



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL**

***CAMPUS* ERECHIM**

**CURSO DE AGRONOMIA**

**DANIEL CRISTIAN CAVALETTI**

**HABILIDADE COMPETITIVA E NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE SOJA  
TIGUERA EM MILHO**

**ERECHIM – RS**

**2022**

**DANIEL CRISTIAN CAVALETTI**

**HABILIDADE COMPETITIVA E NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE SOJA  
TIGUERA EM MILHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Erechim, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

ERECHIM - RS

2022

## **Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Cavaletti, Daniel Cristian

HABILIDADE COMPETITIVA E NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE SOJA TIGUERA EM MILHO / Daniel Cristian Cavaletti. -- 2022.  
23 f.

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em  
Agronomia, Erechim, RS, 2022.

1. *Zea mays*. 2. *Glycine max*. 3. Culturas geneticamente modificadas.  
I. Galon, Leandro, orient. II. Universidade Federal da Fronteira  
Sul. III. Título.

**DANIEL CRISTIAN CAVALETTI**

**HABILIDADE COMPETITIVA E NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE SOJA  
TIGUERA EM MILHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS  
– *campus* Erechim, como parte das exigências para obtenção do título Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:  
\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. D. Sc. Leandro Galon (Orientador)  
UFFS – Erechim

---

Prof. Ma. Daiani Brandler  
UFFS – Erechim

---

Eng. Agron. Me. Maurício da Trindade Viegas  
UFFS – Erechim

Erechim/RS, junho de 2022.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	8
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	13
4. CONCLUSÃO .....	17
REFERÊNCIAS .....	18

## HABILIDADE COMPETITIVA E NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE SOJA TIGUERA EM MILHO

**RESUMO:** A interferência ocasionada por plantas voluntárias, provenientes de sementes perdidas antes ou durante à colheita, podem ocasionar prejuízos econômicos aos agricultores. O objetivo deste trabalho foi identificar a habilidade competitiva e o nível de dano econômico de híbridos de milho na presença de diferentes densidades de soja voluntária. O experimento foi conduzido a campo, em delineamento de blocos casualizados, com uma repetição. Os tratamentos foram constituídos pelos híbridos de milho (NK 422 Vip3; NK 488 Vip3; Syn Supremo Vip3; Brevant 2A401 PWU; FS 481 PW; e FS620 PWU) e 12 densidades de soja voluntária estabelecidas para cada híbrido, saindo de 0 ao máximo de 130 plantas m<sup>-2</sup>. Aos 30 dias após a emergência, efetuou-se a quantificação da densidade de plantas (DP), cobertura de solo (CS), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MS) das plantas voluntárias de soja. Os híbridos de milho NK 488 Vip3, Syn Supremo Vip3 e Brevant 2A401 PWU apresentam as maiores habilidades competitivas o que refletiu em NDE que variou de 1,01 a 3,82 plantas m<sup>-2</sup>. Desta forma, pode-se concluir que a soja voluntária ocasiona perdas de produtividade ao infestar o milho, sendo que os híbridos apresentam habilidades competitivas diferenciadas e o NDE é influenciado diretamente por estas características.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, *Glycine max*, Culturas geneticamente modificadas.

## COMPETITIVE ABILITY AND ECONOMIC DAMAGE LEVEL OF SPONTANEOUS SOYBEAN IN MAIZE

**ABSTRACT:** The interference caused by volunteer plants dispersed after harvest can cause economic losses to growers. The aim of this work is to identify the competitive ability and the economic threshold level of maize hybrids in presence of different densities of volunteer soybean. The experiment was carried out in field, in a randomized blocks design, with no replication. The treatments were constituted by maize hybrids (NK 422 Vip3; NK 488 Vip3; Syn Supremo Vip3; Brevant 2A401 PWU; FS 481 PW; e FS620 PWU) and 12 densities of volunteer soybean established for each hybrid, going from 0 to maximum of 130 plants m<sup>-2</sup>. At 30 days after emergence, were assessed the plant density (PD), soil cover (SC) leaf area (LA) and shot dry mass (SDM) of volunteer soybean plants. The maize hybrids NK 488 Vip3, Syn Supremo Vip3 and Brevant 2A401 PWU showed the highest competitive abilities that influenced in economic threshold level that ranged from 1,01 to 3,82 plants m<sup>-2</sup>. Thus, concluded that volunteer soybean cause yield losses when infesting maize, and hybrids showing difference competitive abilities, being the economic threshold level directly influenced by these characteristics.

**Keywords:** *Zea mays*, *Glycine max*, Genetically modified crops.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil se caracteriza como o segundo maior produtor de milho no mundo, produzindo na safra 2020/21, aproximadamente, 87 milhões de toneladas em área de 20 milhões de hectares (CONAB, 2021). O milho segunda safra foi responsável por, aproximadamente, 75% deste volume de grãos, ocupando área de 14,99 milhões de hectare, com produtividade média de 5,5 t ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2021). O milho segunda safra se caracteriza por ser semeado, principalmente, após o cultivo da cultura da soja precoce. Desta forma, o manejo destas duas culturas está diretamente relacionado. Práticas culturais realizadas em uma refletem, diretamente na outra. As perdas de grãos na colheita destas culturas tem ocasionado aumento na frequência de plantas voluntárias na cultura semeada em sucessão. Elas podem competir por espaço, água, nutrientes e luz, além de serem hospedeiras de pragas e doenças (Alms et al., 2016; Petter et al., 2016; Piasecki & Rizzardi, 2018; Rizzardi et al., 2019).

Com a introdução das culturas de soja e milho resistentes ao glyphosate (GR) a presença de plantas voluntárias, nesta sucessão de cultivos, tornou-se algo comum de ser observado nas lavouras. O controle da soja voluntária, apesar de ser uma medida legislativa e obrigatória em diversos estados da federação, muitas vezes, é negligenciado. Elevadas densidades de plantas competindo com as culturas, simplificam a tomada de decisão dos produtores para adotarem alguma medida de controle (Agostinetto et al., 2010). No entanto, quando as plantas voluntárias ocorrem em densidades menores, a adoção de medidas para controlá-las torna-se difícil, pois os agricultores precisam quantificar às vantagens econômicas associadas ao custo do controle (Galon et al., 2019). Sendo assim, é necessário implementar estratégias de manejo que integrem o conhecimento técnico e a análise econômica aliado ao conhecimento da relação de competição entre a cultura e as plantas daninhas (Westwood et al., 2018). Dentro deste contexto, é importante caracterizar o nível de dano econômico (NDE) para auxiliar o produtor na tomada de decisão.

