

Vigor de sementes e densidade populacional: reflexos na morfologia de plantas e produtividade da soja**Seed vigor and population density: reflections on plant morphology and soybean yield**

DOI:10.34117/bjdv6n6-422

Recebimento dos originais: 11/05/2020

Aceitação para publicação: 18/06/2020

José Ricardo Bagateli

Doutor em Ciência e Tecnologia de Sementes

Instituição: Universidade Federal de Pelotas

Endereço: Campus Universitário, S/N - CEP 96160-000/ Capão do Leão, RS - Brasil

E-mail: ricardobagateli@gmail.com

Jader Job Franco

Doutorando em Ciência e Tecnologia de Sementes

Instituição: Universidade Federal de Pelotas

Endereço: Campus Universitário, S/N - CEP 96160-000/ Capão do Leão, RS - Brasil

E-mail: jaderjobfranco@yahoo.com.br

Geri Eduardo Meneghello

Professor Dr. na Universidade Federal de Pelotas

Instituição: Universidade Federal de Pelotas

Endereço: Campus Universitário, S/N - CEP 96160-000/ Capão do Leão, RS - Brasil

E-mail: gmeneghello@gmail.com

Francisco Amaral Villela

Professor Dr. na Universidade Federal de Pelotas

Instituição: Universidade Federal de Pelotas

Endereço: Campus Universitário, S/N - CEP 96160-000/ Capão do Leão, RS - Brasil

E-mail: francisco.villela@ufpel.edu.br

RESUMO

O alto vigor das sementes é imprescindível para uma rápida e uniforme emergência das plântulas, garantindo ainda a população desejada; porém apresenta resultados divergentes quanto a sua influência sobre a produtividade final das culturas. Assim como o vigor, a população de plantas é importante fator de pesquisa, sendo um dos principais componentes de rendimento. Nesse contexto, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o efeito do vigor de sementes e da variação da população sobre as características morfológicas das plantas e produtividade da cultura da soja. Foram utilizadas sementes das cultivares NS 6909 Ipro e 7166 RSF Ipro, com alto (90%) e baixo vigor (70%). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, dispostos em esquema fatorial 2x4, sendo dois níveis de vigor (alto e baixo) e quatro populações de plantas (150.000; 250.000; 350.000 e 450.000 plantas ha⁻¹), empregando-se quatro repetições. Foram avaliadas a altura de plantas, índice de acamamento, número de ramificações por planta, número de vagens total e nos diferentes terços das plantas, número de sementes por planta, peso de mil sementes e produtividade da cultura. As cultivares avaliadas apresentaram comportamento contrastante à elevação populacional, principalmente para as variáveis altura de plantas, acamamento e produtividade. Sementes de alto

vigor resultaram em desenvolvimento vegetativo superior da comunidade de plantas, com reflexos positivos no número médio de nós produtivos por planta e no número de vagens e sementes por planta, em todas as populações avaliadas, resultando em incrementos de produtividades em até 19% comparado ao uso de sementes de baixo vigor.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill, qualidade fisiológica, população de plantas.

ABSTRACT

The high vigor of seeds is essential for a quick and uniform seedling emergence, still guaranteeing the desired population; however it presents divergent results regarding its influence on the crops yield. As well a vigor, the plant population is a important research fator, being one of the main components of yield. In this context, the aim of this research was to evaluate the effect of the seed vigor and population variation on plant morphological characteristics and soybean yield. Seeds from cultivars NS 6909 Ipro and 7166 RSF Ipro were used, with high (90%) and low vigor (70%). The experimental design was randomized blocks, arranged in factorial scheme 2x4, with two levels of vigor (high and low) and four plant populations (150.000; 250.000; 350.000 and 450.000 plants ha⁻¹), employing four repetitions. Plant height, lodging index, number of branches per plant, total number of pods and different thirds of plants, number of seeds per plant, thousand-seed weight and crop yield were evaluated. The cultivars showed contrasting behavior increase the population, especially for the variables plant height, lodging and crop yield. High vigor seeds result in superior plant development in the plant community, with positive effects on the average number of productive nodes per plant and the number of pods and seeds per plant, in all evaluated populations, resulting in productivity increases of up to 19% compared to the use of low vigor seeds.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merrill, physiological quality, plant population.

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é a espécie da família *Fabaceae* com maior importância econômica cultivada no mundo, com uma produção global de mais de 358,2 milhões de toneladas em 2019 (USDA, 2019). Sua importância se dá em função de sua composição química, que possui alto teor proteico e proporciona uma variada aplicação na indústria e na alimentação humana e animal. A produção da soja, assim como de todas as espécies agrícolas produtoras de grãos, é determinada pela interceptação da luz solar e a produção de biomassa e, dentro de um lote, plântulas provenientes de sementes de alto vigor emergem mais rápido, iniciando o processo fotossintético mais cedo, favorecendo o crescimento da parte aérea e do sistema radicular. A maior velocidade de emergência e a produção de plântulas com maior tamanho, provenientes das sementes vigorosas, podem proporcionar ao dossel vantagens no aproveitamento de água, luz e nutrientes (SCHUCH et al., 2009).

A obtenção da população adequada também é influenciada pelo uso de sementes de alta qualidade, pois o estande desejado é afetado pelas condições de campo, especialmente em situações menos favoráveis (CANTARELLI et al., 2015). A influência do vigor das sementes sobre a emergência das plântulas em campo, no estabelecimento da população ideal e no desenvolvimento inicial das plantas é consenso, tanto para a comunidade científica quanto para o setor produtivo,

especialmente sob condições ambientais desfavoráveis (MARCOS FILHO, 2015; EBONE et al., 2020).

No entanto, o efeito do vigor sob o rendimento das culturas não é unânime e apresenta irregularidade nos resultados. Marcos Filho (2015) alega que há uma tendência de que à medida que avançam os estádios fenológicos da cultura, a influência do vigor de sementes tende a se reduzir, sendo que o desempenho da planta torna-se mais dependente das relações genótipo e ambiente, não sendo esperada influência sobre a produtividade final, exceto quando há diminuição do estande. Neste sentido, Vanzolini e Carvalho (2002); Camozzato (2009) e Rossi et al. (2017), verificaram que o efeito do vigor das sementes de soja foi maior no início do desenvolvimento das plantas, sem reflexos na produtividade, pois, conforme destacaram, uma vez ajustada a população de plantas, não há efeito do vigor sob a produtividade da cultura. Em contra partida, Schuch et al. (2009) afirmam que o vigor das sementes tem efeito direto na habilidade da planta em acumular massa seca, e essa vantagem possui reflexos na produtividade. Ainda, Bagateli et al. (2019), afirmam que mesmo com a população ajustada, os efeitos dos níveis de vigor de sementes não se resumem apenas na velocidade e uniformidade de emergência e no maior crescimento vegetativo, mas também na produtividade final da cultura da soja.

A população de plantas é uma variável que pode afetar diretamente a produtividade da cultura, sendo determinada em função do genótipo e do ambiente de produção. É uma característica amplamente estudada, visando definir a melhor população para cada cultivar disponível. Não há um espaçamento e/ou densidades ideais de soja para todos os ambientes e genótipos, por isso é importante observar a interação entre espaçamento e densidade de plantas dentro de cada condição de cultivo (CALISKAN et al., 2007).

Vazquez et al. (2008) destacam que o uso de populações muito elevadas, além de elevar os custos com sementes, não necessariamente aumentam o rendimento das culturas, bem como populações menores do que as recomendadas para a cultivar favorecem o desenvolvimento de plantas daninhas, diminuindo o rendimento. Neste sentido, Mauad et al. (2010); Machado et al. (2018) observaram que quanto maior a densidade de plantas na linha de semeadura, maior foi a redução do número de ramificações por planta. Analisando-se em conjunto a população, a altura e o número de ramificações por planta, Martins et al. (1999) descreveram que há ocorrência de maior competição entre as plantas, resultando em menor disponibilidade de fotoassimilados para o crescimento vegetativo na forma de ramificações, já que os mesmos são destinados preferencialmente para o crescimento da haste principal. Dessa forma, o número de ramos por planta é umas das principais variáveis para avaliação da plasticidade fenotípica de uma cultivar de soja (CALISKAN et al., 2007; WERNER et al., 2016).

Diante do exposto, compreender o efeito do vigor das sementes sob o desempenho de genótipos de soja, sob diferentes populações de plantas é de grande importância no cenário atual, a fim de compreender a dinâmica produtiva da cultura da soja. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do vigor de sementes e da variação populacional sob as características morfológicas das plantas e produtividade da cultura da soja.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos, realizados durante dois anos correspondentes às safras agrícolas de 2017/18 e 2018/19, instalados em nível de campo no município de Los Cedrales, localizado no departamento do Alto Paraná – Paraguai; com as coordenadas geográficas de 25°39'3.04"S e 54°42'50.37"O e altitude de 250 metros. O solo do local é de textura argilosa, classificado como Alfisol conforme a classificação americana (*Soil Taxonomy*), adotada no Paraguai (López et al., 1995). A atual classificação brasileira de solos o enquadra na classe Latossolo vermelho eutroférrico (EMBRAPA, 2006). O clima predominante nesta região é classificado segundo Köppen (1936), como Cfa subtropical úmido, mesotérmico, com verões quentes e invernos com geadas ocasionais. As chuvas ocorrem com maior frequência na primavera/verão, sem estação de seca definida. A precipitação pluvial média anual é 1.500 mm, e a temperatura média mensal varia de 17 a 27 °C (LOPEZ et al., 1995).

Foram utilizadas sementes de soja de duas cultivares de hábito de crescimento indeterminado, NS 6909 Ipro e 7166 RSF Ipro, ambas registradas, protegidas e indicadas para cultivo no Sul do Brasil e Paraguai; possuindo características agrônômicas distintas e contrastantes. O genótipo NS 6909 Ipro apresenta ciclo precoce, com maturação de colheita entre 110 a 120 dias. A recomendação de população varia de 320 a 400 mil plantas ha⁻¹; possuindo um índice de ramificação baixo. Já o genótipo 7166 RSF Ipro apresenta ciclo médio, com maturação de colheita entre 125 a 135 dias. A recomendação de população varia entre 200 a 300 mil plantas ha⁻¹, possuindo um índice de ramificação alto.

As sementes foram analisadas e classificadas em níveis de vigor pelo teste de envelhecimento acelerado e germinação em rolo de papel. Essas avaliações ocorreram 30 dias antes do início da instalação dos experimentos a fim de minimizar os efeitos do tempo de armazenamento.

A condução do Teste de Germinação seguiu as recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), realizado com oito sub amostras de 50 sementes, totalizando 400 sementes por lote. As sementes foram distribuídas sobre papel tipo germitest, umedecido com volume de água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa seca do substrato. Os rolos de papel com as sementes foram acondicionados em germinador tipo Mangelsdorf, a temperatura de 25°C, sob regime

de luz constante e a contagem se deu após oito dias, sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

A avaliação do vigor foi realizada pelo teste de envelhecimento acelerado conforme a metodologia descrita por Marcos Filho (1999), utilizando caixas plásticas tipo gerbox e telas esterilizadas em solução de hipoclorito de sódio a 15%. Em cada caixa foi colocado 40 ml de água destilada e as sementes depositadas sobre a tela formando uma camada única, evitando o contato da água. Cada caixa foi fechada e colocada na câmara de envelhecimento tipo BOD, regulada na temperatura de 41°C ($\pm 0,5^\circ\text{C}$), por um período de 48 horas. Ao final do período de envelhecimento, o procedimento do teste de germinação em rolo de papel foi realizado conforme descrito pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). O resultado do teste foi expresso pela média das quatro repetições de 50 sementes, em porcentagem de plântulas normais. Dessa forma selecionaram-se os lotes dos dois genótipos com resultado do teste de envelhecimento acelerado de 90 e 70% de plântulas normais; caracterizando-os assim como de alto e baixo vigor, respectivamente. Todos os lotes possuíam classificação no mesmo diâmetro de peneira (6,0mm); com germinação de 94 e 85 %, para os lotes de alto e baixo vigor, respectivamente.

A semeadura ocorreu de forma mecanizada, respeitando a época preferencial recomendada para ambas as cultivares. O primeiro experimento foi semeado em 10/10/2017 e o segundo, em 15/10/2018; ambos sob sistema de semeadura direta na palha após colheita do milho. A fertilização química foi realizada juntamente com a semeadura utilizando-se 200 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado N:P₂O₅:K₂O na proporção 00-30-10, calculado com base na interpretação da análise química do solo, conforme os valores obtidos: pH H₂O: 5,95; areia: 6,56%; silte: 22,09%; argila: 71,33%; V%: 65,33; M.O: 2,74 %; CTC: 14,69 cmolc dm⁻³; Al⁺³: 0,0 cmolc dm⁻³; Ca: 6,86 cmolc dm⁻³; Mg: 2,23 cmolc dm⁻³; K: 0,36 cmolc dm⁻³; P: 21,7 mg dm⁻³; S: 4,19 mg dm⁻³; Fe⁺²: 35,58 mg dm⁻³; Mn: 81,24 mg dm⁻³; Cu: 7,25 mg dm⁻³; Zn: 4,88 mg dm⁻³; B: 0,36 mg dm⁻³.

As sementes foram previamente tratadas com fungicida à base de Piraclostrobina (25 g L⁻¹) e Tiofanato Metílico (225 g L⁻¹) e inseticida à base de Fipronil (250 g L⁻¹) na dose de 2,0 mL por 100 kg⁻¹ de sementes do produto comercial Standak Top[®]. As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium* spp. (6,0.10⁹ UFC mL⁻¹) na dose de 4,0 mL do produto comercial MasterFix[®] por kg⁻¹ de sementes. Esta operação foi realizada manualmente momentos antes da semeadura com a utilização de sacos plásticos visando uniformizar a distribuição dos produtos.

Foram distribuídas 30 sementes por metro linear e aos 20 dias após a semeadura as parcelas sofreram desbaste manual com auxílio de uma régua graduada, uniformizando-se as equidistâncias entre as plantas e obtendo-se assim as populações desejadas de 150, 250, 350 e 450 mil plantas ha⁻¹. O critério de desbaste foi a localização da planta dentro da linha de semeadura, independente de seu

tamanho. Este procedimento objetivou evitar a interferência do efeito de população de plantas, principalmente nos lotes de baixo vigor; e com isso, cada população de plantas estabelecida refletiam diretamente a qualidade dos lotes de baixo e alto vigor escolhidos previamente.

As parcelas foram instaladas nas adjacências dos campos de produção de grãos e, durante o ciclo da cultura, os tratos culturais seguiram as recomendações técnicas para produção da soja na região, mantendo-se as plantas protegidas contra o ataque de pragas e doenças e livres da competição de plantas daninhas que poderiam interferir para o bom desenvolvimento do cultivo.

Cada unidade experimental foi formada por cinco linhas de semeadura com 5,0 m de comprimento, espaçadas a 0,45 m entre si. A fim de evitar o efeito bordadura, a área útil da parcela foi composta pelas três linhas centrais, descartando-se 0,50 m de suas extremidades, totalizando 5,4 m² por unidade experimental. Para determinação dos estádios fenológicos da cultura adotou-se a escala descrita por Fehr e Caviness (1977).

Durante a condução do experimento foram demarcadas 20 plantas dispostas de forma sequencial na linha central da área útil da parcela. Desta maneira, todos os dados relativos ao crescimento vegetativo, arquitetura de plantas e componentes de rendimento foram tomados diretamente nestas plantas. Foram determinadas as seguintes variáveis à campo ou no laboratório após a colheita:

a) Altura de plantas (ALT): A altura das plantas no estágio R8 foi determinada a partir da superfície do solo até a extremidade da haste principal; realizada com auxílio de uma trena milimetrada, sendo os resultados expressos em cm planta⁻¹.

b) Acamamento de plantas (ACP): Avaliado por meio da observação visual da parcela, atribuindo-se notas de 1 a 5, com intervalos regulares de 20%, sendo nota 1 caracterizada como de 0 a 20% de plantas acamadas e nota 5 para acima de 80% de plantas acamadas na parcela. Esta avaliação foi realizada no estágio R8.

c) Número de ramificações por planta (NRP): Contagem do número total de ramos produzidos por planta na ocasião da colheita.

d) Número de nós produtivos (NNP): Contagem do total de nós produtivos por planta, considerados aqueles nós que possuíam racemos com vagens no momento da colheita.

e) Número de vagens no terço inferior, médio e superior: Em função da estatura, cada planta foi dividida em três partes iguais, sendo contabilizado o número total de vagens produzidas em cada terço.

f) Número de vagens por ramo (NVR): Contagem do número total de vagens produzidas nos ramos das plantas.

g) Número de vagens totais (NVT): Contagem do número total de vagens produzidas na planta, considerando os ramos e terços inferior, médio e superior.

h) Número de sementes por planta (NSP): Contagem do número total de sementes produzidas por planta.

i) Produtividade (PROD): Colheita das sementes das plantas da área útil da parcela, com umidade corrigida a 13% (base úmida) e transformada em kg ha^{-1} .

j) Peso de mil sementes (PMS): Determinado na amostra obtida em função da colheita da área útil da parcela, conforme metodologia descrita pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, dispostos em esquema fatorial 2×4 , sendo dois níveis de vigor (alto e baixo) e quatro populações de plantas (150.000; 250.000; 350.000 e 450.000 plantas ha^{-1}), empregando-se quatro repetições. As cultivares estudadas foram analisadas individualmente dentro de cada safra agrícola, ou seja, em cada experimento.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando significativos, os efeitos do vigor das sementes foram avaliados pelo teste de Tukey, enquanto que os efeitos das populações de plantas foram avaliados através de regressões polinomiais, no software estatístico WinSTAT (MACHADO e CONCEIÇÃO, 2003), em nível de 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentados os dados referentes ao comportamento climático de pluviosidade e temperaturas durante os experimentos 1 e 2, correspondentes às safras de 2017/18 e 2018/19. Durante o experimento 1 (safra 2017/18) a distribuição das chuvas foi regular durante todo o ciclo da cultura, mantendo boa disponibilidade hídrica no solo para ambas as cultivares. Com relação às temperaturas, estas se mantiveram dentro da normalidade, ocorrendo poucos picos de temperaturas maiores que 35°C durante os estádios críticos de enchimento de grãos (R5 a R7) (Figura 1a). Já durante o experimento 2 (safra 2018/19), a distribuição das chuvas foi mais irregular, principalmente na fase de florescimento (R2) e formação de vagens (R4), associado a elevadas temperaturas ($>35^{\circ}\text{C}$) durante vários dias. Após este período, que perdurou de 30/11/2018 a 10/01/2019 (40 dias), as chuvas se tornaram mais regulares, porém a temperatura máxima ainda continuou elevada durante o restante do mês de janeiro (Figura 1b).

Este comportamento climático acarretou numa antecipação da maturação de ambas as cultivares. A cultivar NS 6909 Ipro terminou seu ciclo com 126 e 111 dias após a semeadura, para os experimentos 1 e 2 (safras 2017/18 e 2018/19), respectivamente; representando uma diferença de 15

dias. Já a cultivar 7166 RSF Ipro completou seu ciclo com 140 e 127 dias após a semeadura, para os experimentos 1 e 2, respectivamente; representando uma diferença de 13 dias.

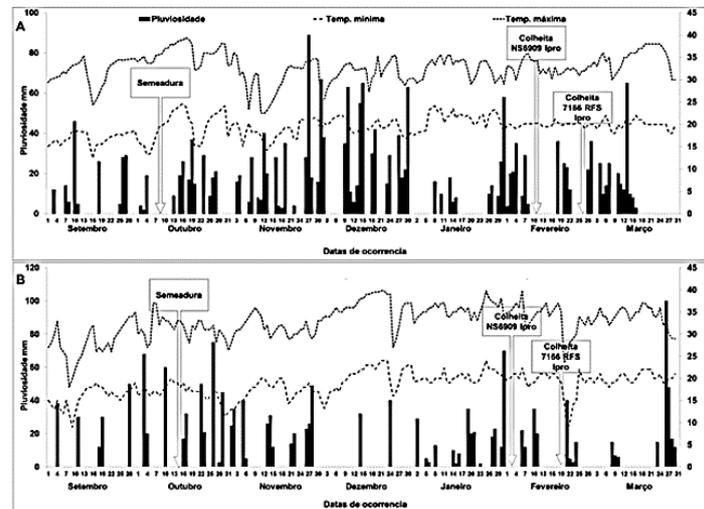


Figura 1. Dados climáticos de temperatura máxima, temperatura mínima e pluviosidade nos locais onde foram conduzidos os experimentos 1 (safra 2017/18) (A) e 2 (safra 2018/19) (B). Los Cedrales – PY, 2020.

Os dados referentes à altura de plantas nos estádios R8 (ALTR8), número de ramificações por planta (NRP) e acamamento de plantas (ACP) são apresentados na Tabela 1 para os experimentos 1 e 2 (safras 2017/18 e 2018/19). Verificou-se interação significativa entre os fatores VIG*POP para a variável ALTR8 para a cultivar 7166 RSF Ipro no experimento 1 (safra 2017/18) e para a cultivar NS 6909 Ipro no experimento 2 (safra 2018/19). Sementes de alto vigor resultaram em plantas mais altas, nas populações de 250.000 e 450.000 plantas ha^{-1} para a cultivar 7166 RSF Ipro no experimento 1 (safra 2017/18) (Tabela 2). Nessa condição, a cada 100.000 plantas ha^{-1} de aumento na população houve um incremento na estatura de 5,3 cm e 5,8 cm nas plantas provenientes de sementes de alto e baixo vigor, respectivamente (Figura 2b). Para a mesma cultivar, no experimento 2, plantas provenientes de sementes de alto vigor (90%) apresentaram altura média superior às plantas originadas de sementes com baixo vigor (70%). Já para a cultivar NS 6909 Ipro na safra 2018/19 (Experimento 2), sementes de alto vigor (90%) proporcionaram plantas com estatura superior em todas as populações avaliadas (Tabela 1). A elevação média na altura de plantas foi de 5 cm com o uso de sementes de alto vigor (90%), nas maiores populações estudadas. Já para as sementes de baixo vigor (70%), a cada 100.000 plantas ha^{-1} de aumento na população houve um acréscimo de 1,5 cm na estatura das plantas da cultivar NS 6909 Ipro (Figura 2e).

A maior altura de plantas pode estar relacionada com o maior número de nós na haste principal, conforme sugerido por Martins et al. (1999), no entanto, no mesmo estudo, a altura de plantas também foi condicionada pelo maior comprimento dos entre nós. Do ponto de vista prático,

pode-se destacar como consequências principais da elevação da altura das plantas, a maior altura de inserção de primeira vagem, o que facilita a operação de colheita (MACHADO et al., 2018) e, por outro lado, a maior suscetibilidade das plantas ao acamamento, acarretando em perdas de produtividade e qualidade dos grãos colhidos (MAUAD et al., 2010).

Panozzo et al., (2009) observaram uma diferença média superior em 5% na estatura em plantas provenientes de sementes alto vigor, podendo esta diferença ser atribuída a maior velocidade de emergência em função do maior vigor e, da produção de plantas com maior capacidade competitiva em utilizar os recursos do meio nas sementes com vigor mais alto. Schuch et al., (2009) relatam que essa situação pode proporcionar ao dossel vantagens no aproveitamento de água, luz e nutrientes e afirmam que a antecipação da emergência propicia um maior período de crescimento vegetativo das culturas, levando a maiores acúmulos de fotoassimilados pelo maior influxo de CO₂ e, conseqüentemente uma maior taxa de crescimento. Ainda, resultados semelhantes foram obtidos por Bagateli et al. (2019) trabalhando com diferentes genótipos de soja semeados com níveis crescentes de vigor das sementes, onde, mesmo fixando a população de plantas, constataram efeitos do vigor das sementes no crescimento vegetativo inicial, com reflexos no aumento da altura final das plantas, sofrendo maior ou menor intensidade em função do genótipo estudado. Por outro lado, Tekrony e Egli (1991) e Marcos Filho (2015) entendem que durante a fase de plântula e início do desenvolvimento da planta, o vigor pode ser responsável por considerável impulso no crescimento, mas o dimensionamento da persistência desse efeito inicial é menos evidente durante as fases subsequentes do desenvolvimento; portanto, à medida que os estádios fenológicos se sucedem, essa influência tende à redução gradativa, até se tornar pouco expressiva, a partir do início da fase reprodutiva da planta. Em relação ao crescimento de plântulas, Feliceti et al. (2020) trabalhando com três níveis de vigor (alto, médio e baixo) observaram que a qualidade fisiológica impacta significativamente no comprimento da parte aérea, sendo superior em plântulas provenientes de sementes de alto vigor.

A maior altura de plantas associada ao aumento populacional também foi observada por Mauad et al. (2010), Rossi et al., (2017) e França (2019), que constataram incremento linear na altura das plantas de soja com elevação da densidade populacional. O aumento da altura das plantas de soja sob densidades elevadas decorre da maior competição intraespecífica por luz, acarretando no estiolamento das plantas nas maiores populações (MAUAD et al., 2010). No presente estudo, a altura de plantas no estágio R8 sofreu influência tanto do vigor de sementes, quanto do aumento populacional.

Com relação ao número de ramificações por planta (NRP), houve interação entre os fatores vigor e população em ambas as cultivares somente no experimento 2 (safra 2018/19). Nessa condição,

sementes de alto vigor (90%) resultaram em maior NRP nas menores populações avaliadas. Ainda, para a cultivar 7166 RSF IPRO, foi observado a emissão de ramos até a população mais alta (450.000 plantas ha⁻¹) no experimento 1 (safra 2017/18), com número médio de ramificações superior em plantas provenientes de sementes de alto vigor (Tabela 2). Já no experimento 2, houve emissão de ramos até 350.000 planta ha⁻¹ na cultivar 7166 RSF Ipro (Tabela 2). Por outro lado, concomitante ao aumento populacional houve uma redução no NRP para as duas cultivares avaliadas, em ambos os experimentos, corroborando com Mauad et al. (2010); Machado et al. (2018) e França (2019) que, em estudos analisando a altura e o número de ramificações em plantas de soja em função da densidade de plantas, observaram que quanto maior a densidade de plantas na linha de semeadura, maior foi a redução do número de ramificações por planta. Também Martins et al. (1999) descreveram que a ocorrência de maior competição entre as plantas, resulta em menor disponibilidade de fotoassimilados para o crescimento vegetativo na forma de ramificações, pois os mesmos são destinados preferencialmente para o crescimento da haste principal. Com base nisso, o NRP é considerado umas das principais variáveis para avaliação da plasticidade fenotípica de uma cultivar de soja (WERNER et al., 2016).

