



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Effects of Nitrogen Fertilization and Saline Water Irrigation on Biomass Production in Intercropped Forage Plants: A Review

Jamiles Carvalho Gonçalves de Souza Henrique¹, Lucas Henrique Maciel Carvalho², Antonio Marcos Gomes Lisboa¹, Glícia Rafaela Freitas da Fonseca¹, Lucas Vinicius Pierre de Andrada¹, Wilma Roberta dos Santos¹, Mateus Ferreira Andrade¹, Raul Caco Alves Bezerra¹, Lana Raissa Barros Alves Cordeiro¹, Mauricio Luiz de Mello Vieira Leite¹

¹Mestre em Produção Vegetal, na Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Av. Gregório Ferraz Nogueira, s/n - Serra Talhada, PE, 56909-535, Autor correspondente: jamilesdesouza28@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0002-0999-2478>); lisboa.marcos94@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0003-3250-816X>); glicia21@outlook.com (<https://orcid.org/0000-0003-1852-6169>); pierredeandrada@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0002-8759-9874>); wilmaroberta1@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0001-6680-7884>); matheus.fandrade2013@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0002-7012-782X>); raulcacoalvesbezerra@hotmail.com (<https://orcid.org/0000-0001-6324-9362>); lanarai.lr@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0001-9421-8913>); nopalea21@yahoo.com.br (<https://orcid.org/0000-0003-4242-241X>)

²Mestre em Produção Vegetal, na Universidade Federal do Vale do São Francisco Campus Ciências Agrárias, Rodovia BR-407, KM 12 Lote 543 S/n Projeto de Irrigação Nilo Coelho, PE, 56300-000, agronolucas@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0003-4976-3087>)

Artigo recebido em 06/01/2024 e aceito em 13/06/2024

ABSTRACT

The semi-arid region experiences high temperatures and low rainfall for three months of the year. Frequent droughts limit agricultural and livestock activities, as well as forage production. The implementation of irrigation systems can enhance productivity; however, the elevated salt content in the water can hinder the growth and development of crops. In an effort to reduce the impact of saline water on crop yield and increase biomass production from forages in pastures, producers and farmers opt to utilize a consortium of species and crops that are more resistant to salinity, along with concentrated fertilization techniques. