e de transplantes e desenvolvimento de bulbos de cebola em clima Subtropical de Santa Catarina. **Revista Agronomia Brasileira**. 8:1-8.
- Waiganjo, M.M.; Gitonga, L.M.; Mueke, J.M. (2008). Effects of weather on thrips population dynamics and its implications on the thrips pest management. **African Journal of Horticultural Science**, 01:82-89.