O NDE estabelece que a aplicação de herbicidas ou de outros métodos de controle somente se justificará caso os prejuízos causados pelas plantas daninhas forem superiores ao custo da medida utilizada (Tavares et al., 2019; Frandoloso et al., 2020). Para realizar os cálculos dos NDE envolvem-se muitas variáveis. Estas podem ser influenciadas por vários fatores, tais como: espécie de planta daninha presente na lavoura, densidade e época de emergência das infestantes em relação à cultura, porcentagem de perda e potencial de produtividade da cultura na presença e livre de plantas daninhas, valor do produto colhido, custos e eficiência do controle, e influência das plantas daninhas remanescentes sobre o

produto (Brandler et al., 2021). Práticas de manejo, como o uso de cultivares com maior habilidade competitiva e densidades de semeadura podem influenciar diretamente no nível de perdas ocasionadas pelas plantas daninhas. Estas informações podem ser uma interessante alternativa para auxiliar os produtores na tomada de decisão.

Nesse sentido existem variações na habilidade competitiva e nos níveis de dano econômico ocasionados pela competição exercida pela soja voluntária aos híbridos de milho, NK 422 Vip3, NK 488 Vip3, Syn Supremo Vip3, Brevant 2A401 PWU, FS 481 PW e FS620 PWU, em função da densidade de plantas do competidor e dos híbridos avaliados. Diante disso, objetivou-se, com o trabalho, identificar a habilidade competitiva de seis híbridos de milho na presença de diferentes densidades de soja voluntária, assim como, determinar o nível de dano econômico destes materiais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim/RS, latitude 27,725269° S, longitude 52,294485° W e altitude de 650 m, no ano agrícola 2017/18. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Alumino Férrico Húmico (EMBRAPA, 2013). Amostras de solo foram retiradas na camada de 0 a 10 cm para realizar a análise química, tendo as seguintes características: pH (água) = 5,1; matéria orgânica = 3,0%; argila = >60%; P = 5,2 mg dm<sup>-3</sup>, K = 118,0 mg dm<sup>-3</sup>, Ca<sup>+2</sup> = 5,5 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>+2</sup> = 3,0 cmolc dm<sup>-3</sup>; Al<sup>+3</sup> = 0,3 cmolc dm<sup>-3</sup>; H + Al = 7,7 cmolc dm<sup>-3</sup>; CTC efetiva = 16,6 cmolc dm<sup>-3</sup>. A correção da fertilidade foi efetuada conforme as recomendações técnicas para a cultura do milho destinado a grãos (ROLAS, 2016). A adubação química de base foi de 430 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 05-30-15 de N-P-K e a aplicação de N em cobertura foram realizadas em dois momentos, no estágio V4 e V6 da cultura, na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N ou 134 kg ha<sup>-1</sup> de ureia (45% de N) em cada estágio do milho. Os demais manejos efetuados seguiram as recomendações técnicas para a cultura do milho.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, sendo os tratamentos constituídos por seis híbridos de milho e 12 densidades de soja voluntária, com uma repetição. Nesta pesquisa, as diferentes densidades de soja voluntária funcionaram como repetições, proporcionando a variância necessária para realizar a análise estatística pelo modelo não-linear da hipérbole retangular proposto por Cousens, (1985). Essa mesma metodologia foi observada em trabalho desenvolvido por Tavares et al., (2019).

Os híbridos de milho usados foram: NK 422 Vip3 (H1), NK 488 Vip3 (H2), Syn Supremo Vip3 (H3), Brevant 2A401 PWU (H4), FS 481 PW (H5) e FS620 PWU (H6). Estes híbridos foram submetidos a convivência com distintas densidades de soja voluntária: H1 *versus* 0, 4, 14, 14, 18, 20, 28, 30, 42, 50, 66 e 66 plantas m<sup>-2</sup>; H2 *versus* 0, 14, 22, 22, 28, 34, 42, 34, 38, 44, 54 e 130 plantas m<sup>-2</sup>; H3 *versus* 0, 12, 14, 18, 28, 32, 32, 36, 36, 48, 54, e 82 plantas m<sup>-2</sup>; H4 *versus* 0, 6, 10, 18, 24, 34, 40, 42, 44, 54, 54 e 56 plantas m<sup>-2</sup>; H5 *versus* 0, 4, 4, 10, 10, 28, 30, 34, 42, 46, 50 e 94 plantas m<sup>-2</sup>; e H6 *versus* 0, 4, 8, 10, 20, 22, 28, 32, 40, 48, 50 e 58 plantas m<sup>-2</sup>.

Os híbridos de milho foram escolhidos para o presente estudo em razão de serem os mais cultivados na região para produção de grãos, com as seguintes características: a) NK 422 Vip3: ciclo superprecoce, resistente a insetos e tolerante a herbicidas; b) NK 488 Vip3: ciclo superprecoce, resistente insetos e tolerante a herbicidas; c) Syn Supremo Vip3: ciclo precoce, resistente a insetos e tolerante a herbicidas; d) Brevant 2A401 PWU: ciclo superprecoce, resistente a insetos e tolerante a herbicidas; e) FS 481 PW: ciclo superprecoce, resistente a insetos e tolerante a herbicidas; e f) FS620 PWU: ciclo precoce, resistente a insetos e tolerante a herbicidas.

O experimento foi instalado em 07/11/2017, em sistema de plantio direto na palha. A cobertura morta do solo foi formada por aveia-preta + ervilhaca, com produção de 5 t ha<sup>-1</sup> de massa seca. A dessecação foi realizada com o herbicida glyphosate (1440 g e.a. ha<sup>-1</sup>) 15 dias antes da semeadura do milho. As unidades experimentais apresentavam área de 15,0 m<sup>2</sup>, sendo compostas por seis fileiras de milho, espaçadas a 0,5 m, e com 5 m de comprimento. A área útil correspondeu as três linhas centrais, descontando um metro linear de cada extremidade (1,5 m x 3 m). A densidade de semeadura dos híbridos foi de 3,5 sementes por metro linear ou 70.000 sementes ha<sup>-1</sup>.

