

SECRETARIA DA EDUCAÇÃO
20ª COORDENADORIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO
ESCOLA ESTADUAL TÉCNICA CELESTE GOBBATO

Kaline Fail Rauch
Mário Fellipe Fabris dos Santos
Matheus Martins Hengel

**IMPACTO NA PRODUÇÃO DE LINHAÇA E QUALIDADE DO
ÓLEO EM DIFERENTES MANEJOS DE NITROGÊNIO**

Palmeira das Missões, RS
2022

Kaline Fail Rauch
Mário Fellipe Fabris dos Santos
Matheus Martins Hengel

**IMPACTO NA PRODUÇÃO DE LINHAÇA E QUALIDADE DO ÓLEO EM
DIFERENTES MANEJOS DE NITROGÊNIO**

Trabalho de iniciação científica do curso Técnico em Agropecuária da Escola Estadual Técnica Celeste Gobbato como requisito parcial para apresentação em mostras e feiras.

Orientadora: Carine Meier

Palmeira das Missões, RS
2022

DEDICATÓRIA

Dedicamos este projeto para todas as pessoas que estão desenvolvendo a cadeia produtiva da linhaça. A minha família, pelo amor, carinho e apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, que nos proporciona o dom da Vida e por sempre me proporcionar saúde e força.

Aos nossos pais, pelo apoio incondicional, confiança depositada, por me proporcionarem educação e humildade. Pelas orações, compreensão nos momentos de ausência e pelos valiosos conselhos.

À nossa orientadora Ma.Carine Meir pela enorme oportunidade de ingressar no projeto, pela valiosa orientação e confiança depositada em nós.

Aos nossos amigos, pela amizade, pelas discussões, incentivo e apoio e aos colegas.

A Escola Estadual Tecnica Celeste Gobbato, pela possibilidade da realização desse projeto.

Muito obrigado!

RESUMO

IMPACTO NA PRODUÇÃO DE LINHAÇA E QUALIDADE DO ÓLEO EM DIFERENTES MANEJOS DE NITROGÊNIO

AUTORES: Kaline Fail Rauch; Mário Fellipe Fabris dos Santos; Matheus Martins Hengel

ORIENTADORA: Carine Meier

A linhaça (*Linum usitatissimum* L.) é uma semente oleaginosa, que vem sendo utilizada como alimento funcional pelos grãos possuem propriedades com atividade antioxidante, atuando na eliminação de radicais livres ou estimulando o sistema imune, é o alimento de origem vegetal mais rico em ácidos graxos do tipo ômega-3, com quantidades elevadas de fibras, proteínas e compostos fenólicos. A utilização de alimentos com o intuito de reduzir os riscos de doenças é conhecida há milhares de anos, neste sentido há um interesse crescente na utilização da linhaça. Assim, para maximizar a produção uma prática agrônômica muito utilizada é a adubação nitrogenada na cultura. Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes doses de nitrogênio sobre a produção de grãos, bem como a qualidade do óleo de linhaça marrom e dourada. O experimento foi conduzido na safra agrícola 2021/2022 na Escola Estadual Técnica Celeste Gobbato, localizada no município de Palmeira das Missões – RS entre os meses de junho a novembro de 2021. A condução do experimento foi realizado em delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 6, sendo duas Cultivares (Linhaça Marrom e Linhaça Dourada) e seis doses de nitrogênio (0; 30; 60; 90; 120 e 150 kg de N ha⁻¹ na forma de ureia protegida), com quatro repetições, totalizando 48 parcelas. As variáveis levadas em consideração foram: Altura de planta; Diâmetro do ramo principal; Número de cápsulas por planta; Número de sementes por cápsula; Massa seca de planta; Peso de mil sementes; Rendimento de grãos; Teor de óleo. A variável altura de planta apresentou maior estatura na linhaça marrom com 60 kg de N ha⁻¹, e na dourada com 120 kg de N ha⁻¹. Com relação ao diâmetro do ramo principal foi observado maiores diâmetros para a cultivar Marrom. O número de cápsulas e número de sementes por cápsula é muito variável, tendo forte influência de fatores genéticos e ambientais, neste trabalho na dose de 150 kg de N ha⁻¹ ambas apresentaram a maior quantidade. A linhaça dourada apresentou maior produção na dose de 150 kg de N ha⁻¹, sendo fortemente influenciada pela maior produção de cápsulas e maior número de sementes, quanto a linhaça marrom, a maior produção foi com 90 kg de N ha⁻¹. Com o aumento da produção é possível beneficiar um maior número de pessoas através da maior disponibilidade da oleaginosa no mercado. Os dados da extração dos óleos ainda estão em processo e serão determinantes para verificarmos se as doses de nitrogênio aumentam somente em produção ou podem melhorar a qualidade do óleo, o grupo almeja avaliar se as doses de nitrogênios influenciarão as quantidades de ácidos graxos do tipo ômega-3. Os estudos com a cultura ainda são limitados, assim, o investimento em pesquisa pode proporcionar ao produtor um aumento da produtividade e rentabilidade, mas o mais importante é lembrar que o grão da linhaça é um alimento funcional com propriedades nutracêuticas, cujas características podem contribuir para diminuir gastos com saúde pública quando há consumo permanente e promover uma melhor qualidade de vida.

Palavras-chave: *Linum usitatissimum*; ômega 3; saúde.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Médias diárias de temperaturas máximas, mínimas e precipitação, no período de 01/06 a 14/11 de 2021, Palmeira das Missões, 2022.....	15
Figura 2 - Variável altura de planta, Palmeira das Missões, 2022..	16
Figura 3 - Número de cápsulas por planta, Palmeira das Missões, 2022.	16
Figura 4 - Número de sementes por cápsulas, Palmeira das Missões, 2022.....	17
Figura 5 - Massa seca, Palmeira das Missões, 2022.....	18
Figura 6 - Rendimento de grãos, Palmeira das Missões, 2022.....	19

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 Problema	10
1.2 Hipóteses	10
1.3 Objetivo Geral	10
1.4 Objetivos específicos	10
2 REVISÃO DA LITERATURA	11
2.1 Importância da cultura	11
2.1.1 Fibras.....	11
2.1.2 Lignanas.....	12
2.1.3 Ômega-3 e alguns benefícios.....	12
2.2 Origem e produção	13
2.3 características da linhaça marrom e dourada.....	13
2.4 Fatores que afetam a produção	14
2.5 Manejo de nitrogênio	14
3 MATERIAIS E MÉTODOS	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	18
5 CONCLUSÕES	23
6 REFERÊNCIAS	24

1 INTRODUÇÃO

A linhaça (*Linum usitatissimum* L.) é uma semente oleaginosa, originária da Ásia, pertence à família das lináceas. Pode variar seu tamanho de 30 a 130 cm, seus frutos são cápsulas que possuem normalmente 10 sementes ricas em óleos, uma média de 40% (Gabiana, 2005). A linhaça vem sendo utilizada como alimento funcional pelos grãos possuírem propriedades com atividade antioxidante, atuando na eliminação de radicais livres ou estimulando o sistema imune, é o alimento de origem vegetal mais rico em ômega-3, ômega-6.

As sementes de linhaça contém uma grande quantidade de precursores de lignanas, aproximadamente de 75 a 800 vezes mais que os outros alimentos vegetais fornecendo proteína de alta qualidade e fibra solúvel . A linhaça é rica em fibras, 100g de semente contém aproximadamente 20g de fibras solúveis e 9g de fibras insolúveis, presente principalmente na casca (PARINK et al., 2019). O seu conteúdo de fibra faz com que seja um complemento ideal para ser utilizado em uma dieta balanceada específica para o menor risco de doenças crônicas, possui potencial considerável como fonte de compostos fenólicos, sendo considerado um ingrediente alimentar funcional devido ao seu conteúdo rico em ácido α -linolênico (ALA), proporcionando ampla variedade de benefícios à saúde humana e de animais (SINGH et al., 2011) .

A oleaginosa é rica em ácidos graxos essenciais (linoleico e α -linolênico) sendo aqueles que não podem ser sintetizados pelos tecidos dos mamíferos e devem necessariamente ser obtidos a partir da dieta.

O principal ácido graxo presente na linhaça é o ômega-3, principalmente na forma de ácido alfa-linolênico (ALA), correspondendo a cerca de 57% dos ácidos graxos totais, seguido pelo ômega-6 (16% do total de ácidos graxos). O ômega 3 e ômega 6 são essenciais ao organismo humano, devendo ser adquiridos através da alimentação (KANIKOWSKA et al., 2020).

O ômega 3 possui lipídios dietéticos, que além de fornecerem energia para as células, constituem a maior reserva energética corporal para crianças e recém-nascidos. Eles são componentes estruturais de todos os tecidos e são indispensáveis para a síntese das membranas celulares (Lima, 2004). Por isso nos últimos anos, despertou-se o interesse pela qualidade dos lipídios fornecidos na alimentação, buscando-se novas alternativas para a produção deste ácido graxo essencial para a saúde humana.

A utilização destes grãos possuem o intuito de reduzir os riscos de doenças tais como doenças cardiovasculares, mal de Alzheimer, pode ser utilizada em tratamentos de câncer, artrite, depressão, colesterol ruim, entre outros (MORAES e COLLA, 2006).

Atualmente a produção de grãos de linhaça no Brasil é de 12,9 mil toneladas, sendo que, a quase totalidade da produção é do estado do Rio Grande do Sul, valor pequeno se comparado com a atual produção mundial que foi de 3,06 milhões de toneladas em 2020 (FAOSTAT et al., 2020).

Tendo em vista os benefícios dos grãos de linhaça é necessário encontrar uma forma de aumentar a produtividade, para que mais cidadãos possam através de dietas ingerir alimentos que previnam o surgimento de doenças. Esta pesquisa pretende gerar conhecimento prático-teórico aos alunos, baseado na modificação do manejo da cultura da linhaça, fazendo com que este conhecimento alcance os produtores, consumidores e a população em geral como uma alternativa para melhorar a qualidade de vida. Buscando uma melhor qualidade de vida para a população, qual cultivar pode entregar melhores resultados de propriedades nutracêuticas (ômega 3 e 6), ou seja, qual tem uma melhor qualidade nutricional?

O mais importante é lembrar que o grão da linhaça é um alimento funcional com propriedades nutracêuticas, cujas características podem contribuir para diminuir gastos com saúde pública quando há consumo permanente e promover uma melhor qualidade de vida.

É possível aumentar a produção e a qualidade do óleo de linhaça pelo manejo de nitrogênio? Tendo em vista a inexpressiva da produção da linhaça, a adubação nitrogenada surge como uma estratégia para aumentar a produtividade. O fornecimento de nitrogênio em cobertura foi relatado na Grécia (Dordas, 2011), China (Liu, 2020); (Zhang, 2021), Rússia (Turin, 2021). No entanto, no Brasil ainda não temos dados concretos sobre a resposta ao nitrogênio. De acordo com Lawlor (2002), o suprimento adequado de nitrogênio pode estimular o crescimento foliar, por aumentar a divisão celular e a fotossíntese, devido à maior quantidade de componentes das reações fotoquímicas e daqueles responsáveis pela assimilação de CO₂. A importância do nitrogênio nos cultivos agrícolas está diretamente relacionada à fotossíntese pela produção de energia e aumento da assimilação de carbono, particularmente carboidratos e aminoácidos, essenciais ao crescimento da planta.

O aumento de produção ocorre até determinada dose de nitrogênio, onde doses excessivas podem favorecer ao acamamento, o que além de reduzir a produtividade de grãos dificultam a colheita mecânica. A adubação com nitrogênio pode influenciar na concentração de N em diferentes partes da planta, além de proporcionar o aumento do ciclo do cultivo (KAKABOUKI, et al., 2020).

1.1 Problema

Tendo em vista os benefícios dos grãos de linhaça é necessário encontrar uma forma de aumentar a produtividade, para que mais cidadãos possam através de dietas ingerir alimentos que previnam o surgimento de doenças.

1.2 Hipóteses

É possível aumentar a produção e a qualidade do óleo de linhaça pelo manejo de nitrogênio? Buscando uma melhor qualidade de vida para a população, qual cultivar pode entregar melhores resultados de propriedades nutracêuticas (ômega 3 e 6), ou seja, qual tem uma melhor qualidade nutricional?

1.3 Objetivo Geral

Objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes doses de nitrogênio sobre a produção de grãos, volume de óleo bem como a qualidade do óleo de linhaça marrom e dourada.