As características morfofisiológicas das plantas de soja são diferenciadas entre os genótipos, sendo que as expressões fenotípicas são alteradas pelas populações de plantas empregadas. Nessa mesma lógica, Sedyama et al. (2015) destacam que o tipo e o NRP na cultura da soja dependem de particularidades da constituição genética de cada cultivar e do espaço disponível para o desenvolvimento das plantas.

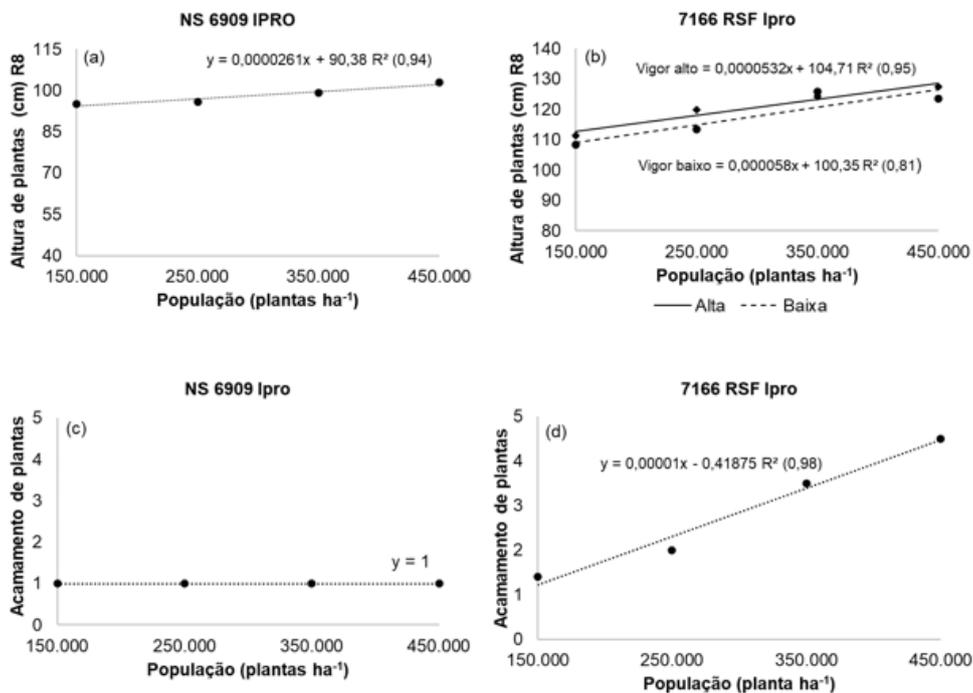
Para a variável acamamento de plantas, o aumento populacional associado ao incremento na altura de plantas refletiu de maneira distinta nas cultivares avaliadas, sendo observado acamamento mais severo nas populações de 350.000 e 450.000 plantas ha⁻¹ na cultivar 7166 RSF Ipro, enquanto para a cultivar NS 6909 Ipro não foram observadas alterações no acamamento em ambos experimentos avaliados, independente da população de plantas (Tabela 1; Figuras 2c, d, g, h). Considerados os valores absolutos da altura de plantas no estágio R8, verifica-se uma diferença aproximada de 20 cm na estatura de plantas entre as duas cultivares, podendo justificar o maior acamamento na cultivar 7166 RSF Ipro nas populações acima de 350.000 plantas ha⁻¹.

Para Baron et al. (2018), os maiores níveis de acamamento ocorrem nas cultivares que apresentam as maiores alturas. Sedyama et al. (1999) destacam ainda que plantas altas e com caule muito fino tendem ao acamamento com maior facilidade. Dentre as principais consequências do acamamento de plantas, destacam-se a possibilidade da redução de produtividade e qualidade dos grãos produzidos, favorecimento da incidência de doenças de final de ciclo e dificuldade na operação de colheita (BALBINOT JÚNIOR, 2012)

Tabela 1. Altura de plantas, número de ramificações e acamamento em plantas de soja provenientes de sementes de alto e baixo vigor, sob diferentes populações de plantas. Experimento 1 - Safra 2017/18 e Experimento 2 - 2018/19. Los Cedrales - PY, 2020.

Cultivar	Nível de vigor das sementes	População plantas ha ⁻¹				Média	Cultivar	Nível de vigor das sementes	População plantas ha ⁻¹				Média		
		150.000	250.000	350.000	450.000				150.000	250.000	350.000	450.000			
NS 6909 IPRO		Experimento 1 – Safra 2017/18					7166 RSF IPRO		Experimento 1 – Safra 2017/18						
		Altura de planta R8 (cm)							Altura de planta R8 (cm)						
		Alto	96	97	98	104			99	Alto	111 A ¹	120 A	124 A	127 A	121
		Baixo	94	94	100	101			97	Baixo	108 A	113 B	126 A	123 B	118
		Média	95	96	99	103				Média	110	117	125	125	
		CV (%)	3,2							CV (%)	2,1				
		Número de ramificações por planta							Número de ramificações por planta						
		Alto	2	1	0	0			1	Alto	4	3	2	2	3 A
		Baixo	1	1	0	0			0	Baixo	3	2	2	0	2 B
		Média	2	1	0	0				Média	3	3	2	1	
		CV (%)	104,0							CV (%)	36,3				
		Acamamento							Acamamento						
		Alto	1	1	1	1			1	Alto	1,5	2,0	3,3	4,3	2,8
		Baixo	1	1	1	1			1	Baixo	1,3	2,0	3,8	4,8	2,9
		Média	1	1	1	1				Média	1,4	2,0	3,5	4,5	
		CV (%)	0							CV (%)	18,2				
		Experimento 2 – Safra 2018/19							Experimento 2 – Safra 2018/19						
		Altura de planta R8 (cm)							Altura de planta R8 (cm)						
Alto	90 A ¹	86 A	92 A	102 A	92	Alto	100	107	122	122	113 A				
Baixo	80 B	80 B	83 B	85 B	82	Baixo	92	100	114	122	107 B				
Média	85	83	87	93		Média	96	103	118	122					
CV (%)	3,6					CV (%)	3,6								
Número de ramificações por planta					Número de ramificações por planta										
Alto	3 A	2 A	0 A	0 A	1	Alto	4 A	3 A	1 A	0 A	2				
Baixo	1 B	1 B	0 A	0 A	1	Baixo	2 B	2 B	1 A	0 A	1				
Média	2	2	0	0		Média	3	2	1	0					
CV (%)	54,3					CV (%)	48,7								
Acamamento					Acamamento										
Alto	1	1	1	1	1	Alto	1,3	2,5	4,5	5,0	3,3				
Baixo	1	1	1	1	1	Baixo	1,3	2,3	4,3	5,0	3,2				
Média	1	1	1	1		Média	1,2	2,4	4,4	5,0					
CV (%)	0					CV (%)	14,6								

¹Médias seguidas da mesma letra na coluna, em cada variável resposta, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). CV(%): Coeficiente de variação.



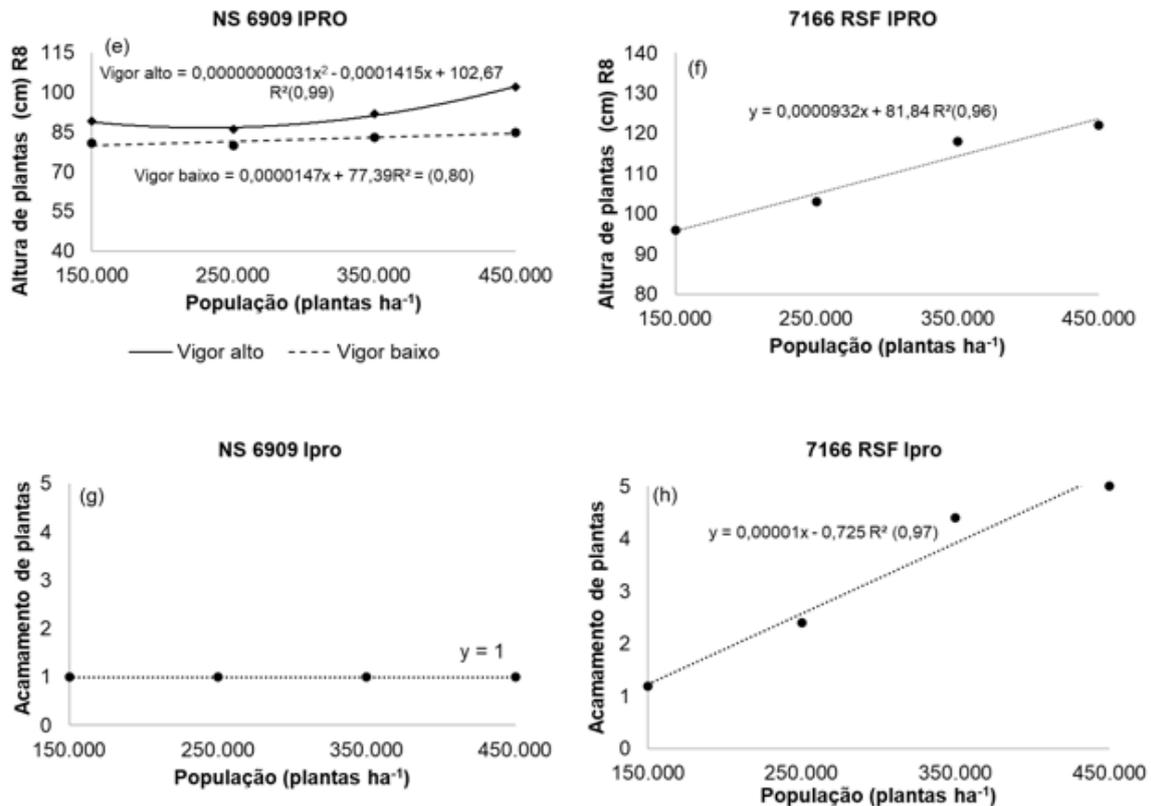


Figura 2. Altura de plantas nos estádio R8 e acamamento das cultivares NS 6909 Ipro e 7166 RSF Ipro em função do vigor das sementes e da variação populacional. Experimento 1 - Safra 2017/18 (a,b,c,d) e Experimento 2 – Safra 2018/19 (e,f,g,h). Los Cedrales - PY, 2020.

A maior altura de plantas na cultivar 7166 RSF Ipro, principalmente sob elevadas densidades, relaciona-se, possivelmente, com a maior capacidade de ramificações quando sob população ideal, em densidades menores. Na condição de elevadas populações, a planta direciona a maior parte dos fotoassimilados para o crescimento da haste principal, aumentando a altura de planta e diminuindo a emissão de ramificações laterais (MAUAD et al., 2010). Logo, quando sob alta população, a competição intraespecífica na linha reflete em redução no número de ramos, maior crescimento das plantas, maior presença de vagens no terço superior e menor produtividade, evidenciando melhor desempenho da cultivar 7166 RSF Ipro sob menores densidades populacionais (Figura 3). No presente estudo, os resultados obtidos para essa cultivar corroboram e reforçam as indicações técnicas do obtentor.

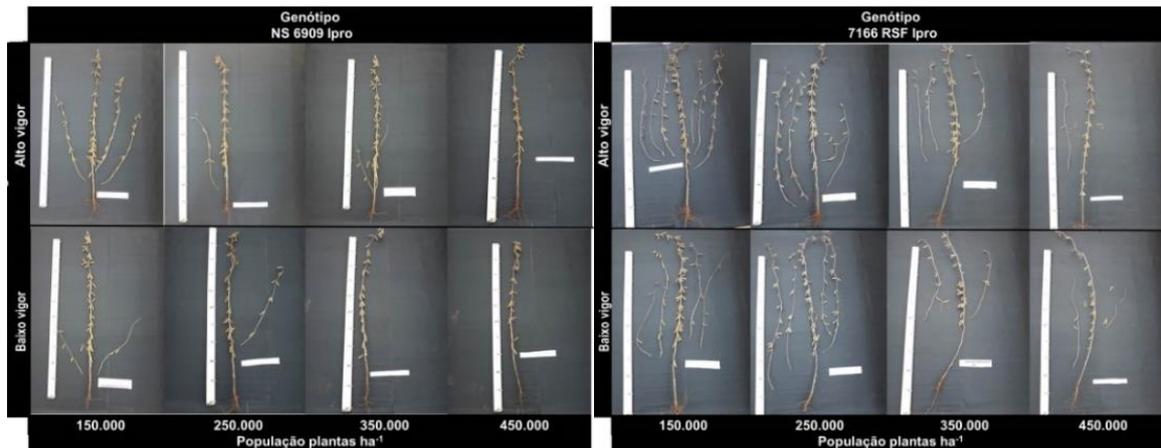


Figura 3. Demonstrativo das ramificações em plantas de soja das cultivares NS 6909 Ipro e 7166 RSF Ipro em função do vigor das sementes e de diferentes populações de plantas. Experimento 1 -Safras 2017/18. Los Cedrales - PY, 2020.

Os resultados obtidos para as variáveis número de nós produtivos (NNP), número de vagens por ramos (NVR), número de vagens nos terços inferior (NVTI), médio (NVTM) e superior (NVTS) das plantas de soja e o número de total vagens (NTV) estão apresentados nas Tabelas 2 e 3 para os experimentos 1 e 2 (safras 2017/18 e 2018/19), respectivamente. Para a cultivar NS 6909 Ipro observou-se interação significativa entre as populações avaliadas e o vigor das sementes apenas para as variáveis NVR e NVT; em ambos os experimentos. e para o NNP no experimento 2 (safra 2018/19). Já para cultivar 7166 RSF Ipro, houve interação entre os fatores avaliados para as variáveis NVTI, NVTS no experimento 1 e, para o NVT em ambos os experimentos.