As densidades de soja voluntária (*Glycine max*) foram estabelecidas pela semeadura manual com matraca em cada parcela usando-se para isso a cultivar NS 5909. O estabelecimento das densidades da soja voluntária foi efetuado de modo a simular diferentes perdas de colheita, desde baixas até elevadas quantidades de grãos perdidos na lavoura, calculando-se a quantidade de sementes necessária em cada unidade experimental de acordo o tratamento proposto, de 0 até 130 plantas m<sup>-2</sup>. As densidades de soja voluntária foram variadas em virtude de que a semeadura com matraca manual apresenta desuniformidade de profundidade de uma cova para outra, pelo solo às vezes estar mais compactado, ter mais palhada, dentre outros e desse modo fatores como a umidade e a temperatura do solo podem ter influenciado o estabelecimento de um número exato de plantas por área (unidade

experimental). As densidades da soja voluntária foram determinadas por contagens em duas áreas de 0,5 x 0,5 m, sendo uma aferição efetuada no centro e outra na lateral de cada unidade experimental, quando o milho se encontrava no estágio V4 (quatro folhas expandidas) e a planta daninha, no estágio de V3 (terceiro trifólio). As demais plantas daninhas não objeto de estudo foram controladas com aplicação de glyphosate (1440 g e.a. ha<sup>-1</sup>) para evitar competição.

A quantificação da densidade de plantas (DP), cobertura do solo (CS), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MS) das plantas voluntárias de soja foram realizadas aos 30 dias após a emergência (DAE) ou no estágio fenológico de V4-V5 do milho. Para determinação da variável explicativa DP, foram efetuadas duas amostragens, aleatórias, por parcela utilizando quadrado de 0,5 m de lado. A CS por plantas de soja voluntária foi avaliada visualmente, de modo individual, por dois avaliadores, utilizando-se uma escala percentual, na qual a nota zero corresponde à ausência de cobertura e 100 representa cobertura total do solo. A quantificação da AF da planta competidora foi efetuada com um integrador eletrônico de AF portátil, modelo CI-203, marca CID Bio-Science, mensurando-se todas as plantas em uma área de 0,25 m<sup>2</sup> por parcela. A MS das plantas de soja voluntária (g m<sup>-2</sup>) foi determinada pelas coletas das plantas contidas em área de 0,25 m<sup>2</sup> (0,5 x 0,5 m) por parcela e secas em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 60±5°C, até atingirem massa constante.

A quantificação da produtividade de grãos foi obtida pela colheita das plantas na área útil de 8 m<sup>2</sup> (2 x 4 m) em cada parcela. A colheita foi realizada quando o teor médio de umidade dos grãos atingiu aproximadamente 15%. Após a pesagem, determinou-se a sua umidade, sendo as massas corrigidas para o teor de 13% de umidade e os valores expressos em kg ha<sup>-1</sup>.

As perdas percentuais de produtividade de grãos de milho, em relação às unidades experimentais livres de plantas competidoras foram calculadas de acordo com a Equação 1:

$$\text{Perda (\%)} = \left( \frac{Ra - Rb}{Ra} \right) \times 100 \quad \text{Equação 1,}$$

Onde: *Ra* e *Rb*: produtividade da cultura sem ou com presença da planta competidora, soja voluntária, respectivamente.

Anteriormente à análise dos dados, os valores de MS (g m<sup>-2</sup>), CS (%) ou AF (cm<sup>2</sup>) foram multiplicados por 100, dispensando-se assim o uso do fator de correção no modelo (Agostinetto et al., 2010; Tavares et al., 2019; Frandoloso et al., 2020).

As relações entre perdas percentuais de produtividade do milho em função das variáveis explicativas foram calculadas separadamente para cada híbrido de milho, utilizando-

se o modelo de regressão não linear derivada da hipérbole retangular, proposta por Cousens em 1985, conforme a Equação 2:

$$P_p = \frac{(i * X)}{(1 + (\frac{i}{a}) * X)} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:  $P_p$  = perda de produtividade (%);  $X$  = densidade, massa seca da parte aérea, área foliar ou cobertura do solo de soja voluntária;  $i$  e  $a$  = perdas de produtividade (%) por unidade de plantas de soja voluntária quando o valor da variável se aproxima de zero e quando tende ao infinito, respectivamente. Para o procedimento de cálculos, foi utilizado o método de Gauss-Newton, o qual, por sucessivas interações, estima os valores dos parâmetros, nos quais a soma dos quadrados dos desvios das observações, em relação aos valores ajustados, seja mínima (Ratkowsky, 1983). O valor da estatística  $F$  ( $p \leq 0,05$ ) foi utilizado como critério de análise dos dados ao modelo. O critério de aceitação do ajuste dos dados ao modelo baseou-se na significância do  $F$ , no maior valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e no menor valor do quadrado médio do resíduo (QMR).

Para o cálculo do nível de dano econômico (NDE) foi utilizado as estimativas do parâmetro  $i$  obtidas a partir da Equação 2 (Cousens, 1985), e a Equação adaptada de Lindquist & Kropff (1996) – Equação 3:

$$NDE = \frac{(Cc)}{(R * P * (\frac{i}{100}) * (\frac{H}{100}))} \quad \text{Equação 3}$$

onde: NDE = nível de dano econômico (plantas  $m^{-2}$ );  $Cc$  = custo do controle (mistura comercial dos herbicidas, atrazine+simazine – 1500 + 1500 g  $ha^{-1}$  e aplicação terrestre tratorizada, em dólares  $ha^{-1}$ );  $R$  = produtividade de grãos de milho (kg  $ha^{-1}$ );  $P$  = preço do milho (dólares  $kg^{-1}$  de grãos);  $i$  = perda (%) de produtividade do milho por unidade de planta competidora, quando o nível populacional se aproxima de zero e  $H$  = nível de eficiência do herbicida (%).