1.4 Objetivos específicos

- Demonstrar os benefícios do uso da linhaça na alimentação humana;
- Analisar qual a melhor dose de nitrogênio para o aumento da produção;
- Verificar qual a melhor cultivar de linhaça;
- Analisar se a maior produção é sinônimo de maior qualidade de óleo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Importância da cultura

A linhaça (*linum usitatissimum L.*) é a semente proveniente do linho, sendo ela uma espécie autógama que pertence à família linaceae. É o alimento de origem vegetal mais rico em ácidos graxos do tipo ω -3 (ômega 3), com elevadas quantidades de proteínas, fibras e compostos fenólicos (THOMPSON; CUNNANE, 2003).

A linhaça é um alimento funcional, utilizado tanto para produção de óleos, fibras, indústria têxtil, além do uso em rações animais. Era utilizada em produtos, como, vernizes, tinta, resinas, sabões, linóleo, borrachas sintéticas, proteção de madeira, massa de vidro e até para untar pelos de animais.

O grão pode ser consumido na alimentação humana como goma, óleo, farelo ou in natura, inteiro ou moído, acrescentando diretamente sobre alimentos, tais como, frutas, leite, iogurte utilizado também em bolos, pães, biscoitos no feijão, barras de cereais e produtos cárneos. Vem sendo utilizado também para redução do risco de doenças cardiovasculares, câncer tanto de mama como de pulmão, graças ao seu alto teor de ácido linoleico reduz o mau colesterol, reduz a pressão alta, assim como riscos de diabetes e obesidade além de melhorar a capacidade visual, fortalecer unhas, dentes e ossos e tornar a pele mais saudável.

2.1.1 Fibras

A linhaça é uma semente que contém muitas fibras, 100g de semente contém aproximadamente 20g de fibra solúveis e 9g de fibras insolúveis, presente principalmente na casca (PARINK et al., 2019). O seu conteúdo de fibra faz com que seja um complemento ideal para ser utilizado em uma dieta balanceada específica para o menor risco dessas doenças crônicas.

De acordo com Souza (2014), as fibras solúveis retêm água e muda em uma substância gelatinosa que cobre a gordura e não deixa causar sua absorção. Desta maneira, as fibras solúveis auxiliam para a prevenção e tratamento da diabete e do colesterol. As fibras solúveis são ótimas aliadas nas dietas porque saciam por mais tempo a fome, devido expandir o tempo de esvaziamento gástrico, sendo de muita importância em uma dieta alimentar saudável para diminuir o peso.

As fibras insolúveis são diferentes das solúveis, por não absorverem água. Uma das principais funções dessas fibras é acelerar o trabalho feito pelo intestino e poder aumentar o bolo fecal, assim contribuindo diretamente na prisão de ventre e constipação intestinal. As fibras

insolúveis são de suma importância na prevenção de câncer no intestino devido a proteção do contato com substâncias nocivas (SOUZA, 2014).

2.1.2 Lignanas

A semente de linhaça contém uma grande quantidade de precursores de lignanas, aproximadamente de 75 a 800 vezes mais que os outros alimentos vegetais (IMRAN et al 2015). As lignanas também são identificadas como fitoestrógenos, componentes que apresentam uma ampla gama de funções biológicas, englobando as atividades estrogênicas, cardioprotetoras, bem antiestrogênicas, propriedades antioxidantes e anticarcinogênicas (BRITO & ZANG, 2019).

As lignanas presentes na linhaça podem proteger contra a formação de tumores dependentes de estrógeno, além de ajudar na redução do processo de metástase, devido reduzir a proliferação celular e a síntese de metabolitos carcinogênicos do estrógeno. Sendo, o aumento da absorção e do metabolismo das esterolignanas podem oferecer maior proteção contra os cânceres dependendo do hormônio (CALADO et al., 2018; DA SILVA & ALCORN, 2019).

2.1.3 Ômega-3 e alguns benefícios

O ômega-3 são ácidos graxos poli-insaturados, normalmente localizado em peixes considerados de água fria (alguns destes são: o salmão, atum, sardinha, bacalhau), mas também pode ser encontrado em alguns óleos vegetais como o da semente de linhaça, nozes e alguns tipos de vegetais (MORAES, COLLA, 2006).

Além de servir como uma fonte nutritiva na dieta, os ácidos graxos ômega-3 também ajudam na prevenção e nos tratamentos em uma vasta diversidade de doenças, incluindo doenças do coração, artrite, câncer, depressão e mal de Alzheimer entre outros. Os ácidos graxos ômega-3 de ter um consumo equilibrado com os ácidos graxos ômega-6 (MORAES, COLLA, 2006).

Os ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa, localizados nos peixes e nos vegetais ricos em óleo, tem impacto direto no câncer. Esses óleos podem inibir a carcinogênese, retardar o crescimento de tumores e expandir a eficácia da radioterapia e de diversas drogas quimioterápicas, conforme apresentado em estudos in vitro, experimentais utilizando animais e alguns ensaios clínicos. Os ácidos graxos ômega-3, parecem ter um papel muito importante no grau extremo de enfraquecimento induzida pelo câncer. Há diversas formas de ação, estudos e propostas para explicar que forma os ácidos graxos ômega-3 conseguem mudar o processo de carcinogênese, tendo que destacar a grande importância nos seguintes estudos, como: influência na atividade do fator de transcrição nuclear, na expressão gênica e nas vias de transdução de

sinais; tendo mudança do metabolismo do estrogênio; tendo aumento ou diminuição na produtividade de radicais livres e espécies reativas de oxigênio e; tendo influência nos mecanismos envolvendo a resistência à insulina e a fluidez das membranas. É de muita importância destacar que é de suma importância mais estudos aplicados nesta área (CARMO, CORREIA, 2009).

2.2 Origem e produção

O linho é originário da Ásia, e estima-se que tem sido cultivado há cerca de 4000 anos nos países mediterrâneos (Rossetto et al., 2012), onde ocorreu o início de sua domesticação.

O cultivo da linhaça no Brasil foi introduzido no século XVII em Florianópolis (SC), depois difundido para os estados do Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo (LIMA, 2007). No Brasil, no ano de 2005, apenas 5 mil hectares eram destinados à produção de linhaça de acordo com dados da (FAO 2016). Atualmente, o estado com maior produção é o Rio Grande do Sul, sendo a mais produzida no Brasil a linhaça marrom.

