

Impacto do centeio como cobertura sobre a biomassa de plantas daninhas na cultura subsequente: metanálise

Impact of rye as a cover on weed biomass in the subsequent crop: meta-analysis

Impacto del centeno como cobertura sobre la biomasa de malezas en cultivos posteriores: meta-análisis

Recebido: 10/03/2022 | Revisado: 19/03/2022 | Aceito: 24/03/2022 | Publicado: 30/03/2022

Angelica Consoladora Andrade Manfron

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8316-6169>
Universidade de Passo Fundo, Brasil
E-mail: 126330@upf.br

Carlos Bondan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4827-2609>
Universidade de Passo Fundo, Brasil
E-mail: cbondan@upf.br

Renato Serena Fontaneli

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1970-4791>
Embrapa Trigo, Brasil
E-mail: renato.fontaneli@embrapa.br

Manuele Zeni

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0590-0000>
Universidade de Passo Fundo, Brasil
E-mail: zeni.manuele@gmail.com

Resumo

O centeio (*Secale cereale* L.) é uma cultura que apresenta dupla aptidão de uso, onde além da produção dos grãos pode ser usada para cobertura do solo, pois apresenta elevada relação C/N da palhada que pode auxiliar no controle de plantas daninhas. Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo avaliar através de modelos metanalíticos, se o centeio quando utilizado como cultura de cobertura diminui a incidência de plantas daninhas da área na cultura subsequente, e estimar a probabilidade de decréscimo quando comparado ao pousio. Foi realizada uma busca no banco de dados do “Google Scholar” usando os termos: “rye AND weed”, utilizando trabalhos em inglês ou em português publicados entre os anos de 2015 e 2020, que seguiam os critérios de inclusão pré-estabelecidos, dessa maneira, foram incluídas 11 publicações que totalizaram 26 estudos. Os resultados demonstram que, em média, a redução da biomassa de plantas daninhas proporcionada pelo centeio pode variar de 54,6% a 79,6% quando comparado ao pousio e que densidade de semeadura alta do centeio não proporciona o maior controle de plantas daninhas.

Palavras-chave: Acúmulo de matéria seca; Pousio; Cultura de cobertura.

Abstract

Rye (*Secale cereale* L.) is a crop that has dual aptitude of use, where in addition to the production of grains it can be used to cover the soil, as it has a high C / N ratio of the straw that can assist in the control of plants weed. Thus, this work aims to evaluate through metanalytical models, whether rye when used as a cover crop decreases the incidence of weeds in the area in the subsequent crop, and to estimate the likelihood of decrease when compared to fallow. A search was carried out in the “Google Scholar” database using the terms: “rye AND weed”, using works in English or Portuguese published between the years 2015 and 2020, which followed the pre-established inclusion criteria. In this way, 11 publications were included, totaling 26 studies. The results show that, on average, the reduction in weed biomass provided by rye can vary from 54.6% to 79.6% when compared to fallow and that high sowing density of rye does not provide the greatest weed control.

Keywords: Dry matter accumulation; Fallow; Cover crop.

Resumen

El centeno (*Secale cereale* L.) es un cultivo que tiene una doble aptitud de uso, donde además de la producción de grano puede ser utilizado para la cobertura del suelo, ya que tiene una alta relación C/N de paja que puede ayudar en el control de la planta. hierba Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo evaluar, a través de modelos metaanalíticos, si el centeno cuando se usa como cultivo de cobertura reduce la incidencia de malezas en el área en el cultivo posterior, y estimar la probabilidad de disminución en comparación con el barbecho. Se realizó una búsqueda

en la base de datos “Google Scholar” utilizando los términos: “rye AND weed”, utilizando trabajos en inglés o portugués publicados entre los años 2015 y 2020, que siguieron los criterios de inclusión preestablecidos, de esta forma se encontraron 11 publicaciones. incluidos, totalizando 26 estudios. Los resultados demuestran que, en promedio, la reducción de la biomasa de malezas proporcionada por el centeno puede variar de 54,6% a 79,6% en comparación con el barbecho y que la alta densidad de siembra de centeno no proporciona el mayor control de malezas.

Palabras clave: Acumulación de materia seca; Barbecho; Cultivo de cobertura.

1. Introdução

As plantas de cobertura são aquelas cultivadas quando as culturas comerciais não estão presentes na área, com a finalidade de proteger o solo e o uso dessas plantas pode ser um método estratégico para melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo e conseqüentemente pode auxiliar na diminuição de plantas daninhas na área (Nord et al., 2011).

Entre as plantas que podem ser utilizadas para cobertura está a cultura do centeio (*Secale cereale* L.), a qual tem como característica a alta produção de biomassa que pode ultrapassar 13 t.ha⁻¹ (Lehmen et al., 2014). Outro ponto positivo dessa cultura para a cobertura do solo é a elevada relação C/N da palhada de 34/1, quando comparado a outras espécies como a aveia (27/1), ervilha forrageira (14/1) e o nabo forrageiro (17/1) (Doneda et al., 2012), o que proporciona uma maior permanência dos resíduos da cultura no solo.

Alguns estudos que avaliam a incidência de plantas daninhas na área demonstram que a população dessas plantas em uma área é baixa quando a produção de biomassa da cultura de cobertura é alta (Brennan & Smith, 2005; Peachey et al. 2004). Hayden et al. (2012) e Rapp et al. (2004) mencionam que o centeio quando utilizado em cobertura pode proporcionar a supressão de plantas daninhas, e que isto está relacionado basicamente com a quantidade de biomassa acumulada na área por essa cultura (Nord et al., 2011). Com isso, buscamos compreender qual a influência do centeio como cultura de cobertura na incidência de plantas daninhas na cultura subsequente.

A elaboração deste trabalho foi através do auxílio da metanálise, pois, considera questões matemáticas, onde são agrupados vários estudos individuais a fim de obter resultados que melhorem as estimativas de precisão de um determinado efeito estudado. A metanálise é caracterizada também como sendo uma forma de revisão sistemática (Khoshdel et al., 2006). Até onde sabemos, não existe na literatura nenhuma outra metanálise comparando a utilização do centeio com o pousio e seus resultados de incidência de plantas daninhas quando utilizado como cultura de cobertura.