Para as variáveis  $Cc$ ,  $R$ ,  $P$  e  $H$  (Equação 3) foram estimados três valores ocorrentes nos últimos 10 anos. Assim, para o custo de controle ( $Cc$ ), considerou-se o preço médio, sendo o custo máximo e mínimo alterado em 25%, em relação ao custo médio. A produtividade de grãos do milho ( $R$ ) foi baseada na menor, média e maiores obtidas no Rio Grande do Sul, nos últimos 10 anos. O preço do produto ( $P$ ) foi estimado a partir do menor, médio e maior preço do milho pagos a 60 kg, nos últimos 10 anos. Os valores para a eficiência do herbicida ( $H$ ) foram estabelecidos na ordem de 80, 90 e 100% de controle, sendo

80% o controle mínimo considerado eficaz da planta daninha (Velini, 1995). Para as simulações de NDE foram utilizados os valores intermediários para as variáveis que não estavam sendo objeto de cálculo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis explicativas da soja voluntária: DP, AF, CS e MS avaliadas para a perda de produtividade nos híbridos apresentaram valores da estatística F significativos (Tabela 1). O modelo da hipérbole retangular ajustou-se adequadamente aos dados, com valor médio do  $R^2$  superior a 0,57 e baixo QMR. Este fato caracteriza bom ajuste dos dados ao modelo em que foram testados. Os resultados observados, estão de acordo com os encontrados por Galon et al., (2019), que ao avaliarem a competição do papuã (*Uroclhoa planaginea*) com cinco híbridos de milho encontraram valores médios do  $R^2$ , para as mesmas variáveis do presente estudo, superiores a 0,52. Trabalhos relacionados com variação genética, efeito de cultivares e herdabilidade de híbridos de milho, consideram como moderados a bom, valores de  $R^2$  entre 0,57 a 0,66 (Cargnelutti Filho & Storck, 2007).

Os híbridos de milho apresentaram diferentes níveis de perdas de produtividade (Tabela 1). De maneira geral, os materiais NK 488 Vip3, Syn Supremo Vip3 e Brevant 2A401 PWU se caracterizaram como os genótipos mais competitivos. Isto pode ser atribuído as menores perdas de produtividade quando comparado aos demais híbridos. Pesquisas evidenciam a capacidade diferenciada de híbridos de milho quanto a sua habilidade competitiva na presença de plantas daninhas (Willians et al., 2008; Galon et al., 2019; Frandoloso et al., 2020). Este fato pode ser atribuído a diferenciação genética existente entre os materiais avaliados. A diferença de competição entre os híbridos de milho pode ser atribuída ao maior dossel (AF), arquitetura das folhas, altura de plantas e/ou relacionadas a maior taxa de crescimento relativo e uso eficiente dos recursos do meio pela cultura (Willians et al., 2008). A competição imposta pelo material genético é uma importante ferramenta para o manejo integrado de plantas daninhas. As estratégias atuais buscam a redução do uso de herbicidas, menor custo e poluição ambiental, e a produção de um alimento livre de contaminantes (Jha et al., 2017; Tavares et al., 2019; Galon et al., 2019). Dentro deste contexto, o desenvolvimento de híbridos que apresentem maior habilidade competitiva promove ganhos econômicos e ambientais, já que se tem a possibilidade de usar menor quantidade de herbicidas.

A densidade média de 20 plantas de soja voluntária  $m^{-2}$  com os híbridos de milho ocasionou perdas na produtividade que variaram de, aproximadamente, 13 a 36%, valores

esses estimados pela equação hiperbólica (Tabela 1). A perda de rendimento de grãos de milho ao ser infestado por 3 a 4 plantas  $m^{-2}$  de soja voluntária foi de 10% em trabalho de Alms et al., (2016). A média de perdas de grãos de soja das colhedoras automotrizes é de 81,2  $kg\ ha^{-1}$  (Schanoski et al., 2011). Considerando que o peso médio de 1000 grãos é de, aproximadamente, 200 g isso corresponderá 406.000 grãos (Câmara, 2015). Estimando sua taxa de germinação em 50% teremos 203.000 plantas de soja por hectare ou 20,30 plantas  $m^{-2}$ . Este fato ilustra o nível potencial de perdas de produtividade que pode haver na cultura do milho, caso o controle da soja voluntária seja realizado de maneira inadequada. Desta forma, a redução de perdas na colheita da soja, possibilitará maior retorno econômico por possibilitar ganhos de rendimento desta cultura e redução do potencial de perdas oriundas da sua competição com o milho.

Analisando as perdas de rendimento, levando em consideração a AF, observou-se que quando a soja voluntária acumulou 2000  $cm^2\ m^{-2}$  de AF os materiais FS 481 PW e FS620 PWU foram os que apresentaram as maiores reduções com 8,03 e 5,09%, respectivamente, usando-se para esse cálculo os valores obtidos pela equação da hipérbole retangular (Tabela 1). Pode-se inferir que o grau de competição da planta daninha com o milho, pode também, ser influenciado pela área foliar da infestante. Importante ressaltar que a densidade de plantas pode estar diretamente relacionada ao acúmulo de área foliar. Galon et al (2019), observaram que à medida que o papuã apareceu em maior proporção de plantas infestante de vários híbridos de milho, a planta daninha apresentou maior AF que a cultura e conseqüentemente maior habilidade competitiva, vindo a reduzir a produtividade de grãos.

Os resultados para perda de produtividade dos híbridos de milho, em relação ao percentual de CS e de MS, demonstram semelhança ao observado em relação a DP e AF (Tabela 1). Os híbridos NK 488 Vip3, Syn Supremo Vip3 e Brevant 2A401 PWU foram os mais competitivos demonstrando as menores perdas de produtividades. O aumento da AF, CS e da MS da soja voluntária está diretamente relacionada com a DP. Este fato contribui para explicar a semelhança nas perdas de produtividade entre as variáveis avaliadas, ao se levar em conta o parâmetro  $i$  de cada uma das variáveis estudadas. Entre os fatores que estão atrelados a essa interferência, imposta pelas plantas daninhas, está a competição pelos recursos do meio (água, luz e nutrientes), que pode levar a perdas na produtividade da cultura (Jha et al., 2017; Tavares et al., 2019; Frandoloso et al., 2020).

De maneira geral, considerando o parâmetro  $i$ , na média das quatro variáveis analisadas, os híbridos mais competitivos foram: NK 488 Vip3 > Syn Supremo Vip3 > Brevant 2A401 PWU > FS620 PWU > NK 422 Vip3 > FS 481 PW (Tabela 1). As diferenças

observadas entre os híbridos podem ser atribuídas a diferenciação genética que há entre eles, como ciclo de desenvolvimento, arquitetura de plantas, índice de área foliar, volume do sistema radicular, ao melhor uso do espaço ou da disponibilidade dos recursos disponíveis no meio, dentre outros, conforme já relatado em outros trabalhos da literatura (Bajwa et al., 2017; Galon et al., 2019). Todas essas características alteram o grau de competição do milho na presença de plantas voluntárias de soja. Destaca-se que o potencial produtivo dos híbridos, foi inversamente proporcional a sua habilidade competitiva. Os materiais mais produtivos desse estudo, possivelmente, promovem maior alocação de recursos para o desenvolvimento das estruturas reprodutivas em detrimento aos outros órgãos das plantas que lhe conferissem maior habilidade competitiva na presença da soja voluntária. Alguns estudos têm relatado que a alocação de recursos, além de ser um aspecto fundamental na competição entre espécies de plantas é um importante fator que está condicionado à habilidade competitiva dessas quando convivem em comunidades (Carvalho et al., 2011; Cury et al., 2012).