O número médio de nós produtivos (NNP) entre as diferentes populações avaliadas foi superior em plantas provenientes de lotes de sementes de alto vigor (Tabelas 2 e 3), com exceção da cultivar NS 6909 Ipro no experimento 2 (Tabela 3). Neste último, quando cultivadas na menor população de plantas, as sementes de alto vigor (90%) resultaram em um maior NNP, enquanto que na maior população avaliada observou-se o resultado inverso. Ainda, houve redução em aproximadamente um nó produtivo por planta a cada 100.000 plantas ha⁻¹ de aumento populacional para a cultivar NS 6909 Ipro no experimento 1 (safra 2017/18) (Figura 4a). A mesma tendência foi observada para sementes de alto vigor, na mesma cultivar, no experimento 2 (Safra 2018/19) (Figura 5a). O NNP é uma característica morfofisiológica que influencia diretamente no número de flores por planta e consequentemente no balanço entre o número dessas que se desenvolvem até vagens (JIANG e EGLI, 1993).

O NVR na cultivar NS 6909 Ipro, de modo geral, foi superior em plantas provenientes de sementes de alto vigor (90%) nas menores populações avaliadas. Nas maiores populações, não foram observadas diferenças significativas em função da ausência de ramos, possivelmente associada à competição intraespecífica mais pronunciada na linha de semeadura e, também, devido as características do genótipo (Tabelas 2 e 3). O efeito populacional influenciou negativamente essa

variável com reduções médias entre as duas safras de 10 e 7 vagens por ramo entre as populações de 150.000 e 250.000 plantas hectare⁻¹, para sementes de alto (90%) e baixo vigor (70%), respectivamente (Figuras 4b e 5b). Já para a cultivar 7166 RSF Ipro, sementes de alto vigor resultaram em plantas com número médio de vagens nos ramos até 85% superior em comparação as plantas provenientes de sementes de baixo vigor. O aumento populacional reduziu, em média, 4 vagens por ramo a cada 100.000 plantas ha⁻¹ de aumento populacional, nos dois experimentos (Figuras 4f e 5d).

A distribuição das vagens nos diferentes terços das plantas de soja demonstrou redução no número de vagens no terço inferior (NVTI) da cultura associado ao aumento populacional (Tabelas 2 e 3). Para a cultivar 7166 RSF Ipro no experimento 1 (safra 2017/18) houve interação significativa entre os fatores avaliados e as sementes de alto vigor resultaram em plantas com maior NVTI, à exceção da maior população estudada (450.000 plantas ha⁻¹), onde não foi observada diferença (Tabela 2). A redução no NVTI apresenta relação direta com a maior altura de plantas sob altas densidades populacionais. Rossi et al. (2017) observaram que parcelas com menor número de plantas por metro linear, resultaram em plantas com altura menor e, conseqüentemente, também com menor altura de inserção da primeira vagem. No presente estudo, para a cultivar 7166 RSF Ipro foram observadas reduções médias de 4 vagens no terço inferior a cada 100.000 plantas ha⁻¹ de aumento populacional, enquanto para a cultivar NS 6909 Ipro essa redução foi de 1 vagem, no experimento 1 (Figuras 4c, 4g e 5e). Para as demais situações, plantas provenientes de sementes de alto vigor apresentaram maior número médio de vagens neste terço das plantas (Tabelas 2 e 3).

No terço médio, de modo geral, também se verificou redução no número de vagens com o aumento populacional. No experimento 1 (safra 2017/18) houve redução na ordem de 2 e 3 vagens a cada 100.000 plantas ha⁻¹, para cultivares NS 6909 Ipro e 7166 RSF Ipro, respectivamente (Tabela 2, Figuras 4d e 4h). Já o vigor das sementes apresentou efeito somente para a cultivar 7166 RSF Ipro, nos dois experimentos, apresentando valores médios superiores de vagens em relação ao uso de sementes de baixo vigor (Tabelas 2 e 3).

No terço superior foi observada interação significativa para a cultivar 7166 RSF Ipro no experimento 1, em que plantas provenientes de sementes de baixo vigor (70%) apresentaram igual ou superior número de vagens comparativamente as plantas provenientes de sementes de alto vigor (Tabela 3). Esses resultados, em parte, podem ser explicados pela maior altura das plantas de soja provenientes de sementes alto vigor (90%) e a separação equidistante no momento da avaliação do número de vagens nos diferentes terços das plantas de soja. No entanto, no experimento 2, observou-se efeito contrário para os valores médios do número de vagens no terço superior (Tabela 4). Para a cultivar NS 6909 Ipro não foram observados efeitos significativos sob o número de vagens no terço superior, nos dois experimentos.

Para a NTV, os fatores avaliados apresentaram interação significativa para as duas cultivares, em ambos os experimentos (Tabelas 2 e 3). O NTV foi superior em todas as populações avaliadas em plantas provenientes de sementes de alto vigor, à exceção da cultivar NS 6909 Ipro nas populações mais elevadas no experimento 1 (safra 2017/18). Panozzo et al. (2009) e Bagateli et al. (2019) constataram redução no número de vagens em plantas de soja provenientes de sementes de baixo vigor. Rossi et al. (2017) trabalhando com três níveis de vigor e diferentes densidades populacionais, observaram resultados irregulares entre os tratamentos, onde somente para alguns genótipos o alto vigor das sementes proporcionou plantas com maior número de vagens em comparação com sementes de baixo vigor, quando em baixas densidades.

Tabela 2. Número de nós produtivos, número de vagens nos diferentes terços e número de vagens total em plantas de soja das cultivares NS 6909 Ipro e 7166 RSF Ipro em função do vigor das sementes e diferentes populações de plantas. Experimento 1 - Safra 2017/18. Capão do Leão - RS, 2020.

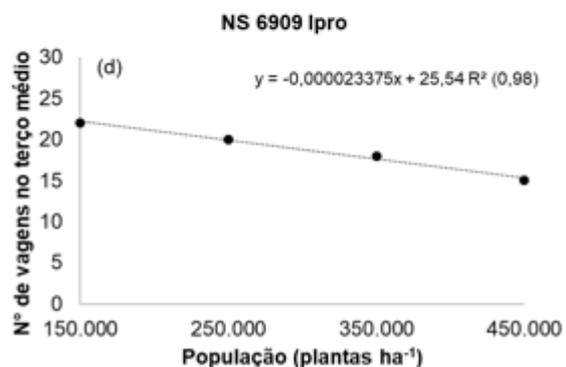
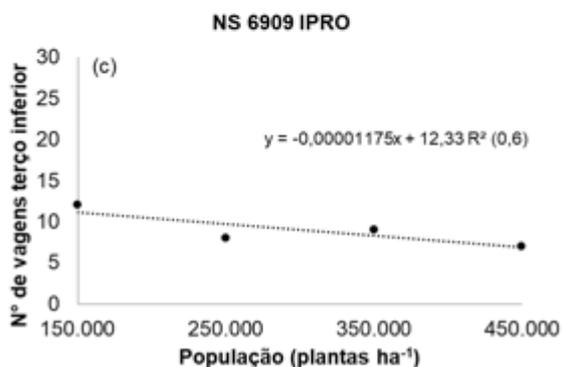
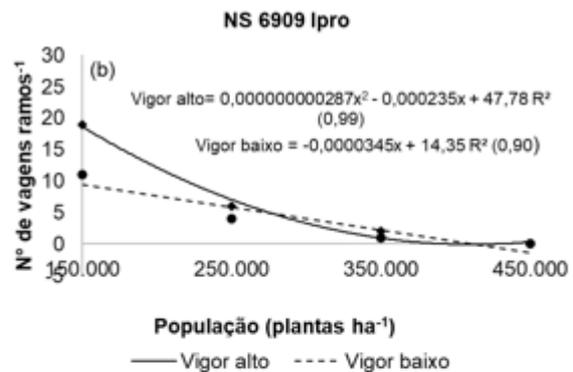
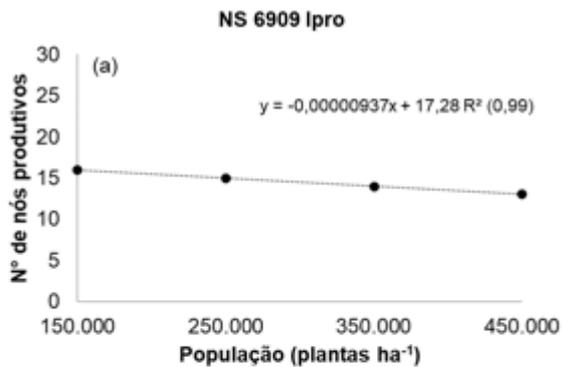
Cultivar	Nível de vigor das sementes	População plantas ha ⁻¹				Média	Cultivar	Nível de vigor das sementes	População plantas ha ⁻¹				Média
		150.000	250.000	350.000	450.000				150.000	250.000	350.000	450.000	
NS 6909 IPRO		Número de nós produtivos						Número de nós produtivos					
	Alto	16	15	15	14	15 A	Alto	18	17	17	17	17 A	
	Baixo	16	14	14	12	14 B	Baixo	16	14	14	15	15 B	
	Média	16	15	14	13		Média	17	15	15	16		
	CV(%)	5,0					CV(%)	8,6					
		Número de Vagens ramo ⁻¹						Número de Vagens ramo ⁻¹					
	Alto	19 A*	6 A	2 A	0 A	7	Alto	20	14	11	7	13 A	
	Baixo	11 B	4 A	1 A	0 A	4	Baixo	11	11	5	0	7 B	
	Média	15	5	1	0		Média	15	12	8	3		
	CV (%)	59,3					CV (%)	30,2					
		Número de Vagens no Terço Inferior						Número de Vagens no Terço Inferior					
	Alto	12	11	11	9	11 A	Alto	21 A	15 A	12 A	7 A	14	
	Baixo	12	4	7	6	7 B	Baixo	13 B	8 B	5 B	7 A	8	
	Média	12	8	9	7		Média	17	12	8	7		
	CV (%)	32,5					CV (%)	15,7					
	Número de Vagens no Terço Médio					7166 RSF Ipro	Número de Vagens no Terço Médio						
Alta	23	20	18	15	19	Alto	34	30	27	23	28 A		
Baixa	20	21	18	15	18	Baixo	20	15	18	13	17 B		
Média	22	20	18	15		Média	27	23	23	18			
CV (%)	12,1					CV (%)	20,1						
	Número de Vagens no Terço Superior						Número de Vagens no Terço Superior						
Alto	23	20	19	19	20	Alto	23 A	20 B	18 B	25 A	21		
Baixo	21	19	22	22	21	Baixo	23 A	25 A	23 A	24 A	24		
Média	22	19	20	21		Média	23	23	20	24			
CV (%)	18,4					CV (%)	13,8						
	Número de Vagens total						Número de Vagens total						
Alto	77 A	57 A	49 A	43 A	56	Alto	97 A	79 A	68 A	61 A	76		
Baixo	63 B	48 B	47 A	42 A	50	Baixo	66 B	59 B	50 B	44 B	55		
Média	70	53	48	42		Média	82	69	59	52			
CV (%)	11,6					CV (%)	9,5						

*Medias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). CV(%): Coeficiente de variação.

Tabela 3. Número de nós produtivos, número de vagens nos diferentes terços e número de vagens total em plantas de soja das cultivares NS 6909 Ipro e 7166 RSF Ipro em função do vigor das sementes e diferentes populações de plantas. Experimento 2 - Safra 2018/19. Capão do Leão - RS, 2020.

Cultivar	Nível de vigor das sementes	População plantas ha ⁻¹				Média
		150.000	250.000	350.000	450.000	
NS 6909 Ipro	Número de nós produtivos					
	Alto	15 A	14 A	14 A	11 B	13
	Baixo	12 B	12 A	13 A	16 A	13
	Média	13	13	13	13	
	CV (%)	7,7				
	Vagens ramo ⁻¹					
	Alto	17 A	10 A	0 B	0 A	7
	Baixo	11 B	4 B	1 A	0 A	4
	Média	14	7	0	0	
	CV (%)	45,6				
	Número de Vagens no Terço Inferior					
	Alto	10	9	11	11	10 A
Baixo	10	4	6	5	6 B	
Média	10	6	9	8		
CV (%)	34,9					
Número de Vagens no Terço Médio						
Alto	18	17	16	15	16	
Baixo	16	18	16	14	16	
Média	17	17	16	14		
CV (%)	13,8					
Número de Vagens no Terço Superior						
Alto	20	19	19	21	20	
Baixo	18	16	18	18	17	
Média	19	17	18	19		
CV (%)	18,2					
Número de Vagens total						
Alto	65 A	55 A	46 A	46 A	53	
Baixo	55 B	40 B	41 B	37 B	43	
Média	60	48	44	42		
CV (%)	10,6					
7166 RSF Ipro	Número de nós produtivos					
	Alto	15	15	14	16	15 A
	Baixo	13	12	11	12	12 B
	Média	14	13	13	14	
	CV (%)	10,7				
	Vagens ramo ⁻¹					
	Alto	17	13	8	0	9 A
	Baixo	11	12	6	0	7 A
	Média	14	13	7	0	
	CV (%)	37,4				
	Número de Vagens no Terço Inferior					
	Alto	18	13	11	10	13 A
Baixo	10	6	3	6	6 B	
Média	14	10	7	8		
CV (%)	21,8					
Número de Vagens no Terço Médio						
Alto	30	27	25	23	26 A	
Baixo	18	16	17	16	16 B	
Média	24	21	21	19		
CV (%)	18,0					
Número de Vagens no Terço Superior						
Alto	27	26	24	29	26 A	
Baixo	19	22	20	22	21 B	
Média	23	24	22	25		
CV (%)	16,1					
Número de Vagens total						
Alto	92 A	78 A	68 A	61 A	75	
Baixo	58 B	56 B	45 B	44 B	51	
Média	75	67	56	53		
CV (%)	9,5					

