

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO  
AMBIENTAL

GUSTAVO RAPHAEL DE OLIVEIRA

**PRODUTIVIDADE E RETORNO ECONÔMICO SOB DOSES DE NITROGÊNIO EM  
LAVOURAS DE MILHO IRRIGADO E SEQUEIRO, NO MUNICÍPIO DE BURI - SP**

Sorocaba  
2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO  
AMBIENTAL

GUSTAVO RAPHAEL DE OLIVEIRA

**PRODUTIVIDADE E RETORNO ECONÔMICO SOB DOSES DE NITROGÊNIO EM  
LAVOURAS DE MILHO IRRIGADO E SEQUEIRO, NO MUNICÍPIO DE BURI - SP**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental, para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade na Gestão Ambiental.

Orientação: Prof. Dr. Flávio Sérgio Afférri

Sorocaba  
2022

Oliveira, Gustavo Raphael de

Produtividade e retorno econômico sob doses de nitrogênio em lavouras de milho irrigado e sequeiro, no município de Buri - SP / Gustavo Raphael de Oliveira -- 2022.  
34f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador (a): Flávio Sérgio Afféri

Banca Examinadora: Joênes Mucci Peluzio, Reginaldo Barboza da Silva

Bibliografia

1. Zea mays. 2. Fertilizante . 3. Sustentabilidade. I. Oliveira, Gustavo Raphael de. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -  
CRB/8 6979



# UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências e Tecnologias Para a Sustentabilidade  
Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental

---

## Folha de Aprovação

---

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Gustavo Raphael de Oliveira, realizada em 20/10/2022.

### Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Flávio Sérgio Afféri (UFSCar)

Prof. Dr. Joênes Mucci Peluzio (UFT)

Prof. Dr. Reginaldo Barboza da Silva (UNESP)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental.

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, Paulo Cesar de Oliveira e Zaine Dalete Raphael de Oliveira,  
que sempre apoiaram minhas escolhas.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço a Deus pela graça de mais uma conquista, a minha família e amigos que diretamente ou indiretamente me deram suporte para seguir firme. E um agradecimento especial a todos os professores do programa, os examinadores, ao meu orientador o Prof. Dr, Flávio Sérgio Afférri, por todo ensinamento e pelo companheirismo, e à Fazenda Escola Lagoa do Sino, pelo apoio para a realização desta pesquisa.

## RESUMO

OLIVEIRA, Gustavo Raphael de. Produtividade e retorno econômico sob doses de nitrogênio em lavouras de milho irrigado e sequeiro, no município de Buri - SP. 2022. 34 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2022.

O nitrogênio é essencial na cultura de milho e a alta nos preços desse fertilizante se torna um grande problema para os produtores. Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de analisar a influência de diferentes doses de nitrogênio na produtividade e retorno econômico na cultura do milho irrigado e de sequeiro em condições de lavouras, no município de Buri – SP. Os tratamentos em cada ambiente consistiram de 4 doses de nitrogênio em cobertura na forma de ureia (40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup>) e o delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 8 repetições. Foram avaliados a produtividade de grãos de milho nos ambientes de sequeiro e irrigado e a viabilidade econômica das doses de nitrogênio. Os resultados demonstraram que as concentrações de nitrogênio testadas, dentro de cada ambiente, não tiveram efeitos significativos sobre a produtividade de grãos de milho, entretanto quando comparado os ambientes, áreas irrigadas promoveram maior produtividade de milho. Em relação a análise econômica, o maior retorno econômico verificado foi na dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, sendo mais expressivo na lavoura de sequeiro. Essa pesquisa sugere que estudos na redução de dose de N podem sinalizar otimização do uso da ureia, possibilitando maior lucratividade aos produtores e a garantia de uma agricultura mais sustentável.

Palavras-chave: *Zea mays*, fertilizante, sustentabilidade.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Gustavo Raphael de. Productivity and economic return under doses of nitrogen in irrigated and rainfed maize crops, in the municipality of Buri - SP. 2022. 34 p. Dissertation (Master in Sustainability in Environmental Management) - Federal University of São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba, 2022.

Nitrogen is essential in corn and the rising prices of this fertilizer become a big problem for producers. Therefore, this research was carried out with the central objective of analyzing the influence of different doses of nitrogen on productivity and economic return in irrigated and rainfed maize under crop conditions, in the municipality of Buri - SP. The treatments in each environment consisted of 4 doses of nitrogen in topdress in the form of urea (40, 80, 120 and 160 kg ha<sup>-1</sup>) and the experimental design was randomized blocks, with 8 replications. The yield of corn grains in the rainfed and irrigated environments and the economic viability of the nitrogen doses used in the experiments were evaluated. The results showed that there was no significant difference between the averages of nitrogen doses within each environment, however, when analyzing the averages of corn grain yield between the rainfed and irrigated environments, higher productivity was observed in the irrigated environment. Regarding the economic analysis, the highest economic return was verified at the dose of 80 kg ha<sup>-1</sup> of N in topdress, being more expressive in the rainfed crop. This research suggests that studies on reducing the dose of N can signal optimization of the use of urea, allowing greater profitability for producers and ensuring a more sustainable agriculture.

Keywords: *Zea mays*, fertilizer, sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Dados de temperatura e precipitação durante o período de execução do estudo no município de Buri-SP.....	17
<b>Figura 2</b> – Comportamento da produtividade de grãos de milho em função de doses de N na área de sequeiro (ambiente 1), na área irrigada (ambiente 2) e média total dos ambientes 1 (sequeiro) e 2 (irrigado) – Buri-SP, 2022 .....	21

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Características químicas dos solos coletados na camada 0-20 cm de profundidade dos ambientes 1 (sequeiro) e 2 (irrigado).....	18
<b>Tabela 2</b> – Produtividade média de grãos de milho sob diferentes doses de N, ambientes de sequeiro e irrigado (Buri-SP, 2022).....	20
<b>Tabela 3</b> – Incremento de produtividade, receita bruta, custo do fertilizante (N em cobertura) e retorno econômico das médias de produtividade das doses de N aplicadas no ambiente de sequeiro, considerando o incremento de fertilizantes em relação a dose de 40 kg ha <sup>-1</sup> de N.....	23
<b>Tabela 4</b> – Incremento de produtividade, receita bruta, custo do fertilizante (N em cobertura) e retorno econômico das médias de produtividade das doses de N aplicadas no ambiente irrigado, considerando o incremento de fertilizantes em relação a dose de 40 kg ha <sup>-1</sup> de N.....	23

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

kg Quilograma

ha Hectare

US\$ Dólar

SP São Paulo

N Nitrogênio

FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations

CONAB Companhia Nacional de Abastecimento

% Porcentagem

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

R\$ Reais

NH<sub>3</sub> Amônia

°C Grau Celsius

mm Milímetro

cm Centímetro

pH Potencial Hidrogeniônico

MO Matéria Orgânica

P Fósforo

K Potássio

Ca Cálcio

Mg Magnésio

SB Soma de Bases

CTC Capacidade de Troca de Cátions

V Saturação

CaCl<sup>2</sup> Cloreto de Cálcio

g/dm<sup>3</sup> Grama por Decímetro Cúbico

mg/dm<sup>3</sup> Miligrama por Decímetro Cúbico

mmolc/dm<sup>3</sup> Milimol por Decímetro Cúbico

Zn Zinco

IEA Instituto de Economia Agrícola

IPEA Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

t Tonelada

IFA International Fertilizer Association

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS</b> .....	12
<b>3 JUSTIFICATIVA</b> .....	15
<b>4 OBJETIVOS</b> .....	15
4.1 Objetivo Geral.....	15
4.2 Objetivos Específicos.....	15
<b>5 TRABALHO DE PESQUISA – ARTIGO CIENTÍFICO</b> .....	16
5.1 Introdução.....	16
5.2 Materiais e Métodos.....	17
5.3 Resultados e discussão.....	19
5.4 Conclusões.....	24
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	24
<b>7 REFERÊNCIAS</b> .....	26

## 1 INTRODUÇÃO

O milho é uma das commodities mais produzidas no mundo, apresentando índices de produção acima de 1,1 bilhão de toneladas em 2020 e tendo como maiores contribuidores para esse alto rendimento os Estados Unidos, China e Brasil (FAO, 2022). A partir da análise de dados disponíveis no portal da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (2022), os três países são responsáveis por cerca de 62% de todo milho produzido no planeta. De acordo com informações da Companhia Nacional de Abastecimento (2022), a previsão de produção no Brasil para a safra 2022/2023 é de alta, alcançando o valor recorde de 126.941,5 mil toneladas com produtividade média de 5.665 kg ha<sup>-1</sup>.

Entre os fatores que podem explicar o esperado aumento na produção de milho no Brasil é a expansão da área de plantio prevista para a safra 2022/2023, de 22.407,2 mil hectares, representando um aumento de aproximadamente 41% nos últimos dez anos, além do uso de fertilizantes nitrogenados que possibilitam maiores índices de produtividade e podem influenciar positivamente na qualidade dos grãos (CONAB, 2022; MUMBACH *et al.*, 2017). Deve-se considerar, também, que em consequência do aumento da área de plantio e na busca por acréscimos na produção, grandes quantidades de nitrogênio serão necessárias para suprir as demandas da cultura de milho (GARCIA *et al.*, 2017).

A cultura de milho é exigente em nitrogênio (N), uma vez que este nutriente é um dos principais fatores na questão de produtividade, pois possui importantes funções bioquímicas na planta, como parte de diversas estruturas da célula vegetal. (BIESDORF *et al.*, 2016; RAVEN; EVERT; EICHHORN, 1996). Apesar da importância do N para a cultura de milho, os fertilizantes nitrogenados sofrem grandes perdas por volatilização e lixiviação, gerando perdas econômicas ao produtor e problemas ambientais (BIESDORF *et al.*, 2016).

A adubação nitrogenada é responsável por grande parte dos custos observados em fertilizantes na produção de milho (NUNES *et al.*, 2015). Para tanto, segundo Galindo *et al.* (2017) é necessário melhorar as práticas de uso de N, principalmente a quantidade necessária para se alcançar produtividades satisfatórias, sem causar prejuízos econômicos e garantindo as melhores condições ambientais possíveis.

Portanto, esta dissertação foi realizada com o objetivo central de analisar a influência de diferentes doses de nitrogênio na produtividade e retorno econômico na cultura do milho irrigado e de sequeiro em condições de lavouras, no município de Buri – SP.

## 2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

O N é um componente fundamental de estruturas da célula vegetal, tais como aminoácidos, proteínas, nucleotídeos, ácidos nucléicos, clorofilas, coenzimas, hormônios e outros, sendo exigido em altas quantidades (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 1996; EMBRAPA, 2014). A deficiência hídrica e a ausência de N podem ser consideradas fatores que mais restringem a produção de biomassa em ecossistemas naturais (LEMAIRE e GASTAL, 1997; RAVEN; EVERT; EICHHORN, 1996). A limitação de N pode causar diversos problemas fisiológicos e bioquímicos no vegetal, interferindo no crescimento da planta e no desenvolvimento de raízes e folhas (EMBRAPA, 2014).

O nitrogênio gasoso ( $N_2$ ) constitui 78% dos gases atmosféricos, contudo, o  $N_2$  não pode ser usado pelas plantas devido a sua tripla ligação entre os átomos de nitrogênio (HUNGRIA, 2011). Os vegetais assimilam o nitrogênio na forma mineral presente no solo, sendo as principais formas absorvidas a de nitrato ( $NO_3^-$ ) e amônio ( $NH_4^+$ ) (VIEIRA, 2017).

De acordo com Dartora *et al.* (2013), uma ampla parte dos solos brasileiros possuem baixa disponibilidade de N, acarretando na necessidade do uso de adubos nitrogenados. O uso de fertilizantes inorgânicos é o método mais comum para incorporação do N nas culturas agrícolas (DARTORA *et al.*, 2013; MUMBACH *et al.*, 2017).

Apesar do uso de fertilizantes nitrogenados ser necessário para o aumento na produção de milho no Brasil, vale destacar que para Netto *et al.* (2020) a eficácia no uso de N ainda é reduzida. Além disso, Tilman *et al.* (2002) já apontavam que o aumento na demanda de alimentos nos próximos 50 anos proporcionaria o desafio de se garantir uma agricultura mais sustentável, buscando melhorar os rendimentos e sem comprometer a integridade ambiental ou a saúde pública. Isso se deve ao fato de que cerca de 60% do N presente nos fertilizantes nitrogenados não são aproveitados pelas plantas, devido a volatilização da amônia e lixiviação do nitrato, poluindo corpos hídricos e atmosfera, causando também a redução na eficiência de N (COSTA; KEMPKA; SKORONSKI, 2016; FREITAS, 2015; NETTO *et al.*, 2020).

Segundo Okumura; Mariano e Zaccheo (2011), considerando as questões econômicas e ambientais, a dose de N a ser aplicada é a principal decisão a ser tomada no manejo de fertilizantes. As recomendações de adubação nitrogenada em cobertura para a cultura de milho de sequeiro variam de 40 a 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, já na agricultura irrigada, seriam necessárias doses mais altas de N, objetivando a obtenção de elevadas taxas de produção, variando de 100 a 150 kg ha<sup>-1</sup> de N (EMBRAPA, 2022).

Na literatura são observados muitas pesquisas que alcançaram maior produtividade com o uso de doses de N acima de 100 kg ha<sup>-1</sup>, apresentando estudos com dose acima da faixa recomendada pela EMBRAPA, como os casos apontados nas pesquisas de Netto *et al.* (2020), Petean *et al.* (2019) e Veloso *et al.* (2020) que atingiram maiores produtividades com dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N. Vale destacar, também, o estudo de Bernardes e Júnior (2020), que alcançaram máxima produtividade com a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Apesar da existência de recomendações de doses de N para a cultura de milho, deve-se considerar que os resultados de produtividade podem variar devido a muitos fatores, tais como a diversidade de condições edafoclimáticas do Brasil, épocas de semeadura, diferentes sistemas de cultivo e os distintos genótipos de milho disponíveis para cultivo (OKUMURA; MARIANO; ZACCHEO, 2011). Um ponto a se atentar, é que segundo Hirel *et al.* (2011) a relação entre genótipos e doses de N revelam que para se alcançar grandes produtividades os híbridos necessitam de altos níveis de adubação nitrogenada, assim, não sendo possível alcançar melhores números de produção com doses de N reduzidas. Para Kamprath; Moll e Rodriguez. (1982), isso se deve pelo fato de que os milhos geneticamente melhorados são desenvolvidos, comumente, com o uso de altas quantidades de fertilizantes nitrogenados.

A ureia é o fertilizante mais utilizado no Brasil, devido a sua facilidade de produção, custo final mais vantajoso ao agricultor e por possuir alta concentração de N, aproximadamente 45% (MAZZETTO *et al.* 2020; SOUZA; BUZZETTI; MOREIRA, 2015). No entanto, um dos grandes desafios enfrentados pelos agricultores é referente a perdas de N pela volatilização da amônia, quando aplicado a ureia na cultura de milho, ocasionando grandes impactos econômicos e ambientais, como a emissão de óxidos de N, um gás de efeito estufa (NETTO *et al.*, 2020; CANCELLIER *et al.*, 2016). Outro problema é relatado por Cabezas *et al.* (2000), os pesquisadores aferiram que pode haver uma redução de 10 kg ha<sup>-1</sup> no rendimento de grãos de milho como resultado da volatilização de 1% de amônia.

Já é amplamente conhecida na literatura a importância de N para a cultura de milho, estando diretamente relacionado as funções metabólicas das plantas, taxas fotossintéticas e nos fatores de produtividade (JAKELAITIS; SILVA; FERREIRA, 2005; GALINDO *et al.*, 2019). No estudo realizado por Bernardes e Júnior (2020) foi observado incremento de 11,5% na produtividade quando comparado ao tratamento sem N. Já as pesquisas de Aosani *et al.* (2018) e Besen *et al.* (2020) relataram aumento na lucratividade de 57% e 205%, respectivamente, quando comparado ao tratamento sem N.

Na literatura também são observados estudos que demonstram altas taxas de produtividade de milho com doses acima de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, como alcançada por Bernardes

e Júnior (2020), aplicando a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N obtiveram produtividade de 12.761 kg ha<sup>-1</sup>, seguido por Netto *et al.* (2020) que atingiram a produção de 12.218 kg ha<sup>-1</sup> utilizando 180 kg ha<sup>-1</sup> de N. Outros resultados são vistos na pesquisa de Besen *et al.* (2020), onde a produtividade foi de 11.961,91 kg ha<sup>-1</sup> com a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N e no estudo de Aosani *et al.* (2018), onde se constatou a produção de 10.753,01 kg ha<sup>-1</sup> com a aplicação da dose de 113 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Em outro sentido, Santos *et al.* (2020) apontaram maior produtividade de milho com dose de 125 kg ha<sup>-1</sup> de N, contudo verificou-se que a dose de 75 kg ha<sup>-1</sup> de N gerou melhor retorno financeiro, representando um aumento de 9% na lucratividade quando comparado com os rendimentos obtidos com a maior dose de N. Rolim *et al.* (2018) conseguiram maior renda bruta utilizando 96,8% da dose recomendada, porém citam que os altos custos gerados pela adubação tornam essa dosagem economicamente inviável, fazendo com que a dose de 59,8% de N recomendado seja a que proporcionou maior renda, considerando os acréscimos nos custos com fertilizantes. Netto *et al.* (2020) alcançaram maior produtividade de milho com a dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, mas averiguaram que a dose que garantiu maior eficiência agrônômica no uso de N foi a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup>, a partir da prática de incorporação, gerando produtividade de 9.166 kg ha<sup>-1</sup>. Petean *et al.* (2019) relataram situação semelhante, atingindo maior produtividade de milho com dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, entretanto apontando a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N como a que proporcionou melhor resultado de eficiência agrônômica.

### **3 JUSTIFICATIVA**

A partir da compreensão de que cerca de 60% do N contido nos fertilizantes nitrogenados não chegam a ser incorporados pelas plantas e tendo em conta o aumento na demanda por alimentos e o elevado custo econômico do uso de fertilizantes nitrogenados, além dos custos ambientais que são gerados pela perda e uso inadequado desses fertilizantes, se faz necessário o estudo de procedimentos que possibilitem o uso racional de N, oportunizando a redução de perdas desse nutriente, conseqüentemente promovendo a otimização nos custos de produção (FREITAS, 2015; BIESDORF *et al.*, 2015; CANCELLIER *et al.*, 2011).

### **4 OBJETIVOS**

#### **4.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar a influência de diferentes doses de nitrogênio na produtividade e retorno econômico na cultura do milho irrigado e de sequeiro em condições de lavouras, no município de Buri – SP.

#### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar a produtividade do milho em ambientes irrigado e sequeiro, sob a influência de diferentes doses de N.
  
- Avaliar a viabilidade econômica do uso de diferentes doses de N na cultura do milho irrigado e sequeiro.

## 5 TRABALHO DE PESQUISA – ARTIGO CIENTÍFICO

### PRODUTIVIDADE E RETORNO ECONÔMICO SOB DOSES DE NITROGÊNIO EM LAVOURAS DE MILHO IRRIGADO E SEQUEIRO

#### 5.1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é uma das culturas mais difundidas e mais antigas do mundo, sendo seu cultivo uma prática de grande relevância social e econômica para agricultores brasileiros, isto pode ser constatado quando se observa que este cereal é cultivado em todas as regiões do Brasil (GALINDO *et al.*, 2016; SKONIESKI *et al.*, 2019).

O nitrogênio (N) é o nutriente mais requerido na cultura de milho e sua ausência ou uso inadequado podem ser um dos fatores limitantes que mais afetam o rendimento de grãos, uma vez que o N está diretamente ligado a importantes funções bioquímicas da planta, fazendo parte de componentes da célula vegetal, tais como aminoácidos, proteínas, nucleotídeos, ácidos nucléicos, clorofilas, entre outros (SOUZA; BUZETTI; MOREIRA, 2015; RAVEN; EVERT; EICHHORN, 1996).

No ano de 2020 a agricultura brasileira consumiu 5.255.000 toneladas de N, sendo utilizado em média 93,06 kg ha<sup>-1</sup>, caracterizando um aumento de consumo por hectare de 206% desde 2000 (IFA, 2022; FAO, 2022). A importância do N na cultura do milho e o uso de altas quantidades desse nutriente no plantio fazem com que os fertilizantes nitrogenados representem um dos custos mais onerosos na produção (GARCIA *et al.*, 2017; SOUZA; BUZETTI; MOREIRA, 2015). De acordo com dados do Instituto de Economia Agrícola (2022), o sulfato de amônio apresentou valor de R\$ 3.835,00 por tonelada em dezembro de 2021, aumento de aproximadamente 159% quando comparado ao preço do mês de janeiro do mesmo ano, e a ureia obteve o valor de R\$ 6.307,78 por tonelada em dezembro de 2021, aumento de aproximadamente 172% quando comparado ao preço do mês de janeiro do mesmo ano.

A alta no preço da ureia afeta diretamente na lucratividade da produção de milho, devido ao fato de ser a fonte de N mais utilizada por agricultores no Brasil, seguido pelo sulfato de amônio (BIESDORF *et al.*, 2015). A preferência dos agricultores pela ureia se baseia na vantagem dessa fonte possuir alta concentração de N, cerca de 45%, no entanto, a ureia é suscetível a perdas por volatilização de NH<sub>3</sub>, gerando prejuízos no plantio e podendo, ainda, contribuir com problemas ambientais (SOUZA; BUZETTI; MOREIRA, 2015; FREITAS, 2015).