As estimativas do parâmetro  $a$ , independentemente da variável explicativa, foram todas inferiores a 100%, exceto para a CS no híbrido NK 488 Vip3 e para AF em Brevant 2A401 PWU (Tabela 1). Desse modo, pode-se afirmar que foi possível simular adequadamente as perdas máximas de produtividade de acordo com as densidades estabelecidas de soja voluntária. As duas situações onde o parâmetro  $a$  superou os 100% de perdas máximas, pode ser atribuído ao fato da densidade de plantas voluntárias de soja terem sido excessivamente baixas e/ou quando os maiores valores não são suficientes para produzir respostas assintóticas de perda de produtividade (Cousens, 1985; Agostinetto et al., 2010).

Dentre as variáveis analisadas, os melhores ajustes ao modelo corresponderam a  $MS > DP > AF > CS$ . Para isto foi levado em consideração os maiores valores médios do  $R^2$  e do  $F$ , e os menores valores médios do QMR (Tabela 1). Desta forma, os dados demonstram que a MS pode ser usada em substituição às demais variáveis para estimar as perdas de produtividades de grãos do milho na presença de densidades de soja voluntária. Resultados similares aos do presente estudo foram obtidos ao avaliarem a competição de densidades ou de híbridos de milho em convivência com o papuã (Galon et al., 2019; Frandoloso et al., 2020).

A simulação dos valores de nível de dano econômico (NDE) foi efetuada utilizando-se a variável DP da soja voluntária. Optou pela escolha desta variável devido ao fato dela ter apresentado bom ajuste ao modelo, ser a inferência mais utilizada para tomada de decisão no campo devido a facilidade de obtenção, além, também, de ser a mais utilizada em

experimentos com esse propósito (Vidal et al., 2004; Agostinetto et al., 2010; Galon et al., 2019; Frandoloso et al., 2020).

O êxito na implantação de sistemas de manejo de soja voluntária na cultura do milho pode decorrer da determinação na densidade que excede o NDE. Assim, observou-se que os híbridos, NK 488 Vip3, Syn Supremo Vip3 e Brevant 2A401 PWU apresentaram os maiores valores de NDE nas simulações efetuadas, tendo variações de 1,01 a 3,82 plantas  $m^{-2}$  (Figuras 1, 2, 3 e 4). Os menores valores de NDE foram obtidos com NK 422 Vip3 e FS 481 PW, com variações de 0,18 à 1,00 planta  $m^{-2}$ . O híbrido FS620 PWU ficou em patamar intermediário de NDE ao se comparar com os demais.

Ao se comparar a produtividade dos híbridos, levando em consideração a menor (3,98  $t\ ha^{-1}$ ) com a maior (7,09  $t\ ha^{-1}$ ), observou-se diferença no NDE de até 43,82% (Figura 1). Desse modo, quanto maior o potencial produtivo dos híbridos de milho, menor será a densidade de plantas de soja voluntária que equivale ao NDE. Este cenário torna compensatória adoção de medidas de controle da planta daninha mesmo quando ocorrem em baixas densidades. Vidal et al., (2004) e Galon et al., (2019) afirmam que o NDE de papuã ao infestar o milho eleva-se à medida que diminui o preço da cultura e aumento do custo do controle. Por outro lado, o aumento do preço do milho reduz o impacto do custo de controle da planta daninha, obtendo maior retorno econômico com a cultura. Neste cenário, tolera-se menor nível de perda e NDE ocorre com menor densidade de plantas daninhas.

Analisando o preço pago na saca de milho foi verificada variação de 1,76 vezes no valor do NDE (Figura 2). Pode-se afirmar que quanto menor for o preço pago a saca de milho, maior será a densidade necessária de soja voluntária para ultrapassar o NDE e assim compensar o uso do herbicida. Desse modo destacaram-se como os híbridos mais competitivos o NK 488 Vip3, Syn Supremo Vip3 e Brevant 2A401 PWU, todos eles com um NDE superior a 1,79 plantas  $m^{-2}$  de soja voluntária. A maior competição desses híbridos, conforme já explicado anteriormente, deve-se em partes pelas diferenças genéticas que os mesmos apresentam em relação aos demais, fazendo desse modo que esses tenham maior habilidade competitiva na presença de plantas daninhas.

Em relação ao custo de controle de soja voluntária, observou-se variação de, aproximadamente, 40% quando se compara o custo mínimo com o máximo. Assim quanto maior for o custo do método de controle, maiores são os NDE e mais plantas de soja voluntária por  $m^{-2}$  são necessárias para justificar medidas de controle (Figura 3). Frandoloso et al. (2020) também encontraram resultados similares ao do presente estudo, porém

estudando o efeito de densidades de papuã (*Urochloa plantaginea*) em competição com diferentes híbridos de milho.

Em relação a eficácia do controle químico, observou-se que a variação de 80 e 100% ocasionou em uma alteração do NDE de, aproximadamente, 11,03 e 9,90%, respectivamente (Figura 4). Desse modo, pode-se inferir que o nível de controle influencia diretamente no NDE. De maneira geral, quanto mais elevada a eficácia do herbicida menor o NDE, ou seja, é necessário um menor número de plantas de soja voluntária por  $m^{-2}$  para adoção de medidas de controle. Ao avaliarem a eficácia de amonio glufosinato para o controle de papuã em milho, Frandoloso et al. (2020) também observaram resultados similares aos encontrados no presente estudo, mesmo que tenham sido estudados diferentes herbicidas e plantas daninhas nas pesquisas.

Os NDE diminuem com o aumento da produtividade de grãos, do preço da saca de milho, da eficiência do herbicida e com a redução no custo de controle da soja voluntária, justificando assim a adoção de medidas de controle em menores densidades da planta daninha. O uso do NDE como uma ferramenta para o manejo de plantas daninhas deve ser associado com boas práticas agrícolas de manejo do milho. A sua adoção somente se justifica nas lavouras que utilizem rotação de culturas, arranjo adequado de plantas, uso de híbridos mais competitivos, épocas adequadas de semeadura, correção da fertilidade do solo, dentre outras. Apesar do controle de soja voluntária ser obrigatório, em determinados períodos do ano que coincidem com o desenvolvimento do milho, o uso do NDE pode auxiliar os produtores na tomada de decisão de manejo mais assertivo.