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). CV(%): Coeficiente de variação



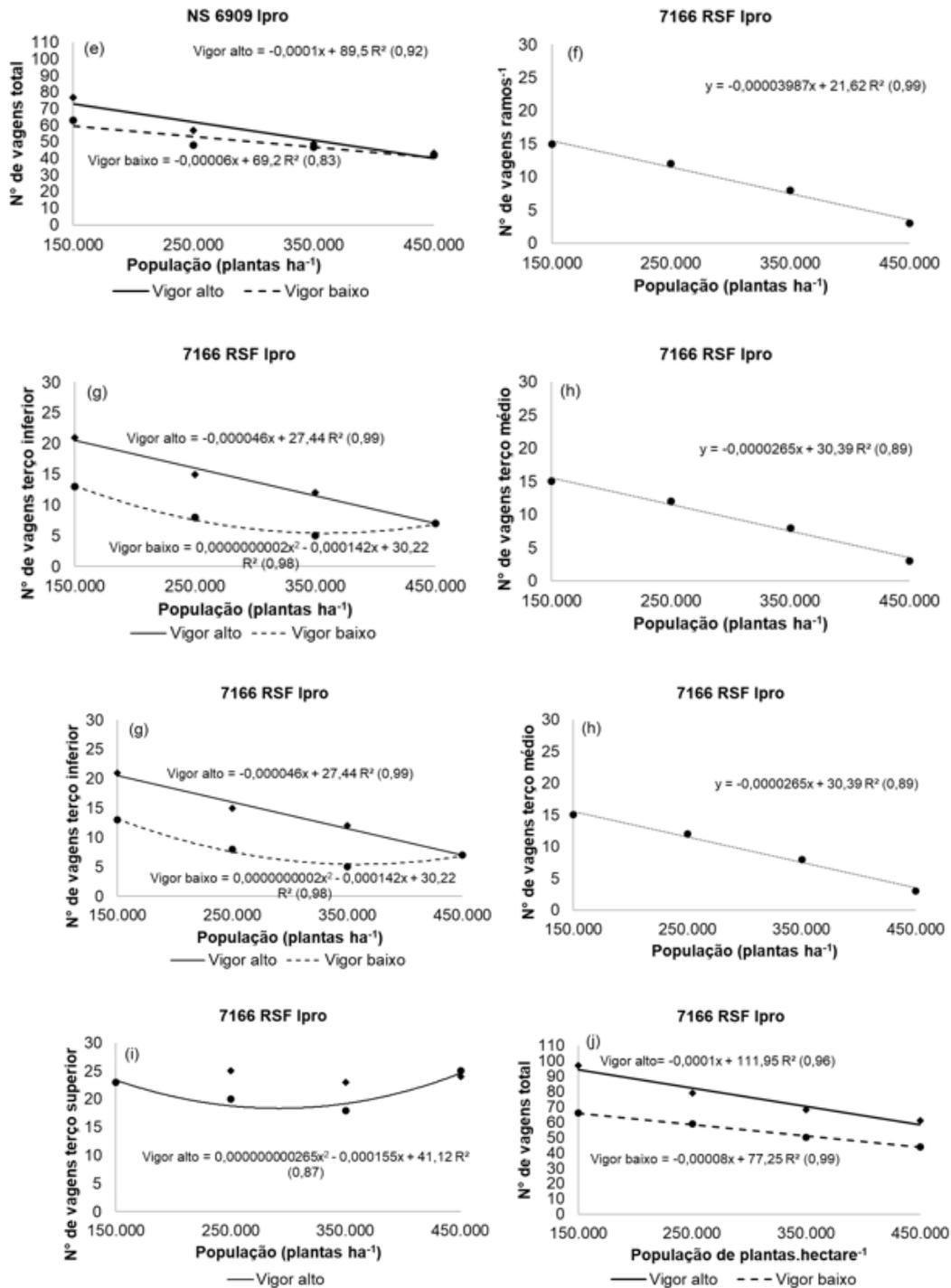


Figura 4. Número de nós produtivos, número de vagens nos diferentes terços e número de vagens total em plantas de soja das cultivares NS 6909 Ipro e 7166 RSF Ipro em função do vigor das sementes e diferentes populações de plantas. Experimento 1 - Safra 2017/18. Capão do Leão - RS, 2020.

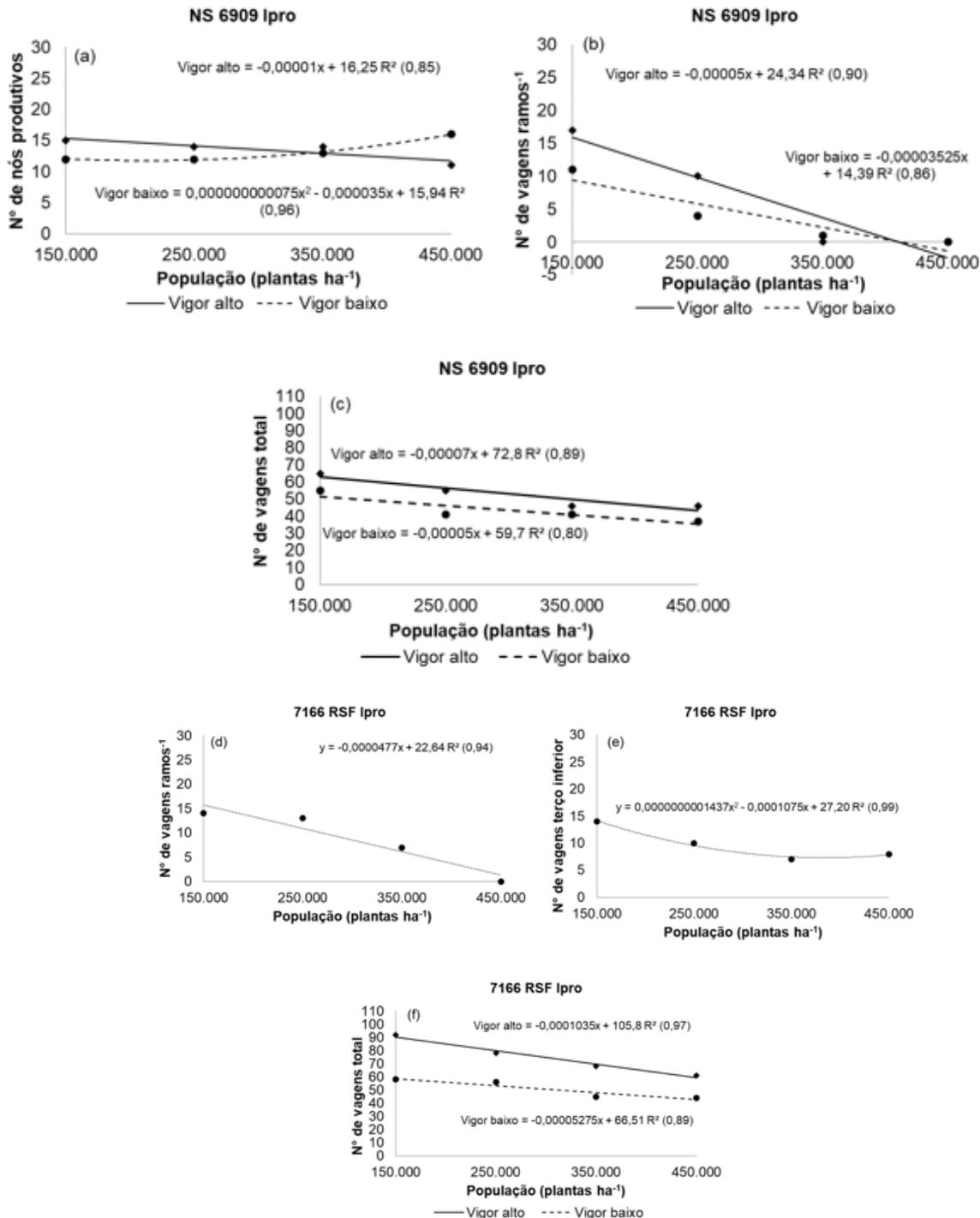


Figura 5. Número de nós produtivos, número de vagens nos diferentes terços e número de vagens total em plantas de soja das cultivares NS 6909 Ipro e 7166 RSF Ipro em função do vigor das sementes e diferentes populações de plantas. Experimento 2 - Safra 2018/19. Capão do Leão - RS, 2020.

O aumento populacional acarretou redução no NTV em ambas as cultivares, nos dois experimentos, com decréscimos explicados por equações lineares e R^2 variando entre 0,80 e 0,99 (Figuras 4e e 4i, 5c e 5f). Para a cultivar NS 6909 Ipro a cada 100.000 plantas ha^{-1} de aumento populacional houve uma redução de 10 e 6 vagens, em plantas originadas de sementes de alto (90%)

e baixo vigor (70%), respectivamente, no experimento 1 (safra 2017/18). Já no experimento 2 (safra 2018/19), as reduções foram de 7 e 5 vagens para sementes de alto e baixo vigor, respectivamente (Figuras 4e e 5c). Já para a cultivar 7166 RSF Ipro, no experimento 1 as reduções foram de 10 e 8 vagens por planta e no experimento 2 (safra 2018/19) foram de 10 e 5 vagens a menos em plantas provenientes de sementes de alto e baixo vigor, respectivamente (Figuras 4j e 5f). O menor número de vagens nessa cultivar está diretamente relacionado com o menor número de ramos por planta nas maiores populações.

Segundo Kumagai et al. (2015) e Balbinot Junior et al. (2018), o número de vagens por planta é considerado um dos principais indicadores de plasticidade fenotípica em cultivares de soja, havendo, portanto, relação direta com a produtividade final. Trabalhando com quatro níveis de vigor e população ajustada para 220.000 plantas por hectare Ebone et al. (2020) verificaram que plântulas provenientes de sementes de baixo vigor apresentaram atraso na emergência, resultando em plantas com menor número de vagens devido a menor área foliar e menor acúmulo de fotoassimilados ao longo do ciclo. Por outro lado, Carvezan et al. (2018), também trabalhando com quatro níveis de vigor em sementes de soja, mas sem o ajuste populacional, observaram que plantas provenientes de sementes de baixo vigor apresentaram maior número de vagens e sementes por planta devido a menor densidade populacional estabelecida, no entanto, essa maior produção por planta não foi suficiente para compensar o menor estande de plantas. Os autores ressaltam a importância direta do vigor no estabelecimento da população de plantas e efeito indireto sobre a produtividade por hectare.

Quando considerados os valores absolutos do número de vagens, sementes de alto vigor, de modo geral, proporcionaram maior número de vagens total e nos diferentes terços das plantas, nos dois experimentos (Figura 6). Ressaltasse que no presente estudo foi efetuado o ajuste populacional por meio do desbaste, fixando-se as diferentes populações avaliadas para os lotes de alto e baixo vigor de maneira equidistante na linha, em ambos os experimentos. Os resultados corroboram com Kolchinski et al. (2005) e Ebone et al. (2020) que atribuem menor competição intraespecífica entre plantas dominantes e dominadas com o uso de sementes de alto vigor devido a uniformidade de emergência de plântulas, acarretando em desempenho superior da comunidade de plantas pelo melhor aproveitamento dos recursos do ambiente.

Considerando-se o efeito populacional, em valores absolutos, verifica-se no primeiro experimento uma redução no NTV na maior população da cultivar NS 6909 Ipro em relação à menor população em 34 e 21 vagens planta⁻¹ para alto e baixo vigor, respectivamente (Figura 5a), enquanto na cultivar 7166 RSF Ipro as reduções foram de 36 e 22 vagens planta⁻¹ (Figura 5b). Já no experimento 2, esses valores atingiram 19 e 18 vagens planta⁻¹ na cultivar NS 6909 Ipro e 31 e 14 vagens planta⁻¹ na cultivar 7166 RSF Ipro, para alto e baixo vigor, respectivamente (Figuras 5c e 5d). Essa redução

se deve pela maior competição intraespecífica ocasionada pela maior densidade de plantas por metro linear, resultando em plantas com menor número de ramificações e maior altura de plantas em função da competição por luz. Nesse sentido, a altura média das plantas em R8 (entre os dois experimentos) para sementes de alto vigor foi de 93 cm na população de 150.000 plantas ha⁻¹ e de 103 cm na população de 450.000 plantas ha⁻¹ para a cultivar NS 6909 Ipro, enquanto para a cultivar 7166 RSF Ipro as alturas médias foram de 106 cm e 125 cm, para as mesmas populações (Tabela 1).