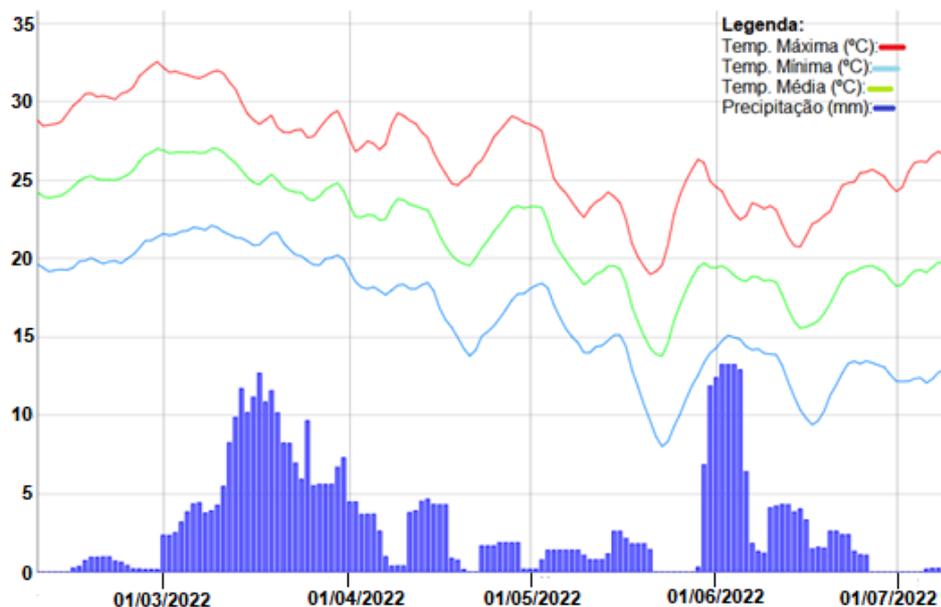
A partir da compreensão de que cerca de 60% do N contido nos fertilizantes nitrogenados não chegam a ser incorporados pelas plantas e tendo em conta o aumento na demanda por alimentos e o elevado custo econômico do uso de fertilizantes nitrogenados, além dos custos ambientais que são gerados pela perda e uso inadequado desses fertilizantes, se faz necessário o estudo de procedimentos que possibilitem o uso racional de N, oportunizando a redução de perdas desse nutriente, consequentemente otimizando os custos de produção (FREITAS, 2015; BIESDORF *et al.*, 2015).

O estudo teve como objetivo central analisar a influência de diferentes doses de nitrogênio na produtividade e retorno econômico na cultura do milho irrigado e de sequeiro em condições de lavouras, no município de Buri – SP.

## 5.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em lavouras de fevereiro a julho de 2022, na Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, no município de Buri - SP. O campus situa-se nas coordenadas 23°35'58.3"S 48°31'47.8"W. Possui temperatura média anual de 20,9 °C e pluviosidade média anual de 1.315 mm (CLIMATEMPO, 2022). Segundo a classificação climática de Köppen o clima da região é do tipo subtropical com inverno seco e verão quente (Cwa) (EMBRAPA, 2022). Os dados de temperatura e precipitação durante o período de condução do experimento são apresentados na Figura 1.

**Figura 1.** Dados de temperatura e precipitação durante o período de execução do estudo (Buri-SP).



**Fonte:** Adaptado de Agritempo (2022).

A cultura do milho foi instalada em duas áreas, uma em lavoura de sequeiro (ambiente 1), por meio do sistema preparo convencional para a reforma da pastagem, e outra em lavoura irrigada (ambiente 2), em sistema de plantio direto na palha. O plantio foi realizado em Latossolo (ROSSI, 2017) e as características químicas do solo são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características químicas dos solos coletados na camada 0-20 cm de profundidade dos ambientes 1 (sequeiro) e 2 (irrigado).

Local	pH	MO	P	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	CaCl <sup>2</sup>	g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mmolc/dm <sup>3</sup>					%
Ambiente 1 (sequeiro)	5,3	36	28	5,8	64	29	99,2	121,2	82
Ambiente 2 (irrigado)	4,9	29	74	3,2	38	12	53,2	113,2	47

A semeadura do ambiente 1 ocorreu no dia 09/02/2022 e foi semeado o cultivar DKB177PRO3. Já no ambiente 2 a semeadura foi realizada no dia 08/02/2022 e foi semeado o cultivar NS90PRO2. As escolhas dos cultivares foram realizadas conforme as recomendações técnicas para Fazenda Lagoa do Sino (sequeiro e irrigada) e por serem indicados para cultivo em safrinha. A população final estimada foi de 48.000 plantas ha<sup>-1</sup> no ambiente 1 e de 52.000 plantas ha<sup>-1</sup> no ambiente 2.

Os tratamentos em cada ambiente consistiram de 4 doses de N (40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de N). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 8 repetições. Cada unidade experimental foi composta por duas linhas de 5 m de comprimento, espaçadas em 0,5 m. As duas fileiras centrais foram consideradas úteis, desprezando 0,5 m das extremidades.

A fonte de N foi a ureia (45% de N) e na semeadura do milho foram utilizados 300 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 8-28-16 (N-P-K) + 1% de Zn. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada a lanço, quando as plantas se encontravam no estágio V4 a V6. As irrigações ocorreram conforme a demanda hídrica no ambiente 2.

A colheita foi realizada manualmente no dia 09/07/2022, sendo colhidas 10 plantas das fileiras úteis de cada parcela. Foi avaliada a variável massa de grãos por planta (corrigindo-se para 13% de umidade).

Os dados de produtividade foram submetidos à análise de variância pelo teste F (p<0,05), teste de Tukey (5% probabilidade) e análise de regressão quadrática. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software Sisvar 5.8 e planilhas eletrônicas.

Também se avaliou o retorno econômico das doses de N utilizadas nos experimentos, a partir da adaptação da metodologia descrita em Queiroz *et al.* (2011). Para a realização dessa análise foram considerados os dados de produtividade nas doses de N utilizadas em cada tratamento. Para tanto, foram calculados: a) a receita bruta (US\$ ha<sup>-1</sup>), considerando o valor médio da saca de 60 kg de milho praticado em Itapetininga-SP, no dia 14/07/2022, sendo o preço médio de R\$ 82,00, posteriormente, o valor foi convertido para dólar, de acordo com a cotação do dia 14/07/2022, US\$ 1,00 igual a R\$ 5,45; b) o custo do fertilizante (US\$ ha<sup>-1</sup>), considerando o valor da ureia de R\$ 6.298,65 por tonelada, referente ao mês de março de 2022, em seguida sendo também convertido em dólar; c) o retorno econômico de acordo com o incremento de fertilizante (US\$ ha<sup>-1</sup>), sendo a diferença entre o valor do incremento da receita bruta e o valor do incremento no custo do fertilizante para cada dose de N (IEA, 2022; IPEA, 2022).

Para o estudo do retorno econômico da aplicação de diferentes doses de N na cultura de milho nos ambientes 1 (sequeiro) e 2 (irrigado) foram considerados os incrementos de produtividade em relação a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura (+ 24 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura). Isso se justifica uma vez que é amplamente conhecida na literatura a importância de N no desenvolvimento do milho e a necessidade de doses de fertilizantes nitrogenados para se alcançar produtividades adequadas (SICHOCKI *et al.*, 2014; SOUZA; BUZZETTI; MOREIRA, 2015; BESEN *et al.*, 2020). Além do fato de que segundo Duarte; Cantarella e Quaggio (2022), considerando adubação de semeadura mais a adubação de cobertura, para se alcançar a produtividade de grãos de milho de aproximadamente 6 t ha<sup>-1</sup> é recomendada a dose total de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N.

### 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se resposta significativa, de acordo com o teste F, para as doses de N (5% de probabilidade) e entre os dois ambientes (Teste F significativo a 1% de probabilidade). O coeficiente de variação para análise conjunta com ambos ambientes foi de 8,56%.

Na tabela 2 as médias de produtividade de grãos de milho obtidas nos diferentes níveis de N dos ambientes 1 (sequeiro) e 2 (irrigado) são apresentadas. Não houve diferença significativa entre as médias das doses de N dentro de cada ambiente. No entanto, quando analisada as médias de produtividade de grãos de milho entre o ambiente 1 (sequeiro) e 2 (irrigado) observa-se maior produtividade no ambiente 2, produzindo em média 1.316 kg ha<sup>-1</sup> de grãos a mais do que no ambiente 1, considerando-se as médias de doses de N. Os resultados encontrados nesta pesquisa estão de acordo com os observados em Carvalho *et al.*

(2014), que averiguaram maiores índices de massa de espiga e massa de grãos por espiga em área irrigada do que em sequeiro, avaliando que o incremento nessas duas variáveis sofre influência direta das condições climáticas, do estabelecimento e desenvolvimento da cultura, sendo necessário um equilíbrio entre esses fatores para maior eficiência produtiva. Outro estudo que corrobora com a presente pesquisa é o desenvolvido pela EMBRAPA (2019) em Minas Gerais, onde se analisou a produtividade potencial de silagem de milho em área irrigada e sequeiro, e constatou que nas áreas sem irrigação a produtividade e qualidade da silagem foi menor quando comparado a área irrigada. Assim sendo, a menor disponibilidade hídrica, condições de solo e genótipos distintos podem explicar as diferenças no desempenho amostrado nos ambientes 1 e 2 desta pesquisa, ressaltando-se a importância de se realizar experimentos em diferentes condições edafoclimáticas.