Diante do exposto, esse trabalho tem como objetivo avaliar através de modelos metanalíticos, se o centeio quando utilizado como cultura de cobertura diminui a biomassa de plantas daninhas da área, e estimar a probabilidade de decréscimo quando comparado ao pousio. Temos como hipótese que o centeio quando utilizado como cobertura do solo reduz a biomassa de plantas daninhas presentes na área quando comparado ao pousio.

2. Metodologia

2.1 Classificação da pesquisa (metanálise)

A pesquisa é do tipo descritiva explorativa, pelo fato que buscamos na literatura existente publicações para poder descrever o efeito da cultura do centeio utilizada como cultura de cobertura sobre a biomassa de plantas daninhas, consideramos também procedimentos técnicos bibliográficos, utilizando artigos originais e artigos de dissertações (Silveira & Córdova, 2009).

2.2 Busca na literatura

Foi realizada uma busca na literatura utilizando a ferramenta de busca “Google Scholar”

(<http://scholar.google.com.br/>) com os termos “rye AND weed”. Foram consideradas as publicações em inglês ou em português entre os anos de 2015 e 2020. Todas as pesquisas foram iniciadas e concluídas no dia 23 de abril de 2020.

2.3 Critérios para incluir uma publicação

Os critérios para seleção dos artigos foram determinados da seguinte forma:

- I) Resultados da pesquisa que relatam ou que forneçam dados suficientes para que se possa estimar a incidência e/ou controle de plantas daninhas no pousio e no tratamento (centeio como cultura de cobertura);
- II) Informações suficientes para que se possa estimar o desvio-padrão e/ou coeficiente de variação em porcentagem (%) nas variáveis analisadas;
- III) Estudos que forneçam a produção de biomassa do tratamento (centeio como cultura de cobertura) e do pousio;
- IV) Ensaios que apresentaram mais de duas repetições;
- V) Publicações que não trabalham apenas com determinadas espécies de planta daninhas, mas sim que abordavam a população geral de plantas daninhas da área, a fim de verificar o controle geral e não em apenas algumas espécies. Em alguns casos, os autores do estudo foram contatados para esclarecimentos;
- VI) Publicações que foram publicadas entre 2015 e 2020.

2.4 Seleção das publicações

Como resultado da busca foram localizadas 15.300 publicações, dentre essas foram analisadas as 20 primeiras páginas de busca da base de dados, ou seja, 200 publicações, e selecionados 45 destas como possivelmente aptas com o tema da metanálise. No entanto, 33 publicações selecionadas foram descartadas por não se adequarem aos critérios estabelecidos, e dessa forma, apenas 12 publicações foram selecionadas para o desenvolvimento desta metanálise.

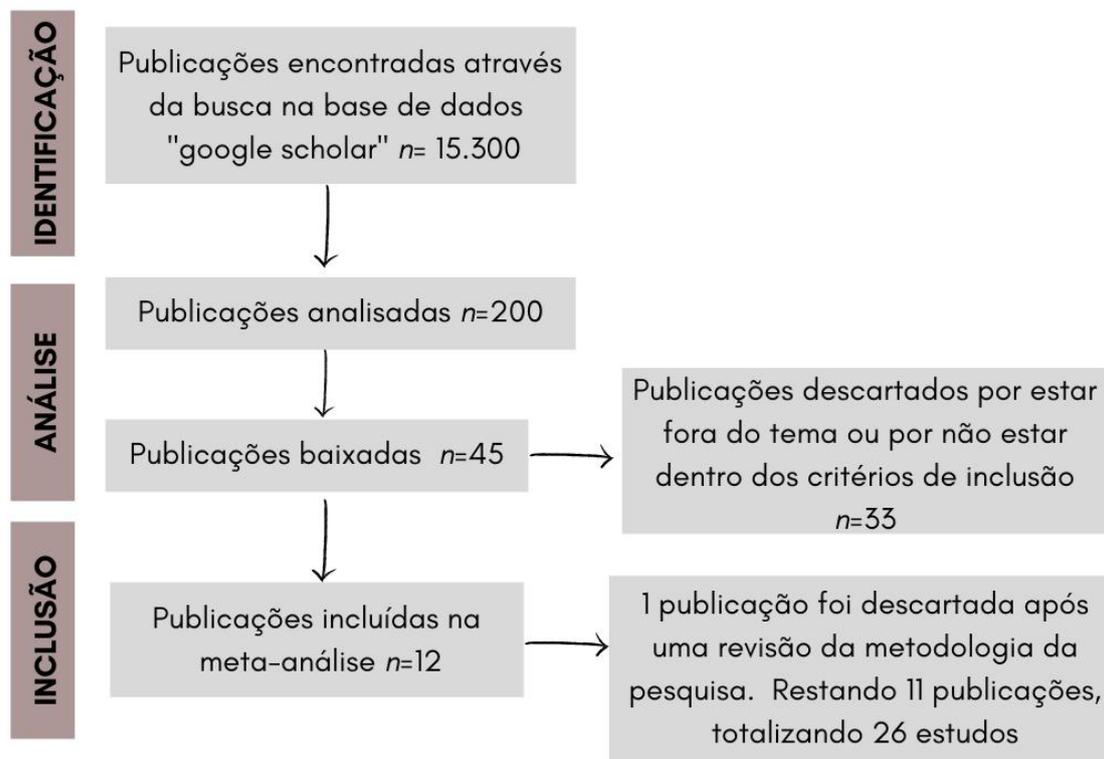
Após o início da parte estatística percebemos que um estudo se diferenciava dos demais, e ao realizar uma nova revisão na metodologia daquela publicação notamos que o mesmo analisava a biomassa de apenas uma espécie de planta daninha, não se adequando aos critérios de inclusão. Dessa forma, a publicação referida foi retirada da metanálise, restando 11 publicações (Tabela 1) ao total e resultando em 26 estudos (Figura 1).

Tabela 1. Lista das publicações utilizadas na metanálise.