A diferença de populações e da qualidade fisiológica das sementes também impactaram sobre a distribuição das vagens nos diferentes terços das plantas de soja, sendo essa variável indiretamente influenciada pela altura das plantas. Observam-se marcantes diferenças percentuais na distribuição relativa das vagens (em relação ao número total de vagens) entre os terços das plantas, considerando-se os valores médios (entre os dois experimentos) para os extremos populacionais (150.000 e 450.000 plantas ha⁻¹), conforme exposto na Figura 7. A maior competição intraespecífica na linha, além de elevar a altura das plantas, resultou praticamente em ausência de ramificações, prevalecendo plantas em haste única. Nesse contexto, para a cultivar NS 6909 Ipro e sementes de alto vigor (90%), constatou-se aumento no percentual de vagens no terço superior das plantas, passando de aproximadamente 31% na população mais baixa (150.000 plantas ha⁻¹) para 45% de vagens neste terço na maior população (450.000 plantas ha⁻¹) (Figuras 7a, 7b) e, para baixo vigor, passou de 34% para 49,5% (Figuras 7c, 7d). A mesma tendência ficou evidenciada para a cultivar 7166 RSF Ipro, com aumento de 26,5% para 44% (Figuras 7e, 7f) e, de 33,5% para 53% (Figuras 7g, 7h) de vagens no terço superior, na população mais alta, para alto e baixo vigor, respectivamente. Associada a maior carga de vagens no terço superior, sob elevadas populações, observa-se a ausência de vagens nos ramos para ambas as cultivares, com exceção para a cultivar 7166 RSF Ipro, alto vigor, que ainda apresentou 5% de vagens nos ramos (Figura 7f). Nos terços médio e inferior, o percentual de vagens apresentou menor oscilação, variando no máximo 8 pontos percentuais entre as cultivares, populações e níveis de vigor avaliados (Figura 7). Essa redistribuição das vagens nos terços das plantas, associada a maior estatura das plantas nas maiores populações podem justificar o maior acamamento de plantas na cultivar 7166 RSF Ipro. Além disso, em elevadas populações ocorre diminuição no diâmetro da haste, conforme destacam Marchiori et al. (1999), o diâmetro da haste uma característica importante para avaliar a suscetibilidade dos genótipos ao acamamento.

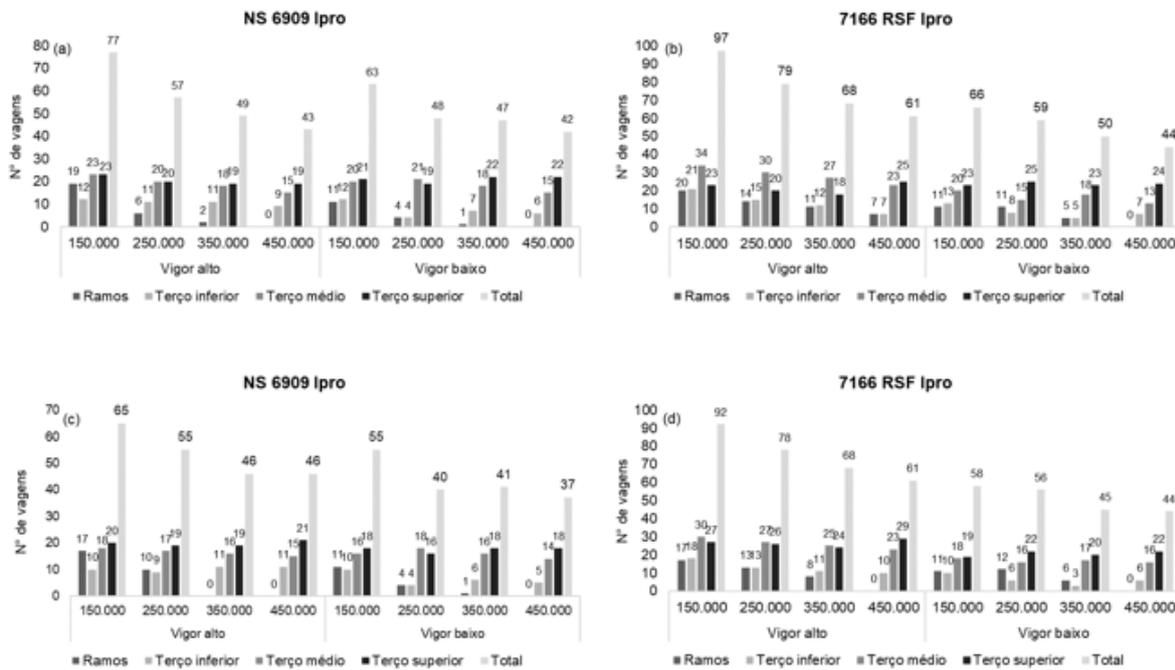


Figura 6. Distribuição de vagens nos ramos e nos diferentes terços das plantas de soja, cultivares de soja NS 6909 Ipro e 7166 RSF Ipro, em função do vigor das sementes e da variação populacional, avaliadas nos experimentos 1 (safra 2017/18) (a,b) e 2 (safra 2018/19) (c,d). Capão do Leão - RS, 2020.

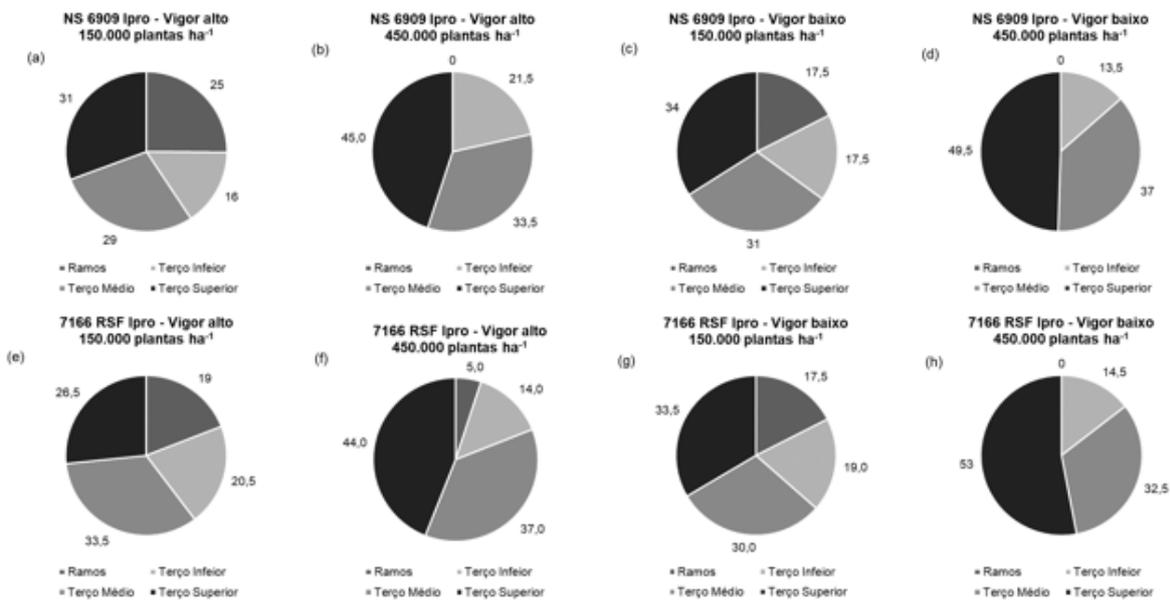


Figura 7. Valores médios (experimentos 1 e 2) da distribuição relativa de vagens nos ramos e nos diferentes terços das plantas de soja, cultivares de soja NS 6909 Ipro e 7166 RSF Ipro, em função do vigor das sementes e da variação populacional (safras 2017/18 e 2018/19). Capão do Leão - RS, 2020.

Os resultados para as variáveis número de sementes por planta (NSP), peso de mil sementes (PMS) e produtividade estão apresentados nas Tabela 4. Foi observada interação significativa em todas essas variáveis, para as duas cultivares avaliadas, com exceção do PMS na cultivar 7166 RSF Ipro nos dois experimentos e na cultivar NS 6909 Ipro, no experimento 2.

Para a variável NSP, de modo geral, plantas provenientes de sementes de alto vigor produziram maior número de sementes nas duas cultivares (Tabela 6). Esses resultados corroboram com Bagateli et al. (2019), que trabalhando com níveis crescentes de vigor em sementes de duas cultivares de soja, observaram incrementos lineares no número de sementes por planta em função do vigor das sementes; porém com magnitudes distintas entre os genótipos estudados. Ebone et al. (2020) destacam que lavouras provenientes de sementes de baixo vigor são menos produtivas devido ao alto percentual de plântulas com emergência tardia, as quais possuem menor produtividade individual em função do menor número de nós produtivos e de vagens por planta. Por outro lado, Scheeren et al. (2010) não constataram diferenças no número de sementes produzidas por planta em resposta ao uso de sementes de alto e baixo vigor. Ainda, Carvezan et al. (2018), trabalhando com diferentes níveis de vigor em soja e sem ajuste populacional, constataram que o número de vagens e de sementes por planta apresentaram relação inversa com a produtividade por hectare. Este fato explicou-se através do desempenho individual superior de plantas provenientes de sementes de baixo vigor para ambas as variáveis. No entanto, não foi observado maior produtividade por área para sementes de baixo vigor porque o desempenho individual não foi suficiente para compensar a menor densidade de plantas estabelecidas por área. Sendo assim, a redução do vigor das sementes afetou drasticamente a população de plantas comprometendo a produtividade por área.

O aumento populacional acarretou redução do NSP nos dois genótipos avaliados, em ambos experimentos, com comportamento representado por equações lineares e R^2 variando entre 0,89 e 0,99; demonstrando alta confiabilidade do modelo para explicar os dados obtidos.

Para cultivar NS 6909 Ipro no experimento 1 (safra 2017/18), cada acréscimo populacional de 100.000 plantas ha^{-1} gerou uma redução de 19 e 16 sementes $planta^{-1}$ em sementes de alto (90%) e baixo vigor (70%), respectivamente (Figura 8a). Já no experimento 2 (safra 2018/19), para a cultivar NS 6909 Ipro houve uma redução de 10 sementes por planta, independentemente do nível de vigor das sementes (Figura 8f). Para a cultivar 7166 RSF Ipro a cada 100.000 plantas ha^{-1} de aumento populacional observou-se uma redução de 20 sementes por planta, nos dois experimentos e para os dois níveis de vigor avaliados (Figuras 8d e 8h). Para alguns autores, os principais componentes de produção da soja, dentre esses o número de sementes por planta, são mais influenciados pela forma como as plantas respondem quando expostas a diferentes densidades de semeadura (MAUAD et al., 2010; FERREIRA et al., 2016).

França (2019) constatou redução no número de sementes por planta em função do adensamento de plantas da linha de semeadura variando entre 180.000 a 320.000 plantas ha⁻¹; ajustando-se ao modelo linear. Este comportamento foi observado com maior ênfase em plantas de crescimento semi determinado e indeterminado. Logo, é possível inferir que existem diferenças marcantes entre os genótipos de soja disponíveis no mercado, sendo que estes respondem de forma distinta as alterações de densidades de semeadura, ou seja, algumas cultivares apresentam melhor desempenho produtivo em baixas densidades, enquanto outras apresentam melhores resultados em alta densidades. Nesse sentido, a cultivar 7166 RSF Ipro apresentou maiores decréscimos no NSP com o aumento populacional, reflexo direto da redução na emissão de ramificações e consequentemente da produção de vagens nos ramos, característica marcante para essa cultivar, resultando em menor produção de sementes por planta, sendo ainda mais reduzida em plantas provenientes de sementes de baixo vigor.

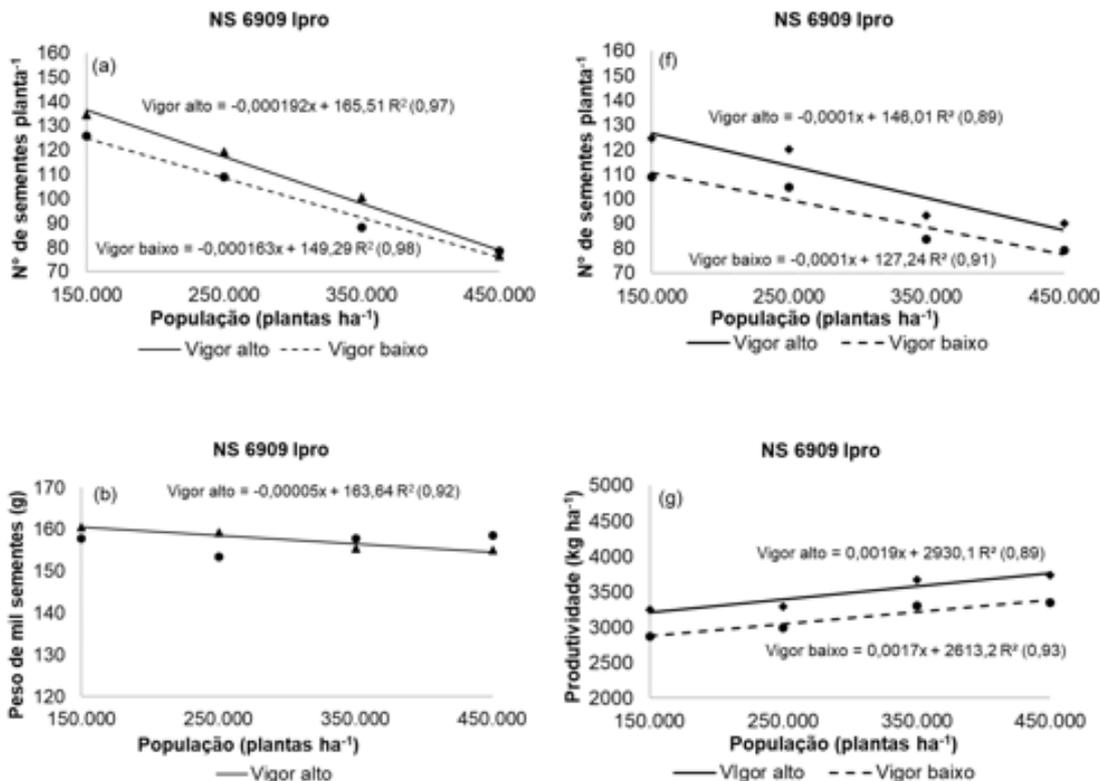
Para a variável PMS na cultivar NS 6909 Ipro no experimento 1, de modo geral, não foram observadas diferenças entre o uso de sementes de alto e baixo vigor. Para esta variável, ajustou-se um modelo linear com um R² de 0,92, sendo que o aumento populacional em 100.000 plantas ha⁻¹ acarretou uma redução de 5 g no PMS para alto vigor (Figura 8b). Já para a cultivar 7166 RSF Ipro no experimento 2 (safra 2018/19), plantas provenientes de sementes de alto vigor produziram, na média, sementes mais pesadas, apresentando um incremento do PMS de aproximadamente 14 g (Tabela 6). O incremento populacional 100.000 plantas ha⁻¹ acarretou em diminuição de 12 g no PMS, com coeficiente de determinação de 0,88 (Figura 8i).

Para as demais situações, não foram observados efeitos significativos do vigor das sementes e da população de plantas para a variável PMS (Tabelas 6), corroborando com os estudos realizados por Bagateli et al. (2019) trabalhando com lotes de sementes com sete níveis crescentes de vigor; e por Rossi et al. (2017) trabalhando com três populações; onde ambos autores não observaram efeitos dos tratamentos sobre o PMS. Ainda, Mauad et al. (2010) e Machado et al. (2018) também não observaram influência da densidade populacional sob o PMS das sementes produzidas. Por outro lado, Carvezan et al. (2018) trabalhando com quatro níveis de vigor (48%, 63%, 75% e 90%) na cultura da soja, sem ajuste populacional, observou incremento no PMS com a elevação dos níveis de vigor das sementes, concomitante a redução do número de vagens e de sementes por planta.

Tabela 4. Número de sementes por planta, peso de mil sementes e produtividade das cultivares NS 6909 Ipro e 7166 RSF Ipro em função do vigor das sementes, sob diferentes populações de plantas. Experimento 1 - Safra 2017/18. Capão do Leão - RS, 2020.

Cultivar	Nível de vigor das sementes	População plantas ha ⁻¹					Cultivar	Nível de vigor das sementes	População plantas ha ⁻¹														
		150.000	250.000	350.000	450.000	Média			150.000	250.000	350.000	450.000	Média										
NS 6909 IPRO	Experimento 1 – Safra 2017/18											7166 RSF IPRO	Experimento 1 – Safra 2017/18										
	Número de Sementes planta ⁻¹																						
	Alto	134 A ¹	119 A	100 A	76 A	108	Alto	152 A	136 A	118 A	92 A		125										
	Baixo	126 B	109 B	88 B	78 A	100	Baixo	143 B	128 B	104 B	95 A		117										
	Média	130	114	94	77		Média	147	132	111	93												
	CV (%)	5,2					CV (%)	5,8															
	Peso de mil sementes (g)																						
	Alto	160 A	159 A	155 A	155 A	158	Alto	151	150	146	147		149										
	Baixo	158 A	153 B	158 A	158 A	157	Baixo	149	143	146	146		146										
	Média	159	156	156	157		Média	150	147	146	146												
	CV (%)	2,1					CV (%)	2,6															
	Produtividade (kg ha ⁻¹)																						
Alto	3303 A	3578 A	4441 A	4927 A	4062	Alto	4072 A	3962 A	3437 A	3152 A	3656												
Baixo	2769 B	3684 A	3864 B	4145 B	3616	Baixo	3654 B	3450 B	3353 A	2820 B	3319												
Média	3036	3631	4152	4536		Média	3863	3706	3395	2986													
CV (%)	4,4					CV (%)	7,7																
Experimento 2 – Safra 2018/19																							
Número de Sementes planta ⁻¹																							
Alto	124 A ¹	120 A	93 A	90 A	107	Alto	153 A	136 A	115 A	93 A	124												
Baixo	109 B	104 B	83 B	79 B	94	Baixo	128 B	123 B	97 B	76 B	106												
Média	116	112	88	84		Média	140	129	106	859													
CV (%)	5,9					CV (%)	8,5																
Peso de mil sementes (g)																							
Alto	165	167	156	152	160	Alto	157	152	144	130	146 A												
Baixo	161	156	148	154	155	Baixo	143	134	130	120	132 B												
Média	163	161	152	153		Média	150	143	137	125													
CV (%)	16,7					CV (%)	14,9																
Produtividade (kg ha ⁻¹)																							
Alto	3.242 A	3.295 A	3.670 A	3.734 A	3.478	Alto	3849 A	3238 A	2973 A	2329 A	3097												
Baixo	2.875 B	2.993 B	3.300 B	3.345 B	3.172	Baixo	3437 B	3099 B	2831 A	2069 B	2859												
Média	3.206	3.068	3.485	3.539		Média	3643	3168	2902	2199													
CV (%)	14,9					CV (%)	7,7																

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). CV(%): Coeficiente de variação.



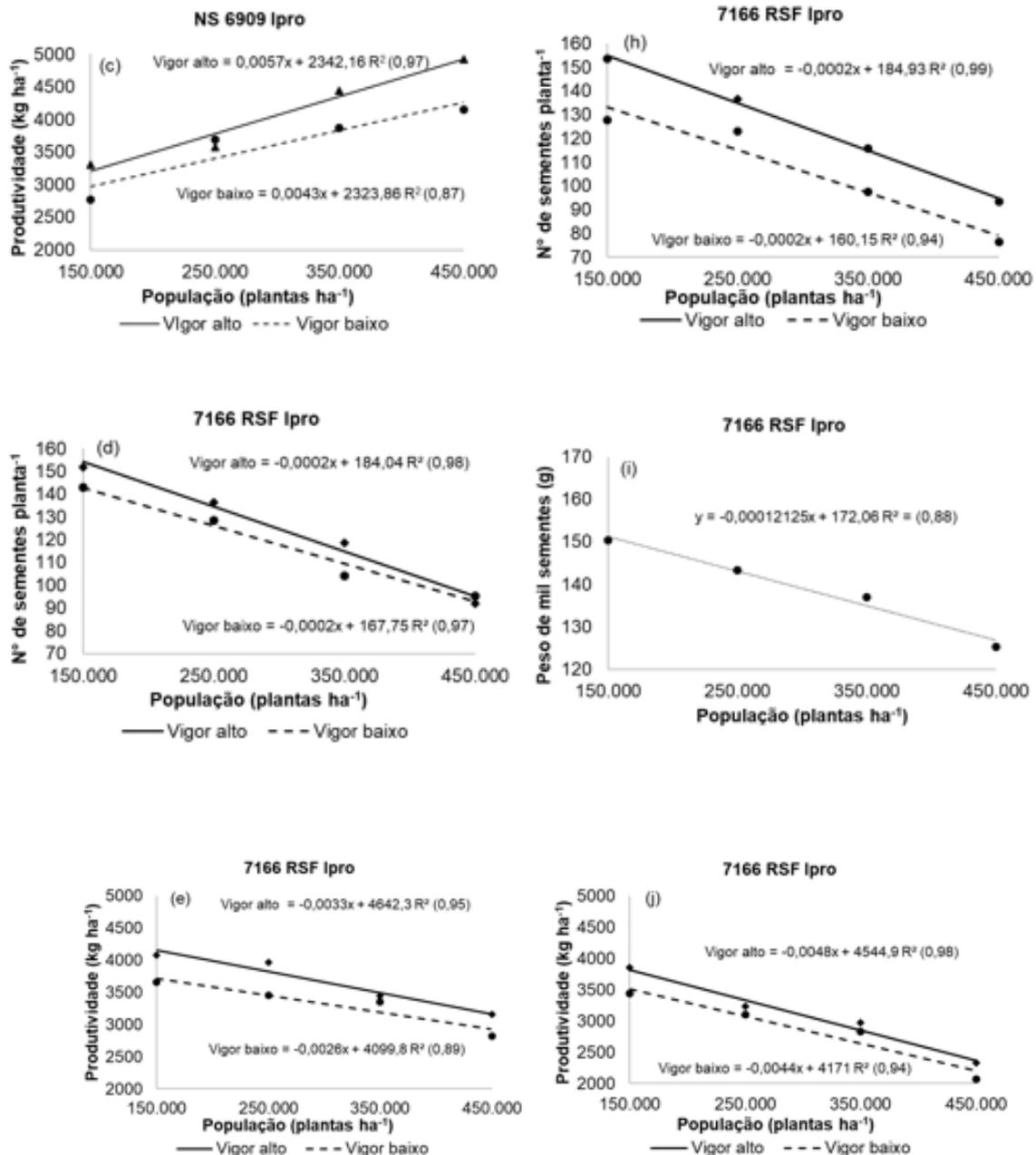


Figura 8. Número de sementes por planta, peso de mil sementes e rendimento das cultivares NS 6909 Ipro e 7166 RSF Ipro em função do vigor das sementes e de diferentes populações de plantas. Experimento 1 - Safra 2017/18 (a,b,c,d,e) e Experimento 2 – Safra 2018/19 (f,g,h,i,j). Los Cedrales - PY, 2020.

Para a variável produtividade, nos dois experimentos, ambos os genótipos foram mais produtivos quando do uso de sementes de alto vigor (90%) (Tabelas 6), com exceção para a cultivar NS 6909 Ipro na população de 250.000 plantas ha^{-1} (experimento 1) e na população ha^{-1} de 350.000 plantas para a cultivar 7166 RSF Ipro (experimentos 1 e 2), onde não foram observadas diferenças significativas de produtividade em função do vigor de sementes. Para a cultivar NS 6909 Ipro foram observados incrementos aproximados de até 19% no experimento 1 (safra 2017/18) e de até 13% no

experimento 2 (safra 2018/19). Já para a cultivar 7166 RSF Ipro, os acréscimos atingiram até 15% e 12% nos experimentos 1 e 2, respectivamente. Esses resultados divergem dos obtidos por Rossi et al. (2017) que trabalharam com diferentes níveis de vigor e não observaram diferenças de produtividade em função da qualidade fisiológica das sementes. Por outro lado, Kolchinski et al. (2005) observaram rendimento até 35% superior na população de soja provenientes de sementes de alto vigor em comparação a sementes de baixo vigor. Nesse sentido, ainda Bagateli et al. (2019) trabalhando com três genótipos de soja e com sete níveis de vigor, observaram incrementos na produtividade de até 28 kg por ha⁻¹ para cada ponto percentual de aumento no nível de vigor das sementes, representando um acréscimo de até 35% de incremento na produtividade quando comparados os extremos (sementes de alto baixo vigor).

O efeito populacional resultou em comportamento distinto entre as cultivares avaliadas, mas em ambas foi representado por equações lineares com R² variando entre 0,87 e 0,98, demonstrando bom ajuste do modelo aos dados. A elevação populacional resultou em maior rendimento para a cultivar NS 6909 Ipro e efeito contrário para a cultivar 7166 RSF Ipro. Segundo Procópio et al. (2014), isto comprova que o genótipo sofre influência direta da densidade populacional, sendo que algumas cultivares têm melhor desempenho em maiores populações enquanto outras têm melhor desempenho sob densidade mais baixas. Nesse sentido, o aumento populacional de 100.000 plantas ha⁻¹ acarretou em incrementos de produtividade de 570 e 190 Kg ha⁻¹, quando do uso de sementes de alto vigor (90%) na cultivar NS 6909 Ipro (Figuras 8c e 8g). Efeito contrário foi observado na cultivar 7166 RSF Ipro, sendo que a redução da população em 100.000 plantas ha⁻¹ acarretou incremento de produtividade de 330 e 480 Kg ha⁻¹ para alto vigor (Figuras 8e e 8j). Ferreira et al. (2016) e Petter et al. (2016), salientam ainda que essas diferenças de rendimento entre as cultivares é justificada pela capacidade das plantas de soja se adaptarem ao meio em que são submetidas, pois são capazes de efetuarem modificações morfofisiológicas em sua arquitetura, tornando-se o principal motivo dos resultados conflitantes de pesquisas envolvendo os materiais genéticos de soja cultivados atualmente, principalmente em resposta à variação de densidades populacionais.

Ainda, ressalta-se que assim como outras características agrônômicas, a produtividade de sementes varia, além da escolha do genótipo, com o manejo do solo, com a diminuição da competição interespecífica entre plantas e com a interação destes fatores, assim como a variação da densidade de semeadura e os diversos hábitos de crescimento da soja (PROCÓPIO et al, 2013; WERNER et al., 2016). Nesse contexto, estudos referentes à escolha da população ideal de plantas por hectare em relação ao material genético utilizado e sua plasticidade mostram alterações nas características morfofisiológicas das plantas, com reflexo direto no rendimento (PROCÓPIO et al., 2014; BALBINOT JÚNIOR et al., 2018).

Já o vigor das sementes é um fator responsável principalmente pela garantia de estabelecimento da população de plantas desejada, sendo esse um importante componente da produção, sendo responsável também pela maior velocidade e uniformidade na emergência das plântulas (EBONE et al., 2020). Além disso, trata-se de um fator determinante para a altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem e para o número de vagens por plantas mesmo dentro de uma mesma população; pois plantas formadas a partir de sementes mais vigorosas possuem vantagens competitivas desde o início da emergência (BAGATELI et al., 2019). Trabalhando com diferentes níveis de vigor e população de plantas de soja ajustada, Ebone et al. (2020) demonstraram que no final do estágio R8 o número de vagens e o número de grãos por planta foram os componentes mais afetados pelas diferenças de níveis de vigor, atribuindo-se esses efeitos ao atraso na emergência de plântulas e pela maior competição intraespecífica gerada pela desuniformidade de plantas. Para estes autores, a velocidade de emergência foi um fator determinante para o desenvolvimento das plantas de soja ao longo seu ciclo, estando a data e a uniformidade de emergência de plântulas diretamente relacionadas com o vigor de sementes.