**Tabela 2.** Produtividade média de grãos de milho sob diferentes doses de N, ambientes de sequeiro e irrigado (Buri-SP, 2022).

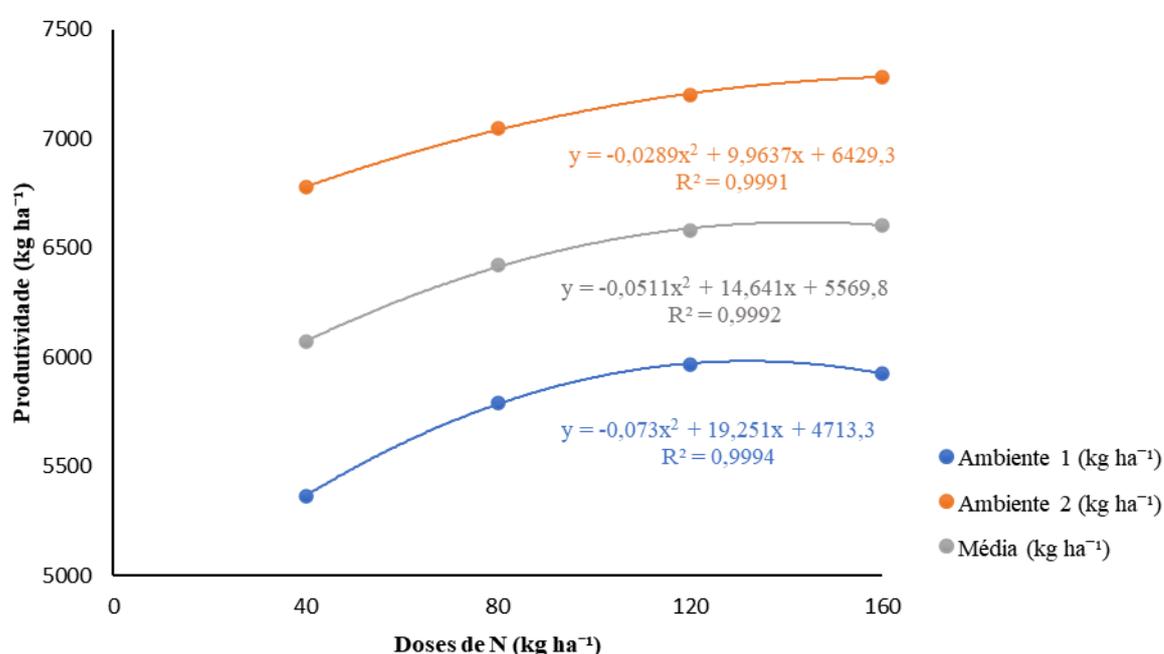
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Ambiente 1 (kg ha <sup>-1</sup> )	Ambiente 2 (kg ha <sup>-1</sup> )	Média (kg ha <sup>-1</sup> )
40	5.364	6.779	6.071 b
80	5.794	7.049	6.422 ab
120	5.965	7.201	6.583 ab
160	5.928	7.286	6.607 a
Média	5.763 B	7.079 A	6.421

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Ao analisar a tendência em cada ambiente, é possível apontar que as áreas de sequeiro e irrigada geraram diferentes respostas na variável produtividade de grãos por hectare (Figura 2). Os dados revelam que no ambiente 1 (sequeiro) houve uma produtividade com tendência de queda após a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, diferentemente do observado nos dados do ambiente 2 (irrigado), onde mostra a curva de produtividade ainda com tendência de crescimento em ambas regressões. Esses resultados vão de encontro aos apresentados por Melo *et al.* (2018), onde verificaram que a irrigação influencia positivamente nos componentes de crescimento e produtividade do milho, podendo alcançar números de produção superiores aos alcançados em áreas que dependem da chuva, como na área de sequeiro apresentada nesta pesquisa, e por Pavinato *et al.* (2008) que em seu artigo ressaltaram que a melhor eficiência na produtividade de grãos é verificada em condições de ambientes irrigados, podendo observar redução dessa eficiência em condições de sequeiro.

Para tanto, a irrigação se mostra como uma tecnologia significativa na busca de se potencializar a produtividade na cultura de milho, valendo ressaltar a necessidade da integração de tecnologias para essa finalidade, como também o emprego de cultivares mais adaptados a cada condição edafoclimática, considerando os diferentes ambientes e a variação na disponibilidade hídrica (SANTOS *et al.*, 2020; MELO *et al.*, 2018).

**Figura 2.** Comportamento da produtividade de grãos de milho em função de doses de N na área de sequeiro (ambiente 1), na área irrigada (ambiente 2) e média total dos ambientes 1 (sequeiro) e 2 (irrigado) – Buri-SP, 2022.



A curva das médias dos ambientes 1 (sequeiro) e 2 (irrigado) apresentou tendência de crescimento, evidenciando a resposta positiva da produtividade de grãos por hectare com a adição de doses de N, porém, na regressão quadrática, com redução na taxa de incremento em produtividade após 120 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 2). Resultados similares foram observados por Besen *et al.* (2020), que registraram incrementos no número de grãos por espiga com o uso de 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N. Sichocki *et al.* (2014) também verificaram que houve incrementos no número de grãos na fileira com o aumento de doses de N, sendo utilizados 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha<sup>-1</sup>. Esses resultados corroboram com Goes *et al.* (2012), que apontam que número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e número de grãos por espiga estão diretamente relacionados a doses aplicadas de N.

Em relação a análise econômica, observa-se que não houve retorno econômico do incremento de fertilizante, quando da análise conjunta dos ambientes 1 (sequeiro) e 2

(irrigado) (Tabelas 3 e 4). O maior retorno econômico verificado, em relação a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, na área de sequeiro foi US\$ 61,60 e na área irrigada foi de US\$ 21,48, ambos com a aplicação da dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N. Resultado diferente dos encontrados nas pesquisas de Sichoeki *et al.* (2014), que obtiveram receita bruta e lucro incrementados de forma linear com as doses de 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicadas, e de Queiroz *et al.* (2011) que definiram a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N a que promoveu melhor retorno econômico. Ainda é possível verificar que quando considerado as médias de produtividade das doses de N nos dois ambientes, sequeiro e irrigado (Tabela 2), observa-se que a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N diferiu estatisticamente da dose de 160 kg ha<sup>-1</sup>, e as doses intermediárias, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>, não diferiram tanto, estatisticamente, da maior dose quanto da menor dose aplicada em cobertura. Desta forma, a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N se apresentou como a de menor custo de adubação. Esse dado é semelhante ao obtido por Souza *et al.* (2019), onde alcançaram máxima produtividade de milho verde, com menor custo de produção, utilizando a dose de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N. Farinelli e Lemos (2012) também apresentaram resultados similares, demonstrando em sua pesquisa que a dose de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N para a produção de milho pode ser a mais indicada aos produtores que possuem limitações técnicas e financeiras, como no ambiente de sequeiro estudado nesta pesquisa. A partir disso, esse resultado é significativo, pois identifica a possibilidade de o produtor alcançar maiores lucratividades com uso reduzido de fertilizantes nitrogenados.

É importante destacar que os valores e custos dos fertilizantes nitrogenados podem variar ao longo do tempo e que a presente pesquisa busca refletir apenas uma análise momentânea. Essa análise é relevante ao se considerar o aumento de 206% no consumo de N por hectare no Brasil entre os anos de 2000 a 2020 (IFA, 2022).

A pesquisa de campo não proporcionou grandes acréscimos de lucro como observados nas pesquisas de Sichoeki *et al.* (2014) e Besen *et al.* (2019) que relataram, respectivamente, lucratividade de 68% com a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N e aproximadamente 205% com a aplicação da dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N. Contudo, vale destacar que a presente pesquisa alcançou melhores margens de ganho com a aplicação da dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, em relação a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, considerando a análise conjunta dos ambientes 1 e 2 (Tabela 3), representando redução de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N da dose mínima de fertilizante nitrogenado recomendada para agricultura irrigada (120 a 160 kg ha<sup>-1</sup> de N) e dentro da faixa recomendada de adubação nitrogenada para a cultura de milho de sequeiro (60 a 100 kg ha<sup>-1</sup> de N) (EMBRAPA, 2006).

**Tabela 3.** Incremento de produtividade, receita bruta, custo do fertilizante (N em cobertura) e retorno econômico das médias de produtividade das doses de N aplicadas no ambiente de sequeiro, considerando o incremento de fertilizantes em relação a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Incremento de Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Incremento da Receita Bruta (US\$ ha <sup>-1</sup> ) <sup>1-3</sup>	Incremento no Custo do Fertilizante (US\$ ha <sup>-1</sup> ) <sup>2-3</sup>	Retorno Econômico de Acordo com o Incremento de fertilizante (US\$ ha <sup>-1</sup> ) <sup>3</sup>
40	-	-	-	-
80	430	107,83	46,23	61,60
120	601	150,71	92,46	58,25
160	564	141,43	138,69	2,74

<sup>1</sup>Preço do milho praticado em Itapetininga (SP) em 14/07/2022; <sup>2</sup>Preço médio do fertilizante (ureia) em março de 2022; <sup>3</sup>Cotação do dólar do dia 14/07/2022.

**Tabela 4.** Incremento de produtividade, receita bruta, custo do fertilizante (N em cobertura) e retorno econômico das médias de produtividade das doses de N aplicadas no ambiente irrigado, considerando o incremento de fertilizantes em relação a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Incremento de Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Incremento da Receita Bruta (US\$ ha <sup>-1</sup> ) <sup>1-3</sup>	Incremento no Custo do Fertilizante (US\$ ha <sup>-1</sup> ) <sup>2-3</sup>	Retorno Econômico de Acordo com o Incremento de fertilizante (US\$ ha <sup>-1</sup> ) <sup>3</sup>
40	-	-	-	-
80	270	67,71	46,23	21,48
120	422	105,82	92,46	13,36
160	507	127,14	138,69	-11,55

<sup>1</sup>Preço do milho praticado em Itapetininga (SP) em 14/07/2022; <sup>2</sup>Preço médio do fertilizante (ureia) em março de 2022; <sup>3</sup>Cotação do dólar do dia 14/07/2022.

Os dados obtidos são relevantes na busca por maior sustentabilidade na agricultura e estão de acordo com dados apontados nas pesquisas de Santos *et al.* (2020), que apontaram aumento de 9% na lucratividade com a aplicação da dose de 75 kg ha<sup>-1</sup> de N, e Rolim *et al.* (2018), que avaliaram a dose de 59,8% de N recomendado como a mais viável economicamente. Além das pesquisas de Netto *et al.* (2020) e Petean *et al.* (2019), que evidenciaram melhor eficiência agrônômica com o uso da dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Os números apresentados por meio da pesquisa de campo podem contribuir com a literatura, uma vez que foi possível observar que a utilização da dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N resultou em maior retorno econômico, em relação a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, quando considerado o custo do fertilizante sobre a receita bruta, tanto em ambiente de sequeiro quanto irrigado, podendo ser um fator de que o nutriente teve um melhor aproveitamento na produtividade de grãos de milho. Farinelli e Lemos (2012) corroboram com essa análise, uma vez que em sua pesquisa foi observado que a produtividade de milho é crescente conforme o aumento das doses de N, contudo, a eficiência no uso de N é decrescente. Esses dados são interessantes quando se objetiva reduzir os impactos ambientais gerados pelo excessivo consumo de fertilizantes na agricultura e na viabilidade econômica desse nutriente.

Este estudo também corrobora com dados encontrados na literatura, como apontado por Pavinato *et al.* (2008) em seu artigo, onde ressalta que a melhor eficiência na produtividade de grãos é verificada em condições de ambientes irrigados, podendo observar redução dessa eficiência em condições de sequeiro. Contudo, os valores de retorno econômico, quando considerado o custo do fertilizante sobre a receita bruta mais significativos foram alcançados no ambiente 1 (sequeiro).

#### **5.4 CONCLUSÕES**

Os melhores índices de produtividades foram observados na lavoura irrigada, reiterando a relevância da disponibilidade hídrica na cultura do milho.

Quando considerado o custo do fertilizante sobre a receita bruta e o uso da ureia como fonte de nitrogênio, a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N sugere maior retorno econômico para a cultura do milho, sendo mais expressivo na lavoura de sequeiro.

#### **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A necessidade de N para o desenvolvimento do milho e maiores índices de produtividade desse grão são bastante conhecidas na literatura, porém a baixa eficiência no consumo de fertilizantes nitrogenados pelas plantas, associado ao aumento expressivo nos preços e custos que oneram a lucratividade dos agricultores, além dos significativos impactos ambientais causados, demonstram a necessidade de maiores pesquisas que evidenciem possibilidades para tornar o cultivo de milho mais sustentável ambientalmente e economicamente.

Essa pesquisa sugere que estudos na redução de dose de N podem sinalizar otimização do uso da ureia, possibilitando maior lucratividade aos produtores e a garantia de uma agricultura mais sustentável.

## 7 REFERÊNCIAS

- AGRITEMPO. **Sistema de monitoramento agrometeorológico**: Buri. 2022. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Grafico/graficoEstacao.jsp?siglaUF=SP>>. Acesso em 21 jul. 2022.
- AOSANI, A. *et al.* Eficiência da inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho e adubação nitrogenada. **Unoesc & Ciência**, v.9, n.2, p.137-146, 2018. Disponível em: <<https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/acet/article/view/16743>>. Acesso em: 15 maio 2022.
- BERNARDES, J. V. S.; JÚNIOR, V. O. Estratégias de aplicação e doses de nitrogênio para o milho cultivado em solo argiloso. **Revista de Ciências Agrárias**, v.63, p.1-8, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/3304>>. Acesso em: 15 maio 2022.
- BESSEN, M. R. *et al.* Produtividade de milho e retorno econômico em sistema integrado de produção com doses de nitrogênio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.19, n.1, p.94-103, 2020. Disponível em: <<https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/14311#:~:text=Resumo,aspecto%20econ%C3%B4mico%20em%20sistema%20integrado.>>. Acesso em: 14 maio 2022.
- BIESDORF, E. M. *et al.* Métodos de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em solo de cerrado. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.3, n.1, p.44-50, 2016. Disponível em: <<https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/805>>. Acesso em: 10 maio 2022.
- CABEZAS, W. A. R. L. *et al.* Nitrogen balance of solid and liquid nitrogen sources on side-dressed no-till corn system at Triângulo Mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.24, p.363-376, 2000. Disponível em: <<https://www.rbcjournal.org/article/nitrogen-balance-of-solid-and-liquid-nitrogen-sources-on-side-dressed-no-till-corn-system-at-triangulo-mineiro-mg/>>. Acesso em: 14 maio 2022.
- CANCELLIER, L. L. *et al.* Ammonia volatilization from enhanced-efficiency urea on no-till maize in brazilian cerrado with improved soil fertility. **Agricultural Sciences**, v.40, n.2, p.133-144, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/NK77pjzKQH7qKfLVWcgzgND/?lang=en#>>. Acesso em: 13 maio 2022.
- CANCELLIER, L. L. *et al.* Eficiência no uso de nitrogênio e correlação fenotípica em populações tropicais de milho no Tocantins. **Revista Ciências Agrônômica**, v.42, n.1, p.139-148, 2011. Disponível em: <<chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcgclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/1953/195318128018.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2022.
- CARVALHO, I. R. *et al.* Desempenho agrônômico de híbridos de milho em ambiente irrigado e sequeiro. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.18, p.1144-1153, 2014. Disponível em: <<https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/2739>>. Acesso em: 13 jul. 2022.