Pub.	Estudos	Autores	Tipo de publicação	Revista Científica
4	10, 11	Baraibar et al. (2018)	Artigo	Weed Science
2	3 - 6	Boydston & Williams (2017)	Artigo	Renewable Agriculture and Food Systems
6	14	Crawford et al. (2018)	Artigo	Weed Science
10	24, 25	DeSimini (2019)	Dissertação	Faculty of Purdue University
8	17 - 20	Flood & Entz (2019)	Artigo	Canadian Journal of Plant Science
9	21 - 23	Hodgdon et al. (2016)	Artigo	Organic Agriculture & Agroecology
1	1, 2	Korres & Norsworthy (2015)	Artigo	Weed Science
11	26	Mehring et al. (2016)	Artigo	Agronomy
7	15, 16	Price et al. (2018)	Artigo	Weed Technology
5	12, 13	Werle et al. (2017)	Artigo	Canadian Journal of Plant Science
3	7 - 9	Zinati et al. (2017)	Artigo	Weed Technology

Pub = Publicação. Fonte: Autores (2022).

Figura 1. Esquema para seleção das publicações utilizadas na metanálise.



Fonte: Autores (2022).

Variância não-paramétrica

Em mais de 80% dos estudos utilizados na metanálise houve a falta de informações sobre as medidas de dispersão necessárias para o desenvolvimento da metanálise, como o desvio-padrão ou erro-padrão, e nem seus derivados que possibilitaria sua obtenção, o que também foi relatado por Augé et al. (2016). Dessa forma, optou-se por se basear na utilização da variância não-paramétrica que é um cálculo de ponderação que se baseia no tamanho da amostra para o desenvolvimento das análises estatísticas, na qual é amplamente utilizada por outros autores (Mehdi Nkebiwe et al., 2016; Augé et al., 2016; Shrestha et al., 2016).

Foi necessária a transformação do log para os dados visando manter o equilíbrio dos efeitos positivos e negativos da metanálise (Borenstein et al., 2009). A ponderação dos resultados individuais dos estudos usando a variância não-paramétrica foi realizada seguindo a fórmula a fim de verificar o tamanho do efeito:

$$V_{lnR} = \frac{(n_t + n_c)}{(n_t \times n_c)}$$

onde: V_{lnR} é a variação natural do logaritmo da razão, n_t é o tamanho da amostra do tratamento (número de repetições) e n_c é o tamanho da amostra do controle (número de repetições) (Augé et al., 2016). Houve estudos que consistiam em apenas um grupo de controle (testemunha) para todos os tratamentos apresentados, e devido a isto, realizou-se uma ponderação onde foi dividido o tamanho da amostra do controle entre a média dos tratamentos, como exemplo se um estudo apresentava 3 tratamentos e 1 controle e ambos com 4 repetições, foi dividido o tamanho da amostra do controle (4) por três que é o número de tratamentos (Shrestha et al., 2016).

A utilização da variância não-paramétrica foi necessária pois se excluíssemos todos os artigos que não continham as

medidas de dispersão necessária haveria uma perda da qualidade do trabalho apresentado.

Outro ponto em que houve a necessidade de alteração foi quando encontrados valores de zero nos dados da tabela, apesar de ser um número verdadeiro e que representa o valor obtido, o mesmo é matematicamente impossível de ser adicionada à metanálise visto que não é possível calcular o logaritmo natural de zero, assim optamos por adicionar um valor fixo de 0,000001.

2.5 Pré-análise

Foram realizadas análises preliminares dos dados para conferência de sua normalidade através de histogramas onde foi possível concluir a necessidade de calcular o logaritmo natural da razão para a variável estudada (biomassa de plantas daninhas) com o objetivo de alcançar a normalidade dos dados, sendo o mesmo utilizado como medida de efeito para as análises através da fórmula:

$$\ln R = \ln \left(\frac{\text{média do tratamento}}{\text{média do controle}} \right)$$

onde: $\ln R$ ou \ln é o logaritmo natural da razão.

2.6 Heterogeneidade e variáveis moderadoras

As análises estatísticas da metanálise foram realizadas no programa estatístico Rstudio, utilizando os pacotes estatísticos metafor, métrics e metaviz (R Core Team, 2019).

Foi utilizado o modelo de efeitos aleatórios para todas as análises, pois assumimos que há heterogeneidade entre os estudos e esse modelo pressupõe que o efeito de interesse não é o mesmo em todos os estudos. O modelo de efeitos fixos considera um mesmo valor ou efeito verdadeiro para todos os estudos, enquanto que o aleatório não, ele assume que o mesmo varia entre os estudos (Shrestha et al., 2016).

Para determinar o impacto da heterogeneidade da estimativa global, foi calculado o índice I^2 proposto por Higgins & Thompson (2002), o qual indica o nível de heterogeneidade presente na metanálise. Essa estatística se baseia em uma escala de 0% a 100%, onde quanto mais próximo de 100% mais alto a heterogeneidade entre os estudos, mas já acima de 50% é considerado que a heterogeneidade é moderada interpretativamente (Higgins et al., 2003; Higgins & Thompson, 2002) e então representa um indicativo de inconsistência entre os resultados dos estudos (Zangiacomi Martinez, 2007).

O grau de heterogeneidade foi calculado diretamente no programa estatístico. Foi verificado através do viés de publicação, se a amostra do estudo é representativa ou não, visto que muitos autores tendem a não enviarem seus trabalhos para a publicação se o resultado não for considerado interessante para os periódicos, a fim de evitar a rejeição pelo mesmo, dessa forma, corre-se o risco de superestimar o tamanho de um efeito (Guyatt et al., 2011).

Tendo grande preocupação, pois há possibilidade de que diferenças significativas de tratamento sejam mais prováveis de serem publicadas do que as não significativas (Shrestha et al., 2016) e pelo fato do viés de publicação tende a ser mais presente em revisões de literatura (Borenstein et al., 2009). A verificação do viés de publicação foi feita através do gráfico de funil (funnel plot) onde é suposto que os tamanhos de efeito observados com erro padrão semelhante fiquem simetricamente distribuídos em torno do tamanho do efeito (Hak et al., 2016).

Foi realizada também a separação dos dados pela análise das variáveis mediadoras, com o objetivo de explorar melhor a heterogeneidade. A produção de biomassa final da cobertura do centeio e a quantidade inicial de sementes de centeio utilizada para a semeadura foram consideradas como as variáveis moderadoras desta metanálise.