Todavia, alguns autores afirmam que, uma vez ajustada à população de plantas, não há efeito do vigor de sementes na produtividade da soja. Marcos Filho (2015) alega que há uma tendência de que à medida que avançam os estádios fenológicos da cultura, essa influência do vigor de sementes tende a se reduzir, sendo que o desempenho da planta torna-se mais dependente das relações genótipo e ambiente, não sendo esperada influência sobre a produtividade final, exceto quando há diminuição do estande. Neste sentido, Vanzolini e Carvalho (2002) e Camozzato et al. (2009), trabalhando com a cultura da soja verificaram que o efeito do vigor das sementes foi maior no início do desenvolvimento das plantas, sem reflexos na produtividade. No entanto, no presente estudo, o vigor de sementes apresentou efeito positivo, resultando em maiores produtividades para as duas cultivares avaliadas nas diferentes populações avaliadas. Ebone et al. (2020) também observou a manutenção dos efeitos dos níveis de vigor altos e, da consequente maior velocidade e uniformidade de emergência de plântulas sob a variável área foliar nos estádios V1, V4 e R2 da cultura da soja, demonstrando que os efeitos não foram dissipados. Estes autores também sugerem que mesmo que a taxa de semeadura seja corrigida para as diferentes qualidades fisiológicas dos lotes de sementes, na tentativa de reduzir os efeitos das diferenças de vigor, a uniformidade e o crescimento das plantas provenientes de lotes de alto vigor reverbera na produtividade final, além do estande final de plantas. Este entendimento corrobora com os resultados de produtividade obtidos no presente estudo em que para uma mesma população de plantas, com distribuição equidistante na linha de semeadura, plantas provenientes de lotes de alto vigor resultaram em produtividades superiores ao lote de baixo vigor, em ambas as cultivares.

Cabe ressaltar que durante a condução do experimento 2 (safra 2018/19) houve um período de estiagem e elevada temperatura (próximo a 40°C) durante as fases de florescimento, formação das vagens e enchimento de grãos resultando em menor número de vagens por planta e, conseqüentemente menores produtividades em comparação ao experimento anterior. Ainda, em função das condições adversas de precipitação e temperatura, as duas cultivares tiveram seu ciclo reduzido, contribuindo para as menores produtividades observadas. Farias et al. (2007) destacam que a disponibilidade hídrica durante a estação de crescimento constitui-se na principal limitação à expressão do potencial de rendimento da cultura da soja, sendo umas das principais causas de variação de produtividade das lavouras. Esses autores também relatam que a distribuição desuniforme da precipitação pluviométrica é limitante à obtenção de altos rendimentos, principalmente durante as fases de maior demanda de água (floração) e mais críticas à ocorrência de déficits hídricos (enchimento de grãos).

4 CONCLUSÕES

A arquitetura das plantas e a produtividade da soja sofrem influência do genótipo, em função de sua plasticidade fenotípica inerente a sua constituição genética; do ambiente de cultivo proporcionado pela variação populacional e do nível de vigor das sementes.

A utilização de sementes alto vigor influencia positivamente os componentes de rendimento da cultura da soja, acarretando em maior número médio de nós produtivos por planta, maior número de vagens total por planta e conseqüentemente maior número de sementes por planta, resultando em incrementos na produtividade em até 19% comparativamente ao uso de sementes de baixo vigor. Não houve alteração consistente no PMS em função do vigor de sementes.

Existe comportamento contrastante entre os genótipos de soja, principalmente para o acamamento e produtividade, em função da variação populacional.

Para o genótipo NS 6909 Ipro o aumento populacional acarretou aumento linear de produtividade, sem ocorrência de acamamento; enquanto para 7166 RSF Ipro o aumento populacional resultou em redução linear na produtividade, associado a um aumento acentuado no acamamento das plantas.

A distribuição relativa de vagens nas plantas é influenciada principalmente pelo efeito da variação populacional.

REFERÊNCIAS

BAGATELI, J.R.; DÖRR, C.S.; SCHUCH, L.O.B.; MENEGHELLO, G.E. Productive performance of soybean plants originated from seed lots with increasing vigor levels. **Journal of Seed Science**, v.41, n.2, p.151-159, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v41n2199320>

BALBINOT JÚNIOR, A.A. Acamamento de plantas na cultura da soja. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.25, n.1, p.40-42, 2012. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/59792/1/digitalizar0009.pdf>

BALBINOT JÚNIOR, A.A.; OLIVEIRA, M.C.N.; ZUCARELLI, C.; FERREIRA, A.S.; WERNER, F.; SILVA, M.A.A. Analysis of phenotypic plasticity in indeterminate soybean cultivars under different row spacing. **Australian Journal of Crop Science**, v.12, n.04, p. 648-654, 2018. <http://dx.doi.org/10.21475/ajcs.18.12.04.pne1003>

BARON, F.A.; CORASSA, M.G.; DEJALES FIORESI, A.L.S.; MARTINI, R.T.; KULCZYNSKI, S.M. Physiological quality of soybean seeds under different yield environments and plant density. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.22, n.4, p.237-242, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n4p237-242>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de análise sanitária de sementes** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 202 p. 2009. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/manual-de-analise-sanitaria-de-sementes/view>

CALISKAN S, ARSLAN M, UREMIS I, CALISKAN ME. The effects of row spacing on yield and yield components of full season and double cropped soybean. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v.31, n.3, p.147-154, 2007. <https://www.researchgate.net/publication/268699618> The Effects of Row Spacing on Yield and Yield Components of Full Season and Double-Cropped Soybean

CAMOZZATO, V.A.; PESKE, S.T.; POSSENTI, J.C.; MENDES, A.S. Desempenho de cultivares de soja em função do tamanho das sementes. *Revista brasileira de sementes*. v.31, n.1, p.288-292. 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000100032>

CANTARELLI, J.L.D.; SCHUCH, L.O.B.; TAVARES, L.C.; RUFINO, C.A. Variability of soybean plants originated from seeds with different physiological quality levels. *Acta Agronômica*, v.64, n.3, p.218-222, 2015. <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v64n3.45511>

CARVEZAN, A.; GIACOMIN, R.; MÜLLER, M.; BIAZUS, C.; LÂNGARO, N.C.; CHAVARRIA, G. How does seed vigor affect soybean yield components? *Agronomy Journal*, v.110, n.4, p.1-10, 2018. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2134/agronj2017.11.0670>

EBONE, L.A.; CARVEZAN, A.; TAGLIARI, A.; CHIOMENTO, J.L.T.; SILVEIRA, D.C.; CHAVARRIA, G. Soybean seed vigor: uniformity and growth as key factors to improve yield. *Agronomy*, v.10, n.4, p.1-15, 2020. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040545>

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solo, Rio de Janeiro – RJ. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed, Rio de Janeiro, 412 p. 2006.

FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. *Circular Técnica - Embrapa*, n.48, p.1-9, 2007.

FELICETI, M.L.; SIEGA, T.C.; SILVA, M.; MESQUITA, A.P.B.; SILVA, J.A.; BAHRY, C.A.; POSSENTI, J.C. Grupos de maturidade relativa frente à qualidade fisiológica das sementes de soja. *Brazilian Journal of Development*, v.6, n.5, p.27410-27421, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-260>

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, 11 p. 1977.

FERREIRA, A.S.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; WERNER, F.; ZUCARELI, C.; FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H. Plant density and mineral nitrogen fertilization influencing yield, yield components and concentration of oil and protein in soybean grains. *Bragantia*. v.75, n.3, p.362-370, 2016. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.479>

FRANÇA, E.E. de. **Características agronômicas, propriedades físicas e qualidade fisiológica de sementes de cultivares de soja em função do hábito de crescimento e populações de plantas**.

2019. 60p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agroindustriais) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis - GO.

JIANG, H.; EGLI, D.B. Shade induced change in flower and pod number and flower and fruit abscission in soybean. **Agronomy Journal**, v.85, n.2, p.221-225, 1993. <https://doi.org/10.2134/agronj1993.00021962008500020011x>

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.1248-1256, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000600004>

KÖPPEN, W. System geografische System der Klimate. In: KÖPPEN, W .; GEIGER, R. (Eds): **Handbuch der Klimatologie** . Berlim: GebrüderBornträger, Banda 1, Parte C, p.1-44. 1936.

KUMAGAI, E.; AOKI, N.; MASUYA, Y.; SHIMONO, H. Phenotypic plasticity conditions the response of soybean seed yield to elevated atmospheric CO₂ concentration. **Plant Physiology**, v.169, p.2021-2029, 2015. <https://doi.org/10.1104/pp.15.00980>

LÓPEZ, O.E.; GONZALEZ, E.; DE LLAMAS, P.A.; MOLINAS, A.S.; FRANCO, E.S.; GARCIA, S. & RIOS, E. **Reconocimiento de suelos y capacidad de uso de las tierras; Región Oriental**. Asunción, MAG/Dirección de Ordenamiento Ambiental/Banco Mundial, 28p. 1995.

MACHADO, B.Q.V.; NOGUEIRA, A.P.O; REZENDE, G.F.; COELHO, F.G.T; GOMES, G.F.; BERNARDES, F.C.; NASCIMENTO, A. dos R.; HAMAWAKI, R.L. Agronomic performance of soybean genotypes submitted to different population densities in the city of Uberlândia – MG. **Científica**, v.46, n.3, p.264-273, 2018. <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2018v46n3p264-273>

MACHADO, A.A.; CONCEIÇÃO, A.R. Sistema de análise estatística para Windows - **WinStat**. Versão 2.0. UFPel, 2003.

MARCHIORI, L.F.S.; CAMARA, G.M.S.; PEIXOTO, C.P.; MATINS, M.C. Desempenho vegetativo de cultivares de soja em [*Glycine max* (L.) Merrill] em épocas normal e safrinha. **Scientia Agrícola**, v.56, n.2, p.383-390, 1999. <https://doi.org/10.1590/S0103-90161999000200018>

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: Abrates, 659p. 2015.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p. 3.1-3.24. 1999.

MARTINS, M.C.; CÂMARA, G.M.S.; PEIXOTO, C.P.; MARCHIORI, L.F.S.; LEONARDO, V.; MATTIAZZI, O. Épocas de semeadura, densidades de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia Agrícola**, v.56, n.4, p.851-858, 1999. <https://doi.org/10.1590/S0103-90161999000400012>

MAUAD, M.; SILVA, T.L.B.; ALMEIDA NETO, A.I.; ABREU, V.G. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**. v.3, n.9, p.175-181, 2010. <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/75/649>

PANOZZO, L.E.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T.; MIELEZRSKI, F.; PESKE, F.B. Comportamento de plantas de soja originadas de sementes de diferentes níveis de qualidade fisiológica. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v.16, n.1, p.32-41, 2009. <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/view/4898>

PROCÓPIO, S.O., BALBINOT JUNIOR, A.A., DEBIASI, H., FRANCHINI, J.C.E PANISON, F. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Revista de Ciência Agrária**, v. 56, n. 4, p. 319-325, 2013. <http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/rca.2013.048>

PROCÓPIO, S.O.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.; PANISON, F. Semeadura em fileira dupla e espaçamento reduzido na cultura da soja. **Revista Agroambiente**, v.8, n.2, p.212-221, 2014. <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v8i2.1469>

ROSSI, R.F.; CAVARIANI, C.; FRANÇA-NETO, J. de B. Vigor de sementes, população de plantas e desempenho agronômico de soja. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v.60, n.3, p.215-222, 2017. <http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/rca.2239>

SCHEEREN, B.R.; PESKE, S.T.; SCHUCH, L.O.B.; BARROS, A.C.A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, p.35-41, 2010. <https://www.scielo.br/pdf/rbs/v32n3/v32n3a04.pdf>

SCHUCH, L.O B.; KOLCHINSKI, E.M.; FINATTO, J.A. Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.1, p.144-149, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222009000100016>.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja: do plantio à colheita**. UFV. 2015. 333p.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; REIS, M.S. **Melhoramento da soja**. In: BORÉM, A. (ed). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, p.478-533. 1999.

SUHRE, J.J.; WEIDENBENNER, N.H.; ROWNTREE, S.C.; WILSON, E. W.; NAEVE, S.L.; CONLEY, S.P.; DAVIS, V.M. Soybean yield partitioning changes revealed by genetic gain and seeding rate interactions. **Agronomy Journal**. v.106, n.5, p.1631-1642, 2014. <http://doi.org/10.2134/agronj14.0003>

TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Relationship of seed vigor to crop yeild: a review. **Crop Science**, v.31, p.816-822, 1991. <https://doi.org/10.2135/cropsci1991.0011183X003100030054x>

USDA. **United States Department of Agricultural**. Disponível em: <https://www.nass.usda.gov/Newsroom/2019/index.php> Acesso em: 15 dez. de 2019.

VANZOLINI, S.; CARVALHO, N.M. Efeito do vigor de sementes de soja sobre o seu desempenho em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 33-41, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222002000100006>

VAZQUEZ, G.H.; CARVALHO, N.M.; BORBA, M.M.Z. Redução na população de plantas sobre a produtividade e a qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 1-11, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222008000200001>

WERNER, F.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; FERREIRA, A.S.; AGUIAR E SILVA, M.A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C. Soybean growth affected by seeding rate and mineral nitrogen. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.8, p.734-738, 2016. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n8p734-738>