Entre 2012 e 2013 a média mundial de produção foi 927 kg ha⁻¹, já no Brasil os números atingiram 1036 kg ha⁻¹. Em países como Suécia, França e Canadá apresentam uma média de 3918 kg ha⁻¹, 1931 kg ha⁻¹ e 1543, respectivamente (POPOVIC, 2016). Estes dados demonstram a grande capacidade de produção da cultura da linhaça.

O estado maior produtor do país é o estado do Rio Grande do Sul, tendo como produtores os municípios de Panambi, Santa Barbara, Ijuí, São Luiz Gonzaga, Santa Rosa, São Miguel das Missões, Guarani das Missões, Três de Maio, Tupanciretã e Santo Augusto (NOGUEIRA et al., 2010).

O maior produtor mundial de linhaça é o Canadá, com aproximadamente 950.000 mil toneladas produzidas no ano de 2015, que equivale a 40% da produção total, numa área de cerca de 380.000 mil hectares (STATCAN et al., 2016).

2.3 características da linhaça marrom e dourada

A linhaça recebe o nome científico de *Linum Usitatissimum* L, pode variar seu tamanho de 30 a 130 cm, dependendo das condições em que se encontra. Seus frutos são cápsulas que possuem normalmente 10 sementes ricas em óleos, uma média de 40% (GABIANA, 2005). Suas sementes contém vitaminas e minerais, entre eles destacamos os ácidos graxos Ômega 3 e o Ômega 6 que possuem componentes importantes na saúde cárdico vascular, além de serem um importante agente antioxidante e de renovação celular.

A linhaça possui duas cultivares a nível de campo que são produzidas, a linhaça marrom e dourada. O que as difere a nível de campo é a coloração das folhas e das sementes, as demais características são bem semelhantes umas das outras. A linhaça marrom tem as folhas azuis, e produzem semente de coloração de avermelhada e marrom claro. As flores da linhaça dourada têm a flor branca e produz sementes de coloração amarela e dourada.

As sementes da linhaça dourada e a linhaça marrom tem sua composição química muito parecidas, as duas tem um alto teor de lignanas e fibras dietéticas e também possui mais de 50% de fenólicos (LIMA, 2008; MARQUES, 2008). A linhaça marrom contém uma quantidade maior de fibras dietética total em comparação a linhaça dourada, mas possui um menor teor de proteína (LIMA, 2008).

2.4 Fatores que afetam a produção

A produtividade da linhaça é bem influenciada pelo arranjo de plantas e densidade da semeadura, que acabam por afetar a interceptação da radiação solar e sua absorção. Além dos fatores ambientais o estresse hídrico, e altas temperaturas ou características genéticas também podem influenciar (TOMASSONI ET AL. 2013).

As temperaturas abaixo de -1°C podem danificar diretamente a área foliar e as cápsulas imaturas. Quando as temperaturas permanecem por muito tempo nas temperaturas abaixo de -3°C a -7°C , podem ocorrer danos que interferiram o desenvolvimento da cultura em épocas de germinação, podendo levar até mesmo a morte da planta. As temperaturas elevadas de cerca de 32°C durante a floração são cruciais podendo reduzir o crescimento e o tamanho da semente, com isso tende a afetar o teor de qualidade do óleo (DARAPUNENI et al., 2014).

Devido sua necessidade de baixa temperatura para a floração, a linhaça é encontrada em regiões como a Europa, e também no Sul do Brasil (BASSEGIO et al., 2012).

Durante o ciclo todo da cultura existe uma demanda hídrica de aproximadamente de 450-750 mm distribuídos uniformemente (JACOBSZ; VAN DER MERWE, 2012).

2.5 Manejo de nitrogênio

O nitrogênio (N) é um componente fundamental da molécula de clorofila, envolvendo aminoácidos, e os hormônios vegetais, está presente na atividade fotossintética, envolvendo a expansão e fixação e enchimento de grãos/sementes.

O nitrogênio tem como sua absorção nos grãos em média de 50% de 'N' o restante fica presente no solo na forma orgânica. As formas de absorção da planta é a amônia, o nitrato e compostos nitrogenados simples como a ureia e alguns aminoácidos.

A ureia $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ é composta por 45% (N, solúvel na água), absorvendo melhor a umidade do ar, seus grânulos são revestidos com material protetor para diminuir a higroscopicidade que se transforma em amônia gessosa e nitrato (MACHADO, 2004).

Segundo Bilalis et al., (2010) o nitrogênio seria um contribuinte essencial para variar o teor de óleo presente nas sementes oleaginosa (BILALIS et al, 2010). A adubação nitrogenada surge como uma estratégia para aumentar a produtividade. O fornecimento de nitrogênio em cobertura foi relatado na Grécia (Dordas, 2011), China (Liu, 2020); (Zhang, 2021), Rússia (Turin, 2021). No entanto, no Brasil ainda não temos dados concretos sobre a resposta ao nitrogênio. De acordo com Lawlor (2002), o suprimento adequado de nitrogênio pode estimular o crescimento foliar, por aumentar a divisão celular e a fotossíntese, devido à maior quantidade de componentes das reações fotoquímicas e daqueles responsáveis pela assimilação de CO_2 . A importância do nitrogênio nos cultivos agrícolas está diretamente relacionada à fotossíntese pela produção de energia e aumento da assimilação de carbono, particularmente carboidratos e aminoácidos, essenciais ao crescimento da planta.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra agrícola 2021/2022 na Escola Estadual Técnica Celeste Gobbato, situada nas coordenadas 27°57'02'S latitude, 53°18'12W longitude e em uma altitude de 617m, no município de Palmeira das Missões, RS. O clima da região é do tipo Cfa, de acordo com a classificação de Köppen. A precipitação média anual é de 1.326mm e as temperaturas mínima e máxima são de 14.3°C a 23.6°C. O solo é classificado como Latossolo vermelho distrófico (ALVARES et al., 2013).

Os dados meteorológicos, para caracterização do local, foram obtidos a partir da estação meteorológica automática, localizada próxima ao experimento (Figura 1).