As variáveis moderadoras foram subdivididas em classes, sendo que para a produção de biomassa final da cobertura do centeio foram determinadas a separação nas classes baixa (de 0 a 4,9 t.ha⁻¹), média (de 5 a 10 t.ha⁻¹) e alta (acima de 10,1

t.ha⁻¹). Para a quantidade inicial de sementes de centeio utilizadas na semeadura as classes ficaram em baixa (de 0 a 80 kg.ha⁻¹), média (de 81 a 100 kg.ha⁻¹) e alta (acima de 101 kg.ha⁻¹).

As moderadoras foram determinadas com o objetivo de compreender melhor o resultado final, levando em conta que a quantidade de semente pode interferir no desempenho da cultura no campo, e que a produção final de biomassa pode afetar na cobertura do solo proporcionada pela cultura.

3. Resultados e Discussão

Dos 26 estudos finais utilizados para a composição da metanálise aproximadamente 38% destes foram realizados segundo Kottek et al. (2006) em clima considerado de neve, verão quente totalmente úmido (Dfb), seguidos pelos trabalhos realizados no mesmo tipo de clima mas, com verão quente totalmente úmido (Dfa) que totalizaram 7 estudos (26,9%). O clima temperado quente de verão quente totalmente úmido (Cfa) característico do sul do Brasil, teve 23% de participação em estudos dessa metanálise, totalizando 6 estudos apenas.

O centeio tem como característica se sobressair em relação aos demais cereais de inverno, pois consegue iniciar sua atividade fisiológica de crescimento a partir de 0°C, enquanto que os cereais como a aveia necessitam de temperaturas acima de 4,4°C (Shiple et al., 1992). Facilitando seu sucesso em áreas com o clima Dfb, por exemplo, onde em apenas quatro meses do ano a temperatura do ar fica acima de 10°C (Beck et al., 2018). Sendo possível que o centeio responda de forma diferente em relação à mudança climática (Mirsky et al., 2017).

Portanto, mais de 80% dos estudos foram realizados nos Estados Unidos da América, ou seja, 22 estudos da metanálise foram oriundos desse país dos seus mais variados estados, e apenas quatro estudos foram desenvolvidos no Canadá. Um fator interessante é que dos mais de 193 países existentes, 67 destes apresentaram área plantada com essa cultura no ano de 2018 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020), apenas dois tiveram estudos selecionados e que se adequaram aos critérios de inclusão, um dos aspectos causadores desse baixo número de estudos é a falta das medidas de dispersão nos estudos publicados, caracterizando uma das falhas que foram encontradas em diversos artigos de outros países que apresentavam resultados interessantes, mas, sem as devidas medidas de dispersão o que inviabiliza seu uso para metanálise.

Em todos os estudos apenas cinco cultivares de centeio foram descritas por suas referidas publicações sendo elas: Aroostook, Hirye 500, Pro Max, Remington e Wrens Abruzzi. Em quase 20% dos estudos a cultivar não foi descrita, o que também revela uma falha na metodologia escrita.

De todas as cultivares reportadas nas publicações, Aroostook ($n = 7$) foi utilizada na maioria delas representando quase 27% da totalidade dos estudos. Essa cultivar foi lançada em 1981 e selecionada para seu uso como planta de cobertura no estado de Nova York, EUA, apresentando resultados positivos como cobertura do solo, tendo como característica boa germinação e bom crescimento inicial sob temperaturas mais baixas (USDA-Natural Resources Conservation & Service, 2015). Por ser uma cultivar desenvolvida com a finalidade de uso para a cobertura do solo é explicado o seu maior uso nos estudos encontrados.

Com o desenvolvimento das análises preliminares, conseguimos obter o total de biomassa final produzida pela cultura do centeio quando usada para cobertura em mais de 57% dos estudos ($n = 15$), demonstraram uma produção baixa dessa cobertura, menor que 4,9 t.ha⁻¹, o que pode interferir no futuro controle de plantas daninhas. Em apenas 11,5% ($n = 3$) essa produção passou das 10,1 t.ha⁻¹, sendo assim considerada uma produção de biomassa alta que é o desejável para uma boa cobertura do solo. Smith et al. (2011) destacam que para um controle eficiente de plantas daninhas é necessário que a biomassa de centeio fique em torno de 9 t.ha⁻¹, mas essa variação pode ser de 8 a 10 t.ha⁻¹ para outros autores (Teasdale & Mohler, 2000;

Ryan et al., 2011b).

Foi verificado também o viés de publicação através do gráfico de funil, que é a tendência que os resultados publicados não conferirem a realidade (Gomes Pereira & Galvão, 2014). Devido ao uso da variância não-paramétrica e o tamanho da amostra ser pequeno não houve viés de publicação e os estudos se localizaram na base do funil.

Após a realização dos testes preliminares e todas as correções, a metanálise com o conjunto completo dos dados apresentou heterogeneidade acima de 50% de acordo com a estatística do I^2 que indica qual foi a porcentagem total de variação entre todos os estudos envolvidos de acordo com a heterogeneidade entre estes (Zangiacomi Martinez, 2007).

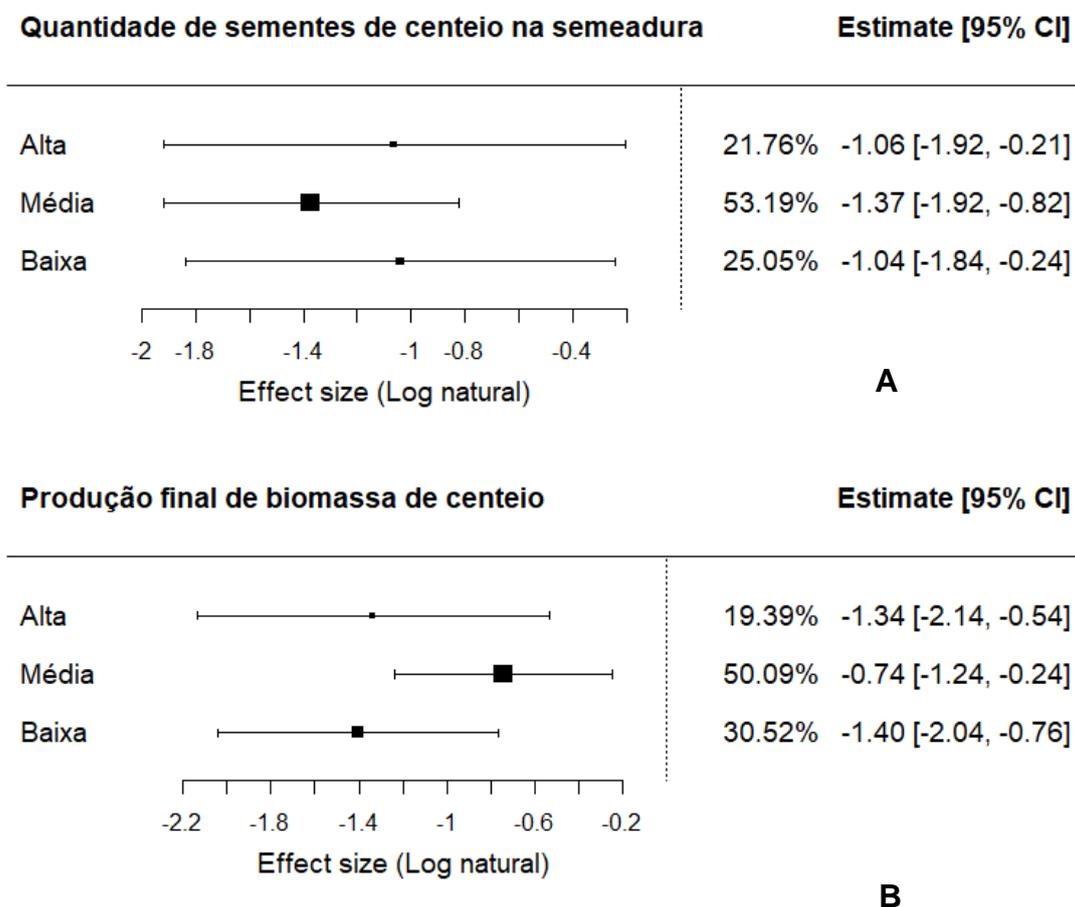
Neste trabalho, o valor de I^2 ficou próximo a 53% apresentando intervalos de confiança que variaram de 23,34% a 75,66% (Tabela 2) e devido a isto, buscamos explorar essa heterogeneidade através do uso de variáveis moderadoras, como a quantidade de sementes utilizadas para o estabelecimento do centeio em cada estudo e a produção final de biomassa dessa cultura (Figura 2).

Tabela 2 - Teste de heterogeneidade de acordo com as moderadoras estudadas na metanálise.

Analysis	Number of studies	Heterogeneity test			I^2 % (95% CI)
		Q		P	
All studies	26	2,74	5	0,001 *	52,60 (23,34 - 75,66)
Low seed quantity	7	3,42	1	0,04 *	55,25 (15,88 - 78,66)
Average seed quantity	11	7,25	1	0,07 ns	40,43 (14,66 - 44,04)
High seed quantity	8	0,87	2	< 0,01 *	66,17 (14,66 - 81,05)
Low rye biomass	15	2,58	4	< 0,01 *	67,36 (13,00 - 46,76)
Medium rye biomass	8	4,9		0,67 ns	0,00 (28,93 - 78,66)
High rye biomass	3	1,08		0,58 ns	0,00 (11,76 - 58,27)

SE: Standart error Fonte: Autores (2022).

Figura 2 - A. Forest plot da classificação da quantidade de sementes da cultura do centeio utilizada em cada estudo (Baixa: de 0 a 80; Média: de 81 a 100; Alta: acima de 101 kg.ha⁻¹). B. Forest plot da classificação da produção total de biomassa da cultura do centeio em cada estudo (Baixa: de 0 a 4,9; Média: de 5 a 10; Alta: acima de 10,1 tn.ha⁻¹). Valores em porcentagem representam a contribuição de cada classe no resultado final.



Fonte: Autores (2022).

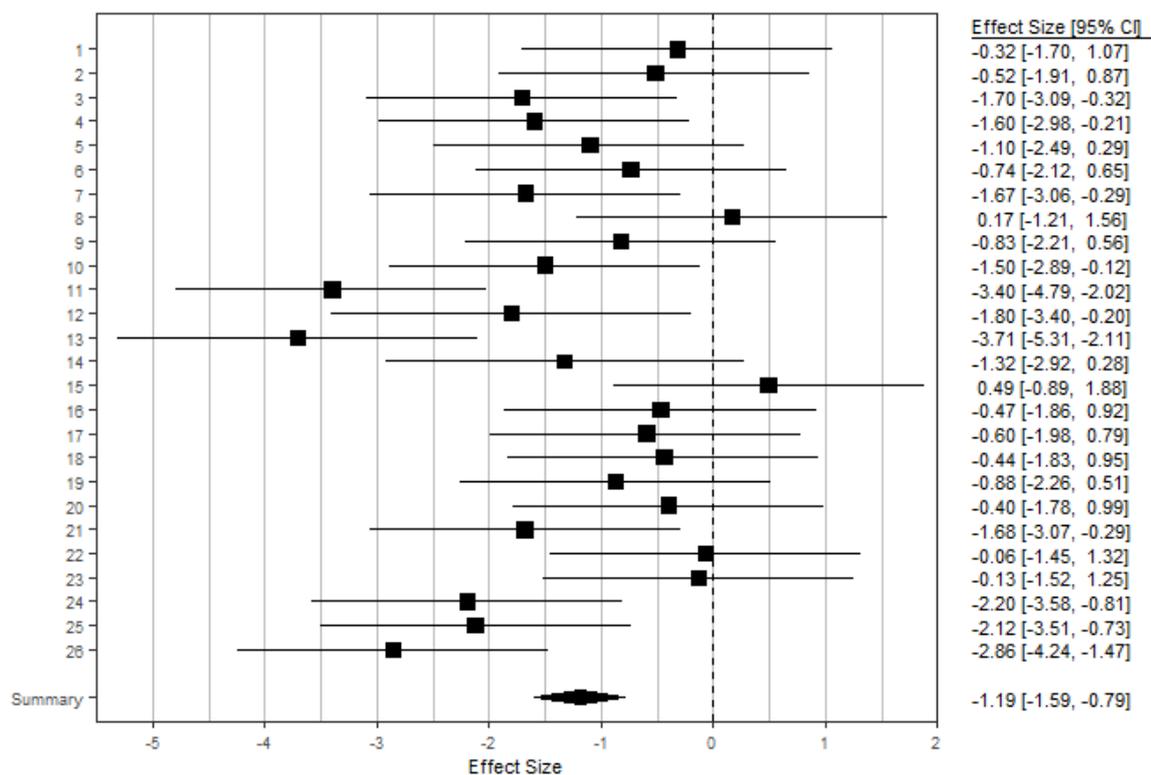
Pelo fato comprovado que os dados dos estudos não apresentaram homogeneidade, o modelo de efeitos aleatórios foi o mais adequado para evitar a geração de resultados que não representassem a realidade. Mas esse modelo acaba fazendo com que a contribuição relativa de cada estudo se torne iguais, fato que conferido nesta metanálise (Moayyedi, 2004). Pelo uso da variância não-paramétrica, com exceção dos estudos 18, 19 e 20 que a contribuição foi de 2,97%, os demais todos apresentaram contribuição de 3,96%.