CLIMATEMPO. **Climatologia e histórico de previsão do tempo em Buri, BR**. 2022. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/413/buri-sp>>.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Série histórica das safras: milho total. **CONAB**, 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/910-Milho>>. Acesso em: 22 out. 2022.

COSTA, D. D.; KEMPKA, A. P.; SKORONSKI, E. A contaminação de mananciais de abastecimento pelo nitrato: o panorama do problema no Brasil, suas consequências e as soluções potenciais. **REDE**, Fortaleza, v.10, n.2, p.49-61, 2016. Disponível em: <<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/338>>. Acesso em: 22 jan. 2021.

DARTORA, J. *et al.* Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.10, p.1023-1029, 2013. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662013001000001&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662013001000001&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 21 jan. 2021.

DUARTE, A. P.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Milho (*Zea mays*). In: CANTARELLA, H. *et al.* (Org.) **Boletim 100**: recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. ed. 2022. Campinas: Instituto Agrônômico, 2022. P. 199-203.

EMBRAPA. **Clima**. Disponível em: <<https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>>.

EMBRAPA. **Diagnóstico dos problemas e potencialidades da cadeia produtiva do milho no Brasil**. Documentos 168. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/118533/1/doc-168.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

EMBRAPA. Nitrogênio. **Ageitec**, 2022. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01\\_47\\_168200511159.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_47_168200511159.html)>. Acesso em: 15 maio 2022.

EMBRAPA. **Nutrição e adubação do milho**. Circular Técnica 78. Sete Lagoas: Embrapa, 2006. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/490410/1/Circ78.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2022.

EMBRAPA. **Simulação da produtividade potencial de silagem de milho em municípios de Minas Gerais**. Documentos 234. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1111037/simulacao-da-produtividade-potencial-de-silagem-de-milho-em-municipios-de-minas-gerais>>. Acesso em: 20 jul. 2022.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.1, p.63-70, 2012. Disponível em: <[chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjcgclcfndmkaj/https://www.scielo.br/j/pat/a/mqNL3dMR5Sqjzb9JCzg9fVr/?format=pdf&lang=pt#:~:text=\(2009\)%20obtiveram%20maior%20produtivida](chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjcgclcfndmkaj/https://www.scielo.br/j/pat/a/mqNL3dMR5Sqjzb9JCzg9fVr/?format=pdf&lang=pt#:~:text=(2009)%20obtiveram%20maior%20produtivida)>

de% 20com,condi% C3%A7%C3%B5es% 20clim%C3%A1ticas% 20do% 20ano% 20agr%C3%ADcola.>. Acesso em: 22 set. 2022.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; WORLD HEALTH ORGANIZATION. Crops. **FAOSTAT**, 2022. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 04 maio 2022.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; WORLD HEALTH ORGANIZATION. Fertilizers indicators. **FAOSTAT**, 2022. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/EF/visualize>>. Acesso em: 04 maio 2022.

FREITAS, S. M. Nitrogênio: um dilema entre produzir e poluir? **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v.10, n.11, p.1-6, 2015. Disponível em: <<http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=13816>>. Acesso em: 02 fev. 2021.

GALINDO, F. S. *et al.* Corn yield and foliar diagnosis affected by nitrogen fertilization and inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.40, p.1-18, 2016. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/304609542\\_Corn\\_Yield\\_and\\_Foliar\\_Diagnosis\\_Affected\\_by\\_Nitrogen\\_Fertilization\\_and\\_Inoculation\\_with\\_Azospirillum\\_brasilense](https://www.researchgate.net/publication/304609542_Corn_Yield_and_Foliar_Diagnosis_Affected_by_Nitrogen_Fertilization_and_Inoculation_with_Azospirillum_brasilense)>. Acesso em: 03 maio 2022.

GALINDO, F. S. *et al.* Maize yield response to nitrogen rates and sources associated with *Azospirillum brasilense*. **Agronomy Journal**, v.3, ed.4, p. 1985-1997, 2019. Disponível em: <<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/agronj2018.07.0481>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

GARCIA, M. M. *et al.* Effects of *Azospirillum brasilense* on growth and yield compounds of maize grown at nitrogen limiting conditions. **Revista de Ciências Agrárias**, v.40, n.2, p.353-362, 2017. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/317039467\\_Effects\\_of\\_Azospirillum\\_brasilense\\_on\\_growth\\_and\\_yield\\_compounds\\_of\\_maize\\_grown\\_at\\_nitrogen\\_limiting\\_conditions\\_Efeitos\\_de\\_Azospirillum\\_brasilense\\_sobre\\_o\\_desenvolvimento\\_e\\_produtividade\\_do\\_milho\\_cult](https://www.researchgate.net/publication/317039467_Effects_of_Azospirillum_brasilense_on_growth_and_yield_compounds_of_maize_grown_at_nitrogen_limiting_conditions_Efeitos_de_Azospirillum_brasilense_sobre_o_desenvolvimento_e_produtividade_do_milho_cult)>. Acesso em: 04 jul. 2021.

GOES, R. J. *et al.* Nitrogênio em cobertura para o milho (*Zea mays* L.) em sistema plantio direto na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.2, p. 169-177, 2012. Disponível em: <<chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104299/1/Nitrogenio-cobertura.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2022.

HIREL, B. *et al.* Improving nitrogen use efficiency in crops for sustainable agriculture. **Sustainability**, n.3, p.1452-1485, 2011. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/3/9/1452/htm>>. Acesso em: 11 maio 2022.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa, 2011. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/879471/inoculacao-com-azospirillum-brasilense-inovacao-em-rendimento-a-baixo-custo>>. Acesso em: 21 jan. 2021.

INTERNATIONAL FERTILIZER ASSOCIATION. Fertilizer consumption. **IFASTAT**, 2022. Disponível em: <[https://www.ifastat.org/databases/graph/1\\_1](https://www.ifastat.org/databases/graph/1_1)>. Acesso em: 10 maio 2022.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Fertilizantes e corretivos. **IEA**, 2022. Disponível em: <<http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/Bancodedados.php>>. Acesso em: 10 maio 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Taxa de câmbio comercial para compra: real (R\$) / dólar americano (US\$) – média. **IPEA**, 2022. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/ExibeSerie.aspx?serid=38590&module=M>>. Acesso em: 10 set. 2022.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Efeitos do nitrogênio sobre o milho cultivado em consórcio com *Brachiaria brizantha*. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.27, n.1, p.39-46, 2005. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/237027594\\_Efeitos\\_do\\_nitrogenio\\_sobre\\_o\\_milho\\_cultivado\\_em\\_consortio\\_com\\_Brachiaria\\_brizantha\\_-\\_DOI\\_104025actasciagronv27i11916](https://www.researchgate.net/publication/237027594_Efeitos_do_nitrogenio_sobre_o_milho_cultivado_em_consortio_com_Brachiaria_brizantha_-_DOI_104025actasciagronv27i11916)>. Acesso em: 15 maio 2022.