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 6, sendo duas Cultivares (Linhaça Marrom e Linhaça Dourada) e seis doses de nitrogênio (0; 30; 60; 90; 120 e 150 kg de N ha⁻¹ na forma de uréia protegida), com quatro repetições, totalizando 48 parcelas. As parcelas foram compostas por doze linhas de seis metros de comprimento, espaçadas por 0,17m. Os caracteres de interesse foram aferidos na área útil de cada unidade experimental, sendo esta composta pelas quatro linhas centrais, desprezando as extremidades.

O estudo de campo teve duração de 163 dias, a semeadura foi realizada em junho de 2021 e a colheita em novembro de 2021, em sistema de plantio manual, onde a adubação de base foi constituída por 270 kg/ha, de N-P-K em sua formulação 07-32-12. O controle de inseto-praga, plantas daninhas e doenças foi realizado preventivamente. O manejo de nitrogênio foi realizado no estágio de ramificação das plantas.

No dia 9 de novembro de 2021, foi realizada a colheita de 20 plantas de cada parcela, que foram usadas para determinar os seguintes caracteres:

Altura de planta (cm): após floração completa, mensurada desde a base até o ápice da planta;

Diâmetro do ramo principal (mm): A medição foi elaborada com o auxílio de paquímetro, a qual a haste principal foi medida a 10 centímetros a partir de sua base;

Número de cápsulas por plantas;

Número de sementes por cápsula;

Rendimento de grãos: aferida pela área útil das 6 linhas centrais x 2 metros de comprimento;

Teor de óleo: foi extraído através de uma prensa comum. Foi utilizada esta prensa por ser um equipamento simples que pode ser desenvolvido em qualquer oficina mecânica sendo muito eficiente, de baixo custo e tem a vantagem de extrair um baixo volume.

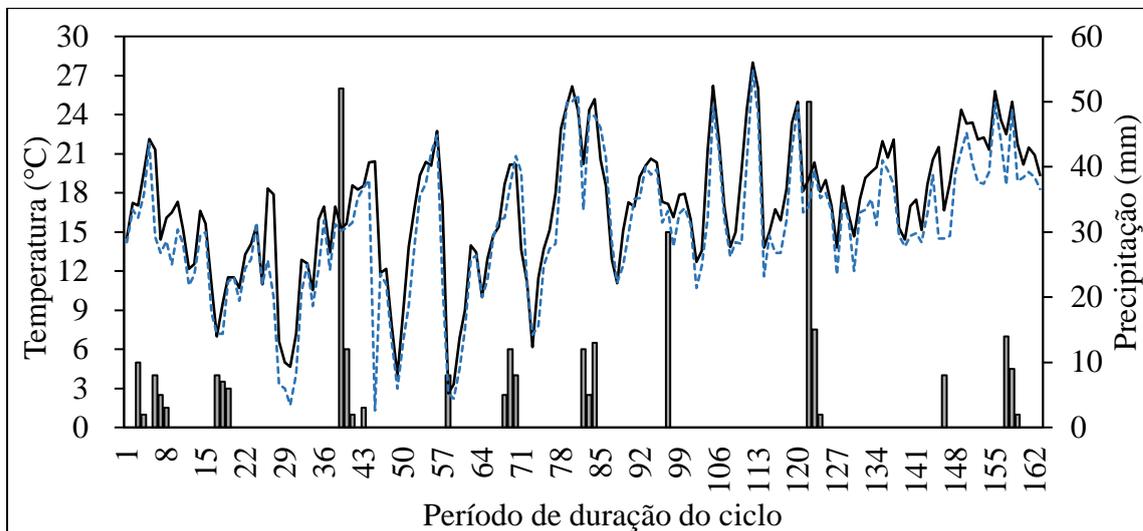
As variáveis analisadas foram submetidas à análise de variância, o fator doses de nitrogênio ajustado a modelos polinomiais, por meio do software estatístico R (R Core Team, 2020). Para a produtividade de grãos foi realizado o cálculo da máxima eficiência técnica (MET), pela fórmula $MET = -b_1/(2*b_2)$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A precipitação total no ciclo foi de 478 mm (Figura 1). As plantas de linhaça segundo Floss (1983) crescem quando a proporção anual de precipitação se estende de 400 a 750 mm durante o ciclo de desenvolvimento, assim, demonstrando que as precipitações durante a condução do experimento foram bem distribuídas ao longo do período experimental.

Temperaturas máximas e mínimas que poderiam ocasionar danos na cultura não foram observadas durante o cultivo. Temperaturas altas em torno de 32°C durante a época de floração podem reduzir o crescimento, tamanho e teor de óleo na semente assim como a qualidade de óleo (FLOSS, et al.,1983).

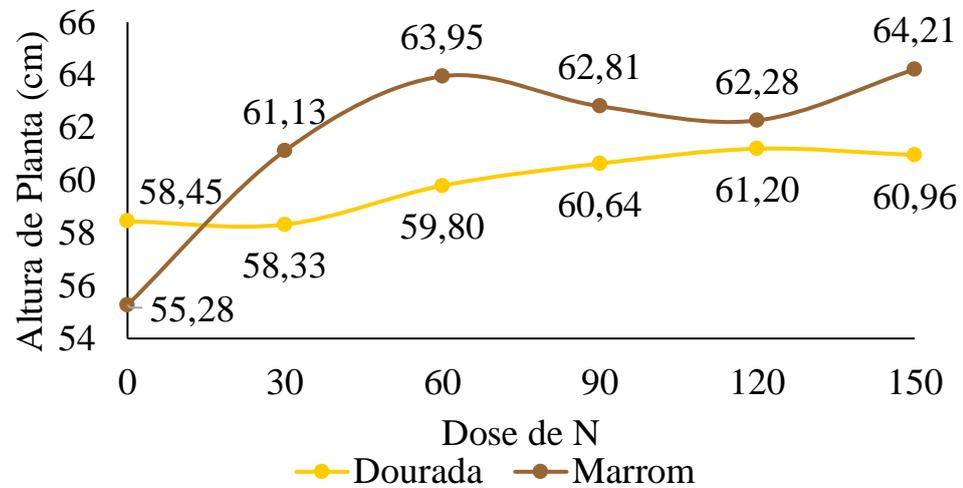
Figura 1- Médias diárias de temperaturas máximas, mínimas e precipitação, no período de 01/06 a 14/11 de 2021, Palmeira das Missões, 2022.



Fonte: os autores (2022).