Quando analisado o conjunto de todos os estudos (Figura 2), é perceptível que houve efeito significativo apenas em 11 dos 26 estudos analisados, e esse efeito é negativo, mostrando que a utilização do centeio como cultura de cobertura, faz com que ocorra uma diminuição na biomassa de plantas daninhas presentes na área quando comparado ao pousio, fator que é o desejado. Mas de forma geral a metanálise mostrou um efeito negativo significativo quando analisado todos os estudos encontrados (Figura 3). Não constatamos nenhum estudo com efeito positivo significativo, entre os artigos selecionados que pudesse concluir que o efeito da cultura do centeio quando utilizada para cobertura proporciona um aumento na biomassa de plantas daninhas.

Os resultados demonstram que, em média, a biomassa de plantas daninhas é reduzida em 69,5% (IC 54,6% a 79,6%) quando utilizado o centeio como cultura de cobertura (Figura 3). Assim como ocorreu com a biomassa e população de

Amarantus tuberculatus e *Setaria faberi*, que diminuíram sob a cobertura do centeio (Davis, 2010). Ao comparar a cobertura do centeio, com a cobertura proporcionada por canola ou rabanete, o centeio é o que proporciona a menor biomassa de plantas daninhas (Crawford et al., 2018).

Figura 3 - Forest plot mostrando a influência diferencial do centeio como cultura de cobertura na biomassa de plantas daninhas na cultura subsequente, utilizando o modelo de efeitos aleatórios para todos os estudos analisados e o logaritmo natural como medida de efeito.



Fonte: Autores (2022).

Para a produção final de biomassa de centeio a heterogeneidade para as categorias média e alta se mostraram zeradas, indicando a falta de heterogeneidade entre os estudos de cada uma dessas categorias, sendo explicado pelo baixo número de estudos de cada categoria, e que possivelmente foram originados da mesma publicação, fazendo com que não houvesse diferença significativa para as duas categorias (Tabela 1).

Em relação à quantidade de sementes de centeio utilizada, quando a mesma foi de até 80 kg.ha⁻¹ a redução foi de 64,6% na biomassa de daninhas e relação ao pousio. Quando a quantidade é alta (acima de 100 kg.ha⁻¹) a redução variou pouco ficando em 65,3%, mas em quantidades médias que vão de 81 a até 100 kg.ha⁻¹ foi onde apresentou uma redução maior de aproximadamente 74,5%. Assim, o aumento na quantidade de sementes de centeio utilizadas no plantio não representa um aumento no controle de plantas daninhas, sendo que já foi comprovado que a densidade de semeadura não influencia no acúmulo de biomassa do centeio (Ryan et al., 2011a; Webster et al., 2016).

Em estudos com aveia-preta não foi encontrado diferença significativa entre as densidades de semeadura quando analisado o rendimento de matéria seca (Flaresso et al., 2001). Outro estudo, com ervilhaca, indica que nem sempre a maior quantidade de sementes resulta na maior quantidade de massa seca, visto que isso pode ocorrer devido à arquitetura das plantas, onde o hábito prostrado pode favorecer um maior sombreamento do dossel, fazendo com que ocorra um menor

acúmulo de massa seca, outro fator é que a densidade elevada de sementes pode proporcionar uma maior competição pelas plantas (Ortiz et al., 2015).

Ryan et al. (2011a) não encontraram alteração na produção de biomassa de centeio com a densidade de semeadura variando de 90 a 210 kg.ha⁻¹, densidades que estariam entre a classe média e acima da classe alta nesta metanálise. Quando o centeio é semeado com valores considerados médios (100 kg.ha⁻¹) também apresenta capacidade de produzir acima de 10 t.ha⁻¹ (Webster et al., 2016).

Para todas as classes de quantidade de sementes utilizadas (baixa, média e alta) houve um efeito negativo significativo como resultado desta metanálise, sendo na classificação alta que encontramos o maior intervalo de confiança que variou de 18,9% até 85,3% o que demonstra uma grande variabilidade dos dados.

Ao ver a produção final de biomassa da cobertura proporcionada pelo centeio, todas as classes (produção baixa, média e alta) tiveram efeito negativo significativo para esta metanálise, mostrando que independente da produção de centeio a biomassa de plantas daninhas é reduzida. Tendo destaque a baixa produção de biomassa de centeio, ou seja, até 4,9 t.ha⁻¹, que apresentou um melhor controle de plantas daninhas, chegando a uma redução de até 75% da biomassa de plantas daninhas, o que contrapõe alguns estudos onde demonstram que a maximização da biomassa do centeio aumenta a supressão de plantas daninhas (Smith et al., 2011).

Já a produção de biomassa considerada alta (> 10,1 t.ha⁻¹) apresentou uma redução similar, chegando a 73,8%. Assim como para a quantidade de sementes o maior intervalo de confiança para a produção de centeio é quando a mesma é alta, onde a redução foi de 41,7 % a 88,2%.

A menor redução da biomassa de plantas daninhas foi encontrada na classificação média (5 a 10 t.ha⁻¹) de biomassa final de centeio, que foi de 53,2% de redução da biomassa das plantas infestantes. E quando avaliado apenas a emergência de *Amaranthus palmeri*, a mesma também foi reduzida em 50% quando a biomassa do centeio foi de 5,2 t.ha⁻¹ (Webster et al., 2016). No entanto, há estudos que apresentam uma redução exponencial na biomassa de plantas daninhas em função do aumento da biomassa da cultura do centeio (Ryan et al., 2011b).