#### **4. CONCLUSÃO**

Os híbridos de milho NK 488 Vip3, Syn Supremo Vip3 e Brevant 2A401 PWU apresentaram maior habilidade competitiva ao serem infestados pela soja voluntária.

Os maiores valores de NDE variaram de 1,01 a 3,82 plantas  $m^{-2}$  para os híbridos de milho NK 488 Vip 3, Syn Supremo Vip 3 e Brevant 2A401 PWU os quais apresentaram maior habilidade competitiva, tolerando assim maiores densidades de soja voluntária.

Os híbridos de milho NK 422 Vip 3, FS 481 PW e FS 620 PWU demonstram os menores valores de NDE que variaram de 0,18 a 1,00 plantas  $m^{-2}$ , sendo menos competitivos na presença de soja voluntária.

Os NDEs diminuem com o aumento da produtividade de grãos, do preço da saca do milho, com a redução no custo de controle da soja voluntária e da eficiência do herbicida.

**REFERÊNCIAS**

- AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; SILVA, S.P.; TIRONI, S.P.; ANDRES, A. Interferência e nível de dano econômico de capim-arroz sobre o arroz em função do arranjo de plantas da cultura. **Planta Daninha**, v.28, número especial, p. 993-1003, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000500007>
- ALMS, J.; CLAY, S.A.; VOS, D.; MOECHNING, M. Corn yield loss due to volunteer soybean. **Weed Science**, v.64, n.3, p.495–500, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-D-16-00004.1>
- BAJWA, A. A.; WALSH, M.; CHAUHAN, B. S. Weed management using crop competition in Australia. **Crop Protection**, v.95, n.1, p.8-13, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.08.021>
- BRANDLER, D.; GALON, L.; MOSSI, A.J.; PILLA, T.P.; TONIN, R.J.; FORTE, T.C.; BIANCHESSI, F.; ROSSETTO, E.R.O.; TIRONI, S.P. Interference and level of economic damage of turnip in canola. **Revista Agraria Academica**, v. 4, n.1, p. 39-56, 2021. DOI: <https://doi.org/10.26814/cps2021001>
- CÂMARA, G.M.S. Preparo do solo e plantio In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. (Eds.). **Soja: do plantio a colheita**. Viçosa/MG: UFV, 2015. CAP. 4, p.66-109.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.1, p.17-24, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000100003>
- CARVALHO, F.P., SANTOS, J.B., CURY, J.P., VALADÃO SILVA, D., BRAGA, R.R., BYRRO, E.C.M. Alocação de matéria seca e capacidade competitiva de cultivares de milho com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 29, n. 2, p. 373-382, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582011000200015>
- COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Décimo primeiro levantamento, Brasília, v. 11, n. 11, p. 54-72, 2021.
- COUSENS, R. An empirical model relating crop yield to weed and crop density and a statistical comparison with other models. **Journal of Agricultural Science**, v.105, n.3, p.513-521, 1985. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859600059396>
- CURY, J.P., SANTOS, J.B., SILVA, E.B., BYRRO, E.C.M., BRAGA, R. R., CARVALHO, F.P., VALADÃO SILVA, D. Acúmulo e partição de nutrientes de cultivares de milho em competição com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 30, n. 2, p. 287-296, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582012000200007>
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de**

**Classificação de Solos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.

FRANDOLOSO, F. S.; GALON, L.; CONCENÇO, G.; ROSSETTO, E.R.O.; BIANCHETTI, F.; SANTIN, O.C.; FORTE, C.T. Interference and level of economic damage of alexandergrass on corn. **Planta Daninha**, v38:e020219966, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582020380100045>

GALON, L.; HOLZ, C.M.; FORTE, C.T.; NONEMACHER, F.; BASSO, F.J.M.; AGAZZI, L.R.; SANTIN, C.O.; WINTER, F.L.; TONI, J.R.; PERIN, G.F. Competitive interaction and economic injury level of *Urochloa plantaginea* in corn hybrids. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 86, p.1-9, e0182019, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1808-1657000182019>

JHA, P.; KUMAR, V.; GODARA, R.K.; CHAUHAN, B.S. Weed management using crop competition in the United States: A review. **Crop Protection**, v.95, n.1, p.31-37, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.06.021>

LINDQUIST, J.L.; KROPFF, M.J. Application of an ecophysiological model for irrigated rice (*Oryza sativa*) - *Echinochloa* competition. **Weed Science**, v.44, n.1, p.52-56, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043174500093541>

PETTER, F.A.; PACHECO, L.P.; SILVA, A.F.; MORAIS, L.A. Management of volunteer plants in cultivation systems of soybeans, corn and cotton resistant to glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.15, n.1, p.58-66, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.7824/rbh.v15i1.431>

PIASECKI, C.; RIZZARDI, M.A. Economic threshold of volunteer corn GR<sup>®</sup> in soybean as a function of emergence time and origin of corn. **Planta Daninha**, v36, e018177264, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582018360100092>

RATKOWSKY, D.A. **Nonlinear regression modeling: a unified practical approach**. New York: Marcel Dekker, 1983. p.135-154.

RIZZARDI, M.A.; RIZZARDI, M.A.; PIASECKI, C.; SCHONS, J.; CAVERZAN, A.; LANGARO, C. Interference of volunteer corn from different origins and emergence time on soybean yield and stress metabolism. **Planta Daninha**, v37:e019205476, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100140>

ROLAS - Rede oficial de laboratórios de análise de solo e de tecido vegetal. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2016. 376p.

SCHANOSKI, R.; RIGHI, E.Z.; WERNER, V. Perdas na colheita mecanizada de soja (*Glycine max*) no município de Maripá - PR1. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**

**Ambiental**, v.15, n.11, p.1206–1211, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011001100015>

TAVARES, L.C.; LEMES, E.S.; RUCHEL, Q.; WESTENDORFF, N.R.; AGOSTINETTO, D. Criteria for decision making and economic threshold level for wild radish in wheat crop.

**Planta Daninha**, v37:e019178898, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100004>

VELINI, E.D.; OSIPE, R.; GAZZIERO, D.L.P. (Eds). **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.