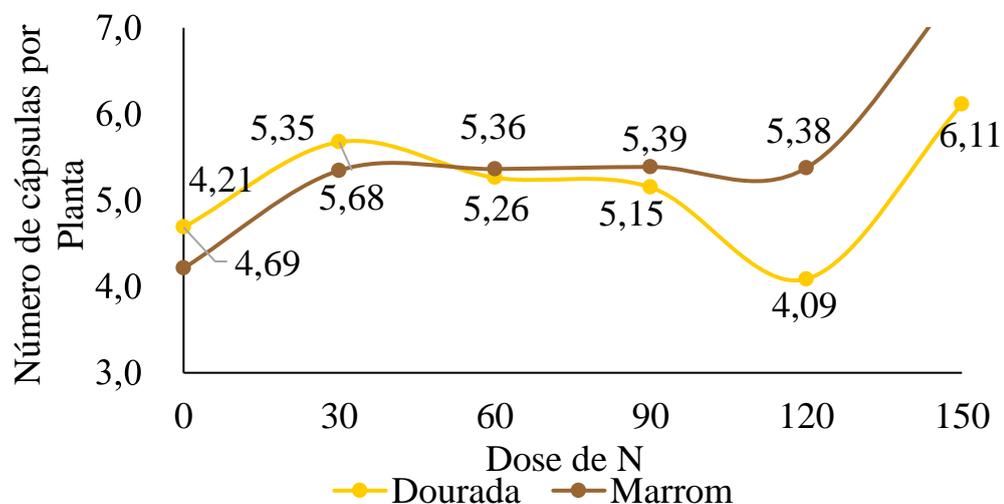
Foi observado que houve influência dos manejos de nitrogênio, para as variáveis altura da planta, números de cápsulas por planta, número de sementes por cápsulas, massa seca e rendimento de grãos.

A altura de planta obteve na linhaça marrom (Figura 2) a maior estatura no manejo de 150 kg/ há⁻¹ de nitrogênio perfazendo 64.21cm. Na linhaça dourada a maior altura foi verificada na dose de 120 kg/ há⁻¹ de nitrogênio com 60.96cm de altura, é importante ressaltar que o crescimento excessivo pode acarretar no acamamento, uma vez que todos os fotoassimilados do processo de fotossíntese são direcionados para o crescimento de planta.

Figura 2- Variável altura de planta, Palmeira das Missões, 2022.

Fonte: os autores (2022).

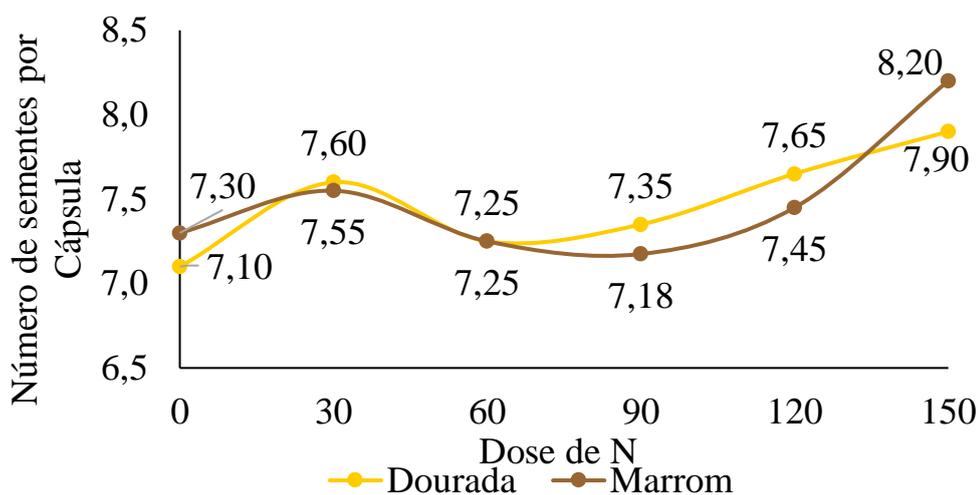
Para a variável número de cápsulas por planta, no manejo sem aplicação de nitrogênio houve o menor desenvolvimento tanto na cultivar marrom quanto na dourada (Figura 3). A cultivar dourada obteve uma queda de 31% no número de cápsulas no manejo sem nitrogênio quando comparado à dose de 150 kg/há-1 de nitrogênio onde obteve o maior número (4.6 cm; 6.1 cm; respectivamente). Na cultivar marrom a quebra foi ainda mais significativa com 37.46% a menos de produção de cápsulas no manejo sem nitrogênio. Estes resultados indicam que é possível aumentar o número de cápsulas viáveis com o aumento da dose, em contraponto a deficiência de N pode afetar o número de cápsulas por planta e por consequência o rendimento.

Figura 3. Número de cápsulas por planta, Palmeira das Missões, 2022.

Fonte: os autores (2022).

O número de sementes por cápsulas apresentou maior quantidade na dose de 150 kg/há⁻¹ de nitrogênio, sendo 8,2 para a cultivar marrom e 7,9 na cultivar dourada (Figura 4). A maior quantidade de nitrogênio neste experimento favoreceu o surgimento de maior número de sementes por cápsula. Quando a oferta de nitrogênio é baixa, a exemplo do manejo sem nitrogênio, há uma menor produção de folhas, o que por sua vez afeta a produção de fotoassimilados e distribuição de assimilados aos órgãos reprodutores, reduzindo desta forma o número de sementes produzidas. Experimentos realizados em condições controladas com plantas de linhaça na Europa mostraram que o número de sementes também pode sofrer influência de altas temperaturas durante a fase de formação/maturação, reduzindo assim, o número de sementes por cápsula e o peso das sementes e o rendimento dos grãos (DORDAS, et al., 2012).