4. Conclusão

Com base nos resultados deste trabalho, pode-se concluir que o centeio quando utilizado como cultura de cobertura proporciona redução significativa na biomassa de plantas daninhas em geral, quando comparado ao pousio. Independentemente da quantidade de sementes utilizadas na semeadura e da produção de biomassa final produzida pelo centeio à redução ocorre. Com base nisso, percebemos que em estudos futuros pode ser analisado se essa redução leva em conta a espécie de planta daninha presente na área e como a cobertura de centeio atua nessa diminuição da biomassa final de plantas daninhas.

Referências

- Augé, R. M., Toler, H. D., & Saxton, A. M. (2016). Mycorrhizal Stimulation of Leaf Gas Exchange in Relation to Root Colonization, Shoot Size, Leaf Phosphorus and Nitrogen: A Quantitative Analysis of the Literature Using Meta-Regression. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1-16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01084>
- Baraibar, B., Hunter, M. C., Schipanski, M. E., Hamilton, A., & Mortensen, D. A. (2018). Weed Suppression in Cover Crop Monocultures and Mixtures. *Weed Science*, 66 (1), 121-133. <https://doi.org/10.1017/wsc.2017.59>
- Beck, H. E., Zimmermann, N. E., Mcvicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Data Descriptor: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Background & Summary*, 5(180214), 1-12. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to Meta-Analysis*. https://books.google.com.br/books?id=JQg9jdrq26wC&lr=&hl=pt-BR&source=gbs_navlinks_s
- Boydston, R. A., & Williams, M. M. (2017). No-till snap bean performance and weed response following rye and vetch cover crops. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 32 (5), 463-473. <https://doi.org/10.1017/S1742170516000405>

- Brennan, E. B., & Smith, R. F. (2005). Winter Cover Crop Growth and Weed Suppression on the Central Coast of California I. *Weed Technology*, 19 (4), 1017-1024. <https://doi.org/10.1614/wt-04-246r1.1>
- Crawford, L. E., Williams, M. M., & Wortman, S. E. (2018). An early-killed rye (*Secale cereale*) cover crop has potential for weed management in edamame (*Glycine max*). *Weed Science*, 66 (4), 502-507. <https://doi.org/10.1017/wsc.2018.5>
- Davis, A. S. (2010). Cover-Crop Roller-Crimper Contributes to Weed Management in No-Till Soybean. *Weed Science*, 58 (3), 300-309. <https://doi.org/10.1614/ws-d-09-00040.1>
- DeSimini, S. A. (2019). Evaluation of Weed Suppression and Termination Timings of Cereal Rye (*Secale cereale* L.) and Canola (*Brassica napus* L.) as Winter Cover Crops in Indiana. <https://doi.org/10.25394/PGS.8026367.V1>
- Doneda, A., Aita, C., Giacomini, S. J., Miola, E. C. C., Giacomini, D. A., Schirmann, J., & Gonzatto, R. (2012). Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36 (6), 1714-1723. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000600005>
- Flaesso, J. A., Gross, C. G., & Almeida, E. X. de. (2001). Época e Densidade de Semeadura de Aveia Preta (*Avena strigosa* Schreb.) e Azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) no Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 1969-1974. <https://www.scielo.br/pdf/rbz/v30n6s0/7406.pdf>
- Flood, H. E., & Entz, M. H. (2019). Effects of a fall rye cover crop on weeds and productivity of Phaseolus beans. *Canadian Journal of Plant Science*, 99 (1), 22-33. <https://doi.org/10.1139/cjps-2018-0161>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. ([s.d.]). FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Gomes Pereira, M., & Galvão, T. F. (2014). Heterogeneity and publication bias in systematic reviews. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, 23 (4), 775-778. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742014000400021>
- Guyatt, G. H., Oxman, A. D., Montori, V., Vist, G., Kunz, R., Brozek, J., Alonso-Coello, P., Djulbegovic, B., Atkins, D., Falck-Ytter, Y., Williams, J. W., Meerpohl, J., Norris, S. L., Akl, E. A., & Schünemann, H. J. (2011). GRADE guidelines: 5. Rating the quality of evidence - Publication bias. *Journal of Clinical Epidemiology*, 64 (12), 1277-1282. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2011.01.011>
- Hak, T., Van Rhee, H., & Suurmond, R. (2016). How to interpret results of meta-analysis. www.ericim.nl/research-
- Hayden, Z. D., Brainard, D. C., Henshaw, B., & Ngouajio, M. (2012). Winter Annual Weed Suppression in Rye-Vetch Cover Crop Mixtures. *Weed Technology*, 26 (4), 818-825. <https://doi.org/10.1614/wt-d-12-00084.1>
- Higgins, J. P. T., & Thompson, S. G. (2002). Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. *Statistics in Medicine*, 21 (11), 1539-1558. <https://doi.org/10.1002/sim.1186>
- Higgins, J. P. T., Thompson, S. G., Deeks, J. J., & Altman, D. G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. In *British Medical Journal*, 327 (7414), 557-560. BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bmj.327.7414.557>
- Hodgdon, E. A., Warren, N. D., Smith, R. G., & Sideman, R. G. (2016). In-Season and Carry-Over Effects of Cover Crops on Productivity and Weed Suppression. *Agronomy Journal*, 108 (4), 1624-1635. <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0419>
- Khoshdel, A., Attia, J., & Carney, S. L. (2006). Basic concepts in meta-analysis: a primer for clinicians. *International Journal of Clinical Practice*, 60 (10), 1287-1294. <https://doi.org/10.1111/j.1742-1241.2006.01078.x>
- Korres, N. E., & Norsworthy, J. K. (2015). Influence of a Rye Cover Crop on the Critical Period for Weed Control in Cotton. *Weed Science*, 63 (1), 346-352. <https://doi.org/10.1614/ws-d-14-00075.1>
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15 (3), 259-263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- Lehmen, R. I., Fontaneli, R. S., Fontaneli, R. S., & Santos, H. P. dos. (2014). Rendimento, valor nutritivo e características fermentativas de silagens de cereais de inverno. *Ciência Rural*, 44 (7), 1180-1185. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130840>
- Mehdi Nkebiwe, P., Weinmann, M., Bar-Tal, A., & Müller, T. (2016). Fertilizer placement to improve crop nutrient acquisition and yield: A review and meta-analysis. *Field Crops Research*, 196, 389-401. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.07.018>
- Mehring, G. H., Stenger, J. E., & Hatterman-Valenti, H. M. (2016). Weed Control with Cover Crops in Irrigated Potatoes. *Agronomy*, 6 (1), 3. <https://doi.org/10.3390/agronomy6010003>
- Mirsky, S. B., Spargo, J. T., Curran, W. S., Reberg-Horton, S. C., Ryan, M. R., Schomberg, H. H., & Ackroyd, V. J. (2017). Characterizing Cereal Rye Biomass and Allometric Relationships across a Range of Fall Available Nitrogen Rates in the Eastern United States. *Agronomy Journal*, 109 (4), 1520-1531. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.09.0557>
- Moayyedi, P. (2004). Meta-analysis: Can we mix apples and oranges?. *American Journal of Gastroenterology*, 99 (12), 2297-2301. <https://doi.org/10.1111/j.1572-0241.2004.40948.x>
- Nord, E. A., Curran, W. S., Mortensen, D. A., Mirsky, S. B., & Jones, B. P. (2011). Integrating Multiple Tactics for Managing Weeds in High Residue No-Till Soybean. *Agronomy Journal*, 103 (5), 1542-1551. <https://doi.org/10.2134/agronj2011.0024>
- Ortiz, S., Newton, T., Ii, M., Da, M., Brum, S., Nathália, I. I., Nunes, V., Jessica, I. I., Leivas, D., Ii, S., Luiz, R., & Ii, L. (2015). Densidade de sementeira de duas espécies de ervilhaca sobre caracteres agrônômicos e composição bromatológica. *Ciência Rural*, 45(2), 245-251. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140291>