VIDAL, R.A.; SPADER, V.; FLECK, N.G.; MEROTTO Jr., A. Nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* na cultura de milho irrigado. **Planta Daninha**, v.22, n.1, p.63-69, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582004000100008>

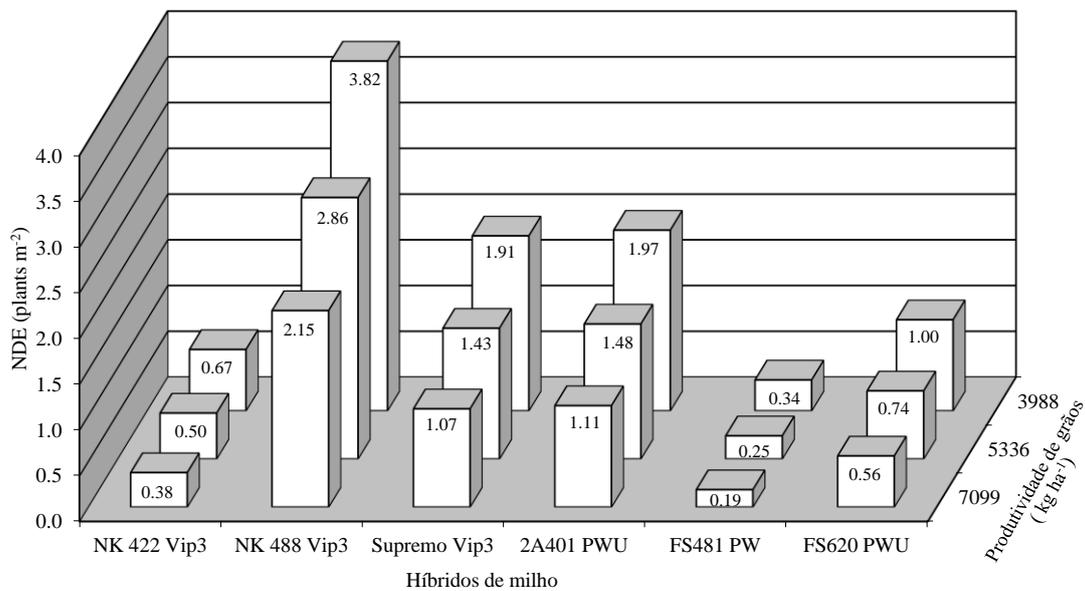
WESTWOOD, J. H.; CHARUDATTAN, R.; DUKE, S.O.; FENNIMORE, S.A.; MARRONE, P.; SLAUGHTER, A.C.; SWANTON, C.; ZOLLINGER, R. Weed management in 2050: perspectives on the future of weed science. **Weed Science**, v.66, n.3, p.275-285, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1017/wsc.2017.78>

WILLIAMS, M.M.; BOYDSTON, R.A.; DAVIS, A.S. Crop competitive ability contributes to herbicide performance in sweet corn. **Weed Research**, v.48, n.1, p.58-67, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2008.00602.x>

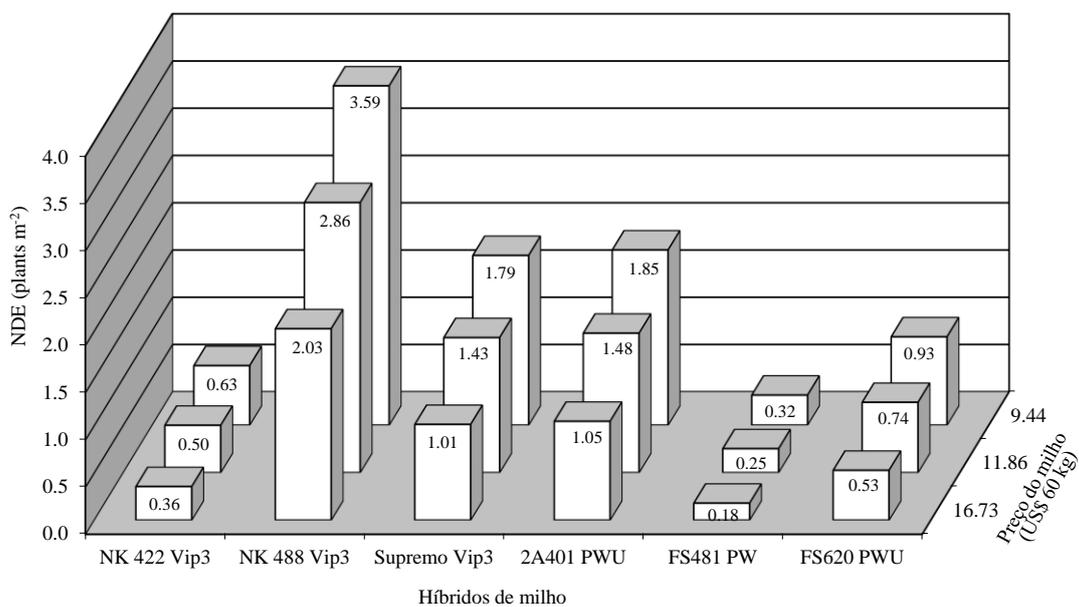
**Tabela 1.** Ajustes obtidos com o modelo da hipérbole retangular de Cousens (1985) para perda de produtividade de grãos por interferência de soja voluntária, em função dos híbridos de milho; NK 422 Viptera3, NK 488 Viptera3, Supremo Viptera3, Brevant 2A401 PWU, FS 481 PW e FS 620 PWU em resposta as variáveis explicativas relativas. UFFS, Erechim/RS.