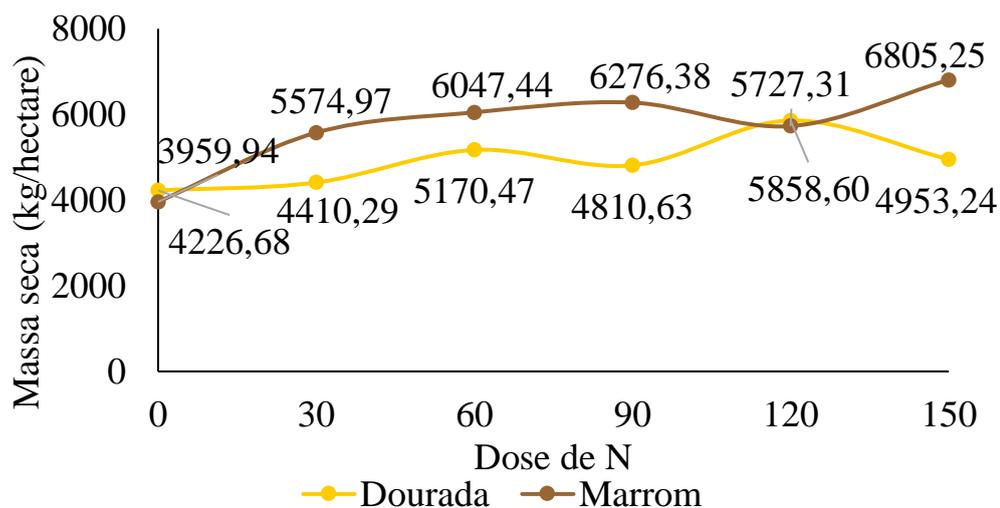
Figura 4. Número de sementes por cápsulas, Palmeira das Missões, 2022.



Fonte: os autores (2022).

A figura 5, demonstra a produção de massa seca, de modo geral a linhaça marrom apresenta maior produção 6805,25 Kg/há⁻¹ de massa seca. O aumento da taxa de nitrogênio promove aumento da área foliar durante o desenvolvimento vegetativo e ajuda a manter a área foliar durante o período de crescimento da planta (Onasanya 2009). De acordo com Antonelli, (2015) quanto maior for a produção de massa seca da planta maior pode ser a sua taxa de produção de sementes e maior será a produção de óleo por semente. Neste estudo a maior produção de massa seca resultou em maior número de cápsulas e maior número de sementes, no entanto não resultou em maior rendimento, isso porque dentre os componentes do rendimento de grãos ainda temos o peso das sementes.

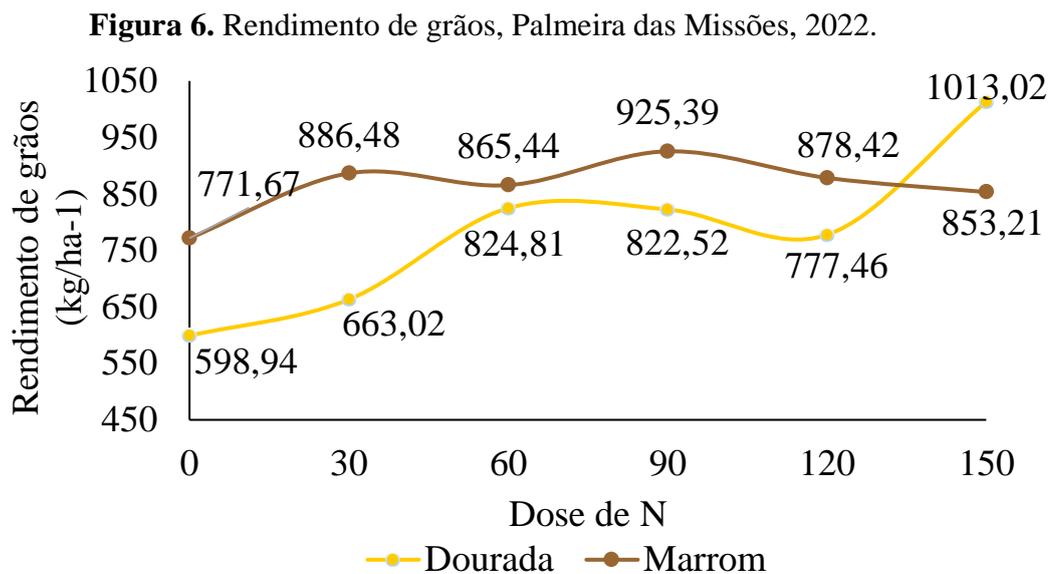
Figura 5. Massa seca, Palmeira das Missões, 2022.



Fonte: os autores (2022).

Para a variável rendimento de grãos no experimento da linhaça marrom foram obtidos resultados superiores no manejo com 90 Kg/há-1 de nitrogênio, chegando a 925,39 Kg/ há-1, perfazendo 16,62% a mais de rendimento de grãos quando comparado a dose sem nitrogênio (Figura 6).

Quando analisado a máxima eficiência técnica foi verificado que na dose de 88,5 Kg/há-1 de nitrogênio obteve a máxima eficiência técnica. Neste experimento pode-se constatar a influência positiva da adubação nitrogenada para os parâmetros aqui analisados, com aumento das respostas das plantas até os pontos de máximo e logo após passa a ter efeito depressivo.



Fonte: os autores (2022).

Em relação à linhaça dourada o maior rendimento foi na dose de 150 Kg/há-1 com 1013,02 kg/há com 40,87% a mais em rendimento de grãos quando comparada com a aplicação sem nitrogênio. Segundo dados do IBGE (2020), a média de produção do Brasil está em 900 kg por hectare em 2018, demonstrando resultados satisfatórios no presente estudo. O aumento de produtividade pode estar associado às melhorias do ambiente de cultivo, dentre elas a correção da fertilidade do solo e adoção de práticas conservacionistas como a adoção do sistema de plantio direto por produtores. Ainda segundo Stanck, (2017) menciona que no processo de semeadura, a escolha adequada do arranjo de plantas, a densidade de plantas, o uso da radiação solar, além das características genéticas podem influenciar a produção de grãos.

Foram encontrados resultados extremamente satisfatórios de aumento de rendimento em ambas as cultivares, tanto marrom quanto dourada.

5 CONCLUSÕES

Mudanças no manejo da cultura da linhaça através da adubação nitrogenada, apresentaram maior produtividade na cultura da linhaça com o aumento das doses de nitrogênio.

Com base na Máxima eficiência técnica para a utilização de nitrogênio em cobertura, a dose de 88,5 kg ha⁻¹ é suficiente para o adequado desempenho agrônômico da cultura da linhaça.

Para que mais cidadão sejam beneficiados, o produtor rural poderia investir mais na produção da linhaça dourada por ser mais produtiva do que a linhaça marrom.