- Peachey, R. E., William, R. D., & Mallory-Smith, C. (2004). Effect of No-Till or Conventional Planting and Cover Crops Residues on Weed Emergence in Vegetable Row Crop. *Weed Technology*, 18 (4), 1023-1030. <https://doi.org/10.1614/wt-03-205r>
- Price, A. J., Korres, N. E., Norsworthy, J. K., & Li, S. (2018). Influence of a Cereal Rye Cover Crop and Conservation Tillage on the Critical Period for Weed Control in Cotton. *Weed Technology*, 32 (6), 683-690. <https://doi.org/10.1017/wet.2018.73>
- Rapp, H. S., Bellinder, R. R., Wien, H. C., & Vermeylen, F. M. (2004). Reduced Tillage, Rye Residues, and Herbicides Influence Weed Suppression and Yield of Pumpkins. *Weed Technology*, 18 (4), 953-961. <https://doi.org/10.1614/wt-03-136r>
- R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Ryan, M. R., Curran, W. S., Grantham, A. M., Hunsberger, L. K., Mirsky, S. B., Mortensen, D. A., Nord, E. A., & Wilson, D. O. (2011). Effects of Seeding Rate and Poultry Litter on Weed Suppression from a Rolled Cereal Rye Cover Crop. *Weed Science*, 59 (3), 438-444. <https://doi.org/10.1614/ws-d-10-00180.1>
- Ryan, M. R., Mirsky, S. B., Mortensen, D. A., Teasdale, J. R., & Curran, W. S. (2011). Potential Synergistic Effects of Cereal Rye Biomass and Soybean Planting Density on Weed Suppression. *Weed Science*, 59 (2), 238-246. <https://doi.org/10.1614/ws-d-10-00110.1>
- Shipley, P. R., Messinger, J. J., & Decker, A. M. (1992). Conserving Residual Corn Fertilizer Nitrogen with Winter Cover Crops. *Agronomy Journal*, 84 (5), 869-876. <https://doi.org/10.2134/agronj1992.00021962008400050020x>
- Shrestha, U., Augé, R. M., & Butler, D. M. (2016). A Meta-Analysis of the Impact of Anaerobic Soil Disinfestation on Pest Suppression and Yield of Horticultural Crops. *Frontiers in Plant Science*, 7 (AUG2016), 1254. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01254>
- Silveira, D. T., & Códova, F. P. (2009). A pesquisa científica. In: Gerhardt, T. A., & Silveira, D. T. (org). Métodos de pesquisa. SEAD/UFRGS.
- Smith, A. N., Reberg-Horton, S. C., Place, G. T., Meijer, A. D., Arellano, C., & Mueller, J. P. (2011). Rolled Rye Mulch for Weed Suppression in Organic No-Tillage Soybeans. *Weed Science*, 59 (2), 224-231. <https://doi.org/10.1614/ws-d-10-00112.1>
- Teasdale, J. R., & Mohler, C. L. (2000). The quantitative relationship between weed emergence and the physical properties of mulches. *Weed Science*, 48 (3), 385-392. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2000\)048\[0385:TQRBWE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048[0385:TQRBWE]2.0.CO;2)
- USDA-Natural Resources Conservation, & Service. (2015). Citation Release Brochure for Aroostook cereal rye (*Secale cereale* L.). <http://www.nrcs.usda.gov/>
- Webster, T. M., Simmons, D. B., Culpepper, A. S., Grey, T. L., Bridges, D. C., & Scully, B. T. (2016). Factors affecting potential for Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) suppression by winter rye in Georgia, USA. *Field Crops Research*, 192, 103-109. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.04.020>
- Werle, R., Burr, C., & Blanco-Canqui, H. (2017). Cereal Rye Cover Crop Suppresses Winter Annual Weeds. *Canadian Journal of Plant Science*, 98 (2), CJPS-2017-0267. <https://doi.org/10.1139/CJPS-2017-0267>
- Zangiacomi Martinez, E. (2007). Metanálise De Ensaios Clínicos Controlados Aleatorizados: Aspectos Quantitativos Meta-Analysis Of Randomized Controlled Trials: Quantitative Aspects. *Medicina*, 40 (2), 223-235. <http://www.fmrp.usp.br/revista>
- Zinati, G. M., Seidel, R., Grantham, A., Moyer, J., Ackroyd, V. J., & Mirsky, S. B. (2017). High-residue cultivation timing impact on organic no-till soybean weed management. *Weed Technology*, 31 (2), 320-329. <https://doi.org/10.1017/wet.2016.24>