Variáveis explicativas relativas	Parâmetros <sup>1</sup>		R <sup>2</sup>	QMR	F
	<i>I</i>	<i>a</i>			
Densidade de plantas (DP) de soja voluntária (m <sup>-2</sup> )					
NK 422 Vip3	5,42	38,62	0,87	104,90	39,87*
NK 488 Vip3	0,95	36,70	0,95	23,77	76,38*
Syn Supremo Vip3	1,90	41,51	0,79	27,60	21,01*
Brevant 2A401 PWU	1,84	68,53	0,76	109,40	52,62*
FS 481 PW	10,76	43,37	0,63	68,71	99,98*
FS 620 PWU	3,65	46,05	0,82	125,90	39,82*
Cobertura do solo (CS) de soja voluntária (%)					
NK 422 Vip3	0,09	35,57	0,81	106,70	44,73*
NK 488 Vip3	0,007	102,30	0,63	18,23	101,20*
Syn Supremo Vip3	0,02	40,58	0,79	18,75	180,45*
Brevant 2A401 PWU	0,05	49,84	0,73	119,10	47,96*
FS 481 PW	0,14	42,97	0,76	78,73	86,61*
FS 620 PWU	0,09	36,04	0,65	171,00	27,78*
Área foliar (AF) de soja voluntária (cm <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )					
NK 422 Vip3	0,001	36,72	0,88	96,71	49,86*
NK 488 Vip3	0,0003	29,56	0,67	13,25	141,04*
Syn Supremo Vip3	0,0007	34,51	0,95	17,24	196,74*
Brevant 2A401 PWU	0,0002	153,40	0,61	95,61	60,97*
FS 481 PW	0,005	40,74	0,70	95,62	70,43*
FS 620 PWU	0,003	33,52	0,82	166,30	28,71*
Massa seca da parte aérea (MS) de soja voluntária (g m <sup>-2</sup> )					
NK 422 Vip3	0,09	34,34	0,92	86,54	56,30*
NK 488 Vip3	0,006	30,39	0,57	19,04	97,12*
Syn Supremo Vip3	0,02	31,27	0,93	18,35	184,55*
Brevant 2A401 PWU	0,02	45,95	0,75	111,00	51,81*
FS 481 PW	0,22	40,42	0,86	59,61	116,00*
FS 620 PWU	0,06	36,20	0,85	135,30	36,42*

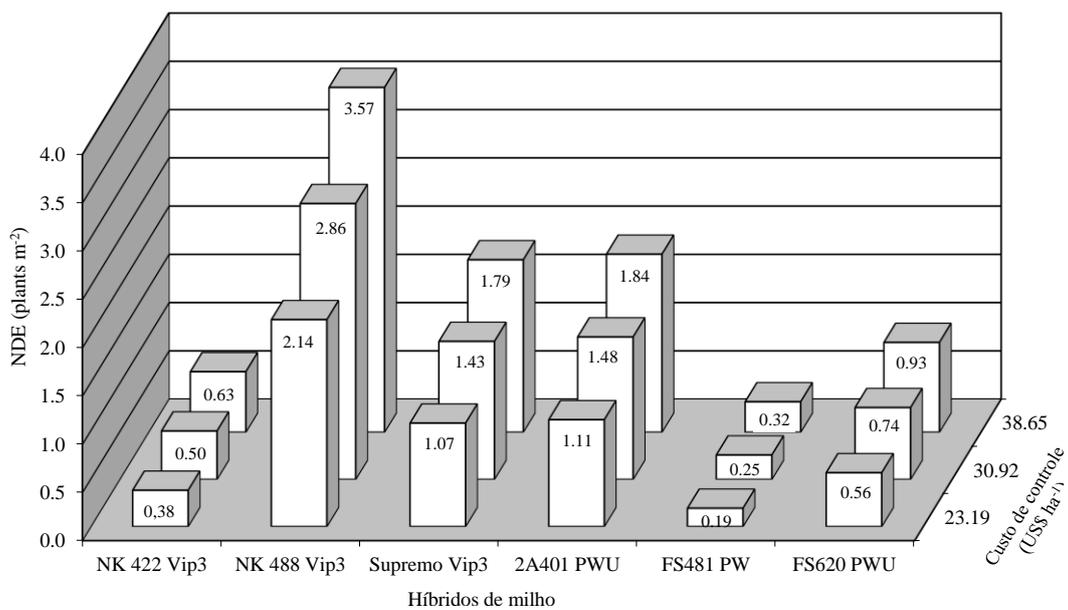
<sup>1</sup>*i* e *a*: perdas de produtividades de grãos de milho (%) por unidade de soja voluntária quando o valor da variável se aproxima de zero ou tende ao infinito, respectivamente; \* Significativo a  $p \leq 0,05$ .



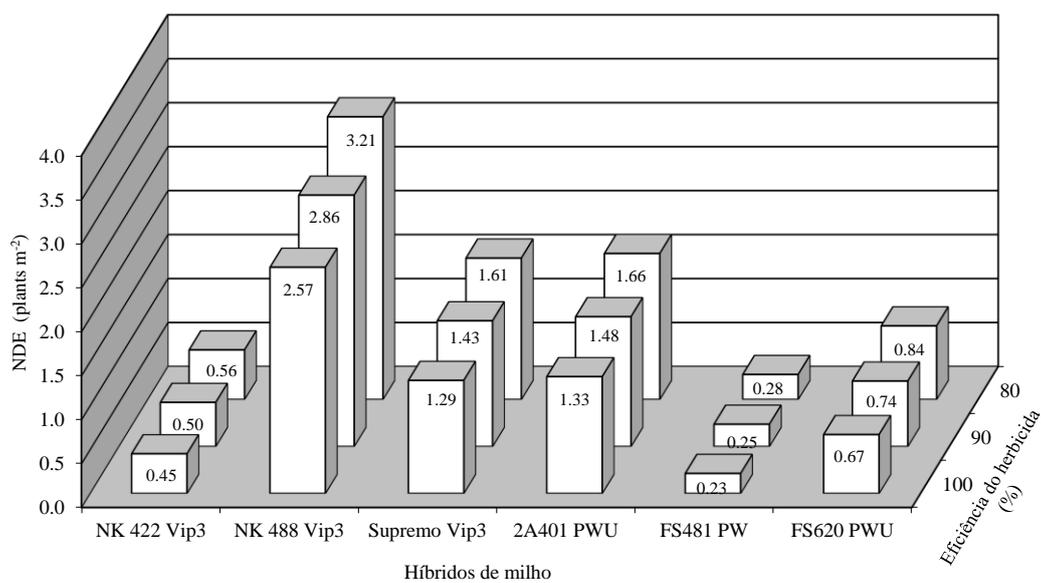
**Figura 1.** Nível de dano econômico (NDE) para milho em função da produtividade de grãos, densidades de plantas de soja voluntária (m<sup>2</sup>) e diferentes híbridos.



**Figura 2.** Nível de dano econômico (NDE) para milho em função do preço do milho, densidades de soja voluntária e diferentes híbridos.



**Figura 3.** Nível de dano econômico (NDE) para milho em função do custo de controle, densidades soja voluntária e diferentes híbridos.



**Figura 4.** Nível de dano econômico (NDE) para milho em função da eficiência do herbicida, densidades de soja voluntária e diferentes híbridos.