Apesar da maior quantidade de massa seca e sementes por cápsula apresentada na dose de 150 kg N há⁻¹ não se obteve o maior resultado de produção nesta dosagem na cultura da linhaça marrom isto é observado devido aos possíveis problemas no momento da colheita como acamamento, podendo ocorrer perdas na colheita mecanizada.

A adubação nitrogenada é uma prática viável para ser realizada com vistas a aumentar a produtividade e, conseqüentemente, atender a demanda por estes grãos. Logo, é possível beneficiar uma maior quantidade de cidadãos através da maior disponibilidade da oleaginosa no mercado.

Para finalizar o experimento estamos no aguardo dos resultados da qualidade do óleo, uma vez que a maior produtividade de grãos necessariamente irá refletir também na melhor qualidade do óleo? Tendo em vista melhorias nas propriedades de ômega 3 e ômega 6, o que desta forma aumentaria a qualidade nutracêutica na prevenção de doenças.

6 REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L.; SAPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift. n. 22, p. 711-728, 2013. Disponível em: <http://143.107.18.37/material/mftandra2/ACA0225/Alvares_etal_Koppen_climate_classBrazil_MeteoZei_2014.pdf> Acesso em 05 Janeiro de 2022.

ANTONELLI, Jhonatas et al. Resposta da cultura da linhaça ao nitrogênio. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 14, n. 1, p. 39-42, 2015. Disponível em: <<https://saber.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/8646>>. Acesso em 20 Agosto de 2021.

DORDAS, C.A. Nitrogen nutrition index and its relationship to N use efficiency in linseed. **European Journal of Agronomy**, v.34, n.2, p.124–132,2011. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1161030110001085>> Acesso em 15 Junho de 2021.

DORDAS, C.A. Dinâmica de nitrogênio e matéria seca em linhaça afetada pelo nível de nitrogênio e genótipo em um ambiente mediterrâneo. **Biomassa e Bioenergia**, v.43, n.1, p.1–11,2012. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0961953412001729>> Acesso em 15 Junho de 2021.

FAOSTAT. **Crops**. Disponível em:<<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 08 Abril. 2022.

FLOSS E.L. **Linho: cultivo e utilização**. 3. ed. Passo Fundo: UPF; 1983. 39p

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. **Censo Agropecuário**, 2020. Disponível em< <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>>. Acesso em: 11 Março. 2022.

GABIANA, C.The response of linseed (*Linum usitatissimum* L) to irrigation,nitrogen and plant population. Master of Applied Science: **Lincoln University,Jefferson City**, 2005. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10182/2792>>. Acesso em: 10 novembro. 2021.

KAKABOUKI, I.P. KARYDOGIANNI, S., ZISI, C., e FOLINA, A Effect of fertilization with N-inhibitors on root and crop development of flaxseed crop (*Linum usitatissimum* L.). **AGRIVITA, Journal of Agricultural Science**, v. 42, n. 3, p. 411-424, 2020. Disponível em: <<https://www.proquest.com/openview/0b433b032b7c8bc9fa31ed0a43b73621/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2027433>>. Acesso em: 10 novembro. 2021.

KANIKOWSKA, D. et al. Flaxseed (*Linum usitatissimum* l.) supplementation in patients undergoing lipoprotein apheresis for severe hyperlipidemia—A pilot study. **Nutrients**, v. 12,

n. 4, 2020. Disponível em:< <https://www.mdpi.com/2072-6643/12/4/1137>>. Acesso 24 de agosto de 2021.

LAWLOR, D.W. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. **Journal of Experimental Botany**, v.53, n.370, p.773-787, 2002. Disponível em:< <https://academic.oup.com/jxb/article/53/370/773/2908378>>. Acesso em:15 de março de 2022.

LIMA, Mario Ferreira et al. Ácido graxo ômega 3 docosahexaenóico (DHA: C22: 6 n-3) e desenvolvimento neonatal: aspectos relacionados a sua essencialidade e suplementação. **Nutrire Rev Soc Bras Aliment Nutr**, v. 28, p. 65-77, 2004. Disponível em:<https://professorafernandatome.webnode.com/_files/200000097dbf33dcece/artigo_omeg a3_neonatal.pdf.> Acesso em: 18 de Março de 2022.

MORAES, F. P., COLLA, L. M.. **Alimentos funcionais e nutracêuticos**: definições, legislação e benefícios à saúde. Revista Eletrônica de Farmácia. V.3, p. 109-122, 2006. Disponível em: < <https://www.revistas.ufg.br/ref/article/view/2082>.> Acesso em 10 de Fevereiro de 2022.

ONASANYA, R. O. et al. Growth and Yield Response of Maize (*Zea mays* L.) to Different Rates of Nitrogen and Phosphorus Fertilizers in Southern Nigeria. **World Journal of Agricultural Sciences** 5(4): 400-407, 2009. Disponível em: < [2009_Maize_Fertilizer_Paper_Co-author-with-cover-page-v2.pdf](https://www.wjags.com/2009_Maize_Fertilizer_Paper_Co-author-with-cover-page-v2.pdf)>. Acesso em 25 de Junho de 2021

PARIKH, M. et al. **Flaxseed as a strategy for improving human health**. **Nutrients**, v. 11, n. 5, p. 1171,2019. Disponível em: < <https://www.mdpi.com/2072-6643/11/5/1171>> Acesso em: 15 de outubro de 2021.

SINGH, K.K.; MRIDULA, D.; REHAL, J.; BARNWAL, P. Flaxseed: A potential source of food, feed and fiber. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.51, p.210-222, 2011. Disponível em:<DOI: 10.1080/10408390903537241>.Acesso em 10 de março de 2022.

STANCK L.T., BECKER D., BOSCO L.C. Crescimento e produtividade de linhaça. **Agrometeoros**.v.25,n.1,p.249-256.2017. Disponível em:<<https://brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/9603>> Acesso em 10 Março de 2022.

TURIN, E. N. et al. *Linum usitatissimum* L. is the most important crop in Russia for the production of high-quality oil with low cost. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2021. p. 042014. Disponível em:< <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/640/4/042014/pdf>>. Acesso em 10 Março de 2022.

ZHANG, Lei; LV, Junping. Land-use change from cropland to plantations affects the abundance of nitrogen cycle-related microorganisms and genes in the Loess Plateau of China. **Applied Soil Ecology**, v. 161, p. 103873, 2021.

Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929139320308027>>.

Acesso em 28 de março de 2022.