LEMAIRE, G.; GASTAL, F. N uptake and distribution in plant canopies. In: LEMAIRES, G. (ed.). **Diagnosis of nitrogen status in crops**. Springer-Verlag, Heidelberg, 1997. p.3-44.

KAMPRATH, E. J., MOLL, R. H., RODRIGUEZ, N. Effects of nitrogen fertilization and recurrent selection on performance of hybrids populations of corn. **Agronomy Journal**, v.74, n.6, p.955-958, 1982. Disponível em: <<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2134/agronj1982.00021962007400060007x>>. Acesso em: 23 jun. 2021.

MAZZETTO, A. M. *et al.* Region-specific emission factors for Brazil increase the estimate of nitrous oxide emissions from nitrogen fertiliser application by 21%. **Atmospheric Environment**, v.230, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231020302430>>. Acesso em: 16 maio 2022.

MELO, R. F.; OLIVEIRA, A. R.; SIMÕES, W. L.; SANTOS, M. L. S. Desenvolvimento e produtividade do milho brs gorutuba sob diferentes lâminas de irrigação e adubação orgânica. **Revista Científica Intelecto**, v.3, n.1, p.1-14, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1093147/desenvolvimento-e-produtividade-do-milho-brs-gorutuba-sob-diferentes-laminas-de-irrigacao-e-adubacao-organica>>. Acesso em: 22 set. 2022.

MUMBACH, G. L. *et al.* Resposta da inoculação com *Azospirillum brasilense* nas culturas de trigo e de milho safrinha. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v.18, n.2, p.97-103, 2017. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/318714147\\_Resposta\\_da\\_inoculacao\\_com\\_Azospirillum\\_brasilense\\_nas\\_culturas\\_de\\_trigo\\_e\\_de\\_milho\\_safrinha](https://www.researchgate.net/publication/318714147_Resposta_da_inoculacao_com_Azospirillum_brasilense_nas_culturas_de_trigo_e_de_milho_safrinha)>. Acesso em: 21 jan. 2021.

NETTO, M. S. *et al.* Épocas, formas de aplicação e doses de nitrogênio na cultura do milho em condições de cerrado. **Colloquium Agrariae**, v.16, n.6, p.56-66, 2020. Disponível em: <[https://journal.unoeste.br/index.php/ca/article/view/3381?gclid=CjwKCAjw4ayUBhA4EiwATWyBrjp63Mh04yu5adKoqFWdN2-gCwXdFOFXB8tK7GzNjIQgpuCBOOrLq9RoC0aQQAuD\\_BwE](https://journal.unoeste.br/index.php/ca/article/view/3381?gclid=CjwKCAjw4ayUBhA4EiwATWyBrjp63Mh04yu5adKoqFWdN2-gCwXdFOFXB8tK7GzNjIQgpuCBOOrLq9RoC0aQQAuD_BwE)>. Acesso em: 15 maio 2022.

NUNES, P. H. M. P. *et al.* Produtividade do trigo irrigado submetido à aplicação de nitrogênio e à inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p.174-182, 2015. Disponível em: <<chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglcfindmkaj/https://www.scielo.br/j/rbcs/a/MYYjmQ53BDwxqynzhQRG8tN/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 10 out. 2022.

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. C.; ZACCHEO, P. V. C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.4, n.2, p.226-235, 2011. Disponível em: <<chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglcfindmkaj/https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/viewFile/1337/1456#:~:text=A%20resposta%20da%20cultura%20do,e%20pelos%20microrganismos%20do%20solo.>>. Acesso em: 15 maio 2022.

PAVINATO, P. S. *et al.* Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, v.38, n.2, p.358-364, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/5DBXBt9DKkjmhvwtM6yxQBJ/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 14 set. 2022.

PETEAN, C. C. *et al.* Polímeros orgânicos com ureia dissolvida e doses de nitrogênio no milho. **Revista de Ciências Agrárias**, v.62, p.1-9, 2019. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/333933899\\_Polimeros\\_organicos\\_com\\_ureia\\_dissolvida\\_e\\_doses\\_de\\_nitrogenio\\_no\\_milho](https://www.researchgate.net/publication/333933899_Polimeros_organicos_com_ureia_dissolvida_e_doses_de_nitrogenio_no_milho)>. Acesso em: 16 maio 2022.

QUEIROZ, A. M. *et al.* Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.3, p. 257-266, 2011. Disponível em: <<http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/355>>. Acesso em: 20 jul. 2022.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 5ª. ed. Guanabara Koogan, 1996.

ROLIM, R. R. *et al.* Produtividade e rentabilidade do milho em função do manejo da adubação na região do Cariri-CE. **Revista Científica Rural**, v.20, n.1, p.204-221, 2018. Disponível em: <<http://revista.urcamp.tche.br/index.php/RCR/article/view/292>>. Acesso em: 14 maio 2022.

ROSSI, M. Mapa pedológico do estado de São Paulo: revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. P. 87.

SANTOS, J. B. *et al.* Características agronômicas e avaliação econômica do milho sob doses de nitrogênio na forma de ureia comum e peletizada. **Revista Agri-Environmental Sciences**,

v.6, p.1-9, 2020. Disponível em: <<https://revista.unitins.br/index.php/agri-environmental-sciences/article/view/3561>>. Acesso em: 16 maio 2022.

SICHOCKI, D. *et al.* Resposta do milho safrinha à doses de nitrogênio e de fósforo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13. n.1, p.48-58, 2014. Disponível em: <<http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/446>>. Acesso em: 13 jul. 2022.

SKONIESKI, F. R. *et al.* Effect of nitrogen topdressing fertilization and inoculation of seeds with *Azospirillum brasilense* on corn yield and agronomic characteristics. **Agronomy**, v.9, n.812, p.1-11, 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-4395/9/12/812>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S.; MOREIRA, A. Viabilidade econômica de fontes e doses de nitrogênio no cultivo do milho segunda safra em sistema de plantio direto. **Revista de Ciências Agrárias**, v.58, n.3, p.308-313, 2015. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/289555131\\_Viabilidade\\_economica\\_de\\_fontes\\_e\\_doses\\_de\\_nitrogenio\\_no\\_cultivo\\_do\\_milho\\_segunda\\_safra\\_em\\_sistema\\_de\\_plantio\\_direto](https://www.researchgate.net/publication/289555131_Viabilidade_economica_de_fontes_e_doses_de_nitrogenio_no_cultivo_do_milho_segunda_safra_em_sistema_de_plantio_direto)>. Acesso em: 07 maio 2022.

SOUZA, E. G. F. *et al.* Economic nitrogen rate for fertigation of green corn crop in the Brazilian semiarid. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.54, p.1-10, 2019. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.scielo.br/j/pab/a/4VNZ8cvgxFZsPGvw3YzbcQd/?lang=en&format=pdf#:~:text=The%20winter%20harvest%20showed%20higher,1%20N%2C%20in%20both%20harvests.>>. Acesso em: 16 maio 2022.

TILMAN, D. *et al.* Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, n.418, p.671-677, 2002. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/nature01014>>. Acesso em: 16 maio 2022.

VELOSO, C. A. C. *et al.* Manejo da adubação nitrogenada no cultivo do milho sob sistema de plantio direto em diferentes densidades de semeadura. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.10, p.82467-82477, 2020. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/18944>>. Acesso em: 16 maio 2022.

VIEIRA, R. F. **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas**. Brasília: Embrapa, 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/175460/1/2017LV04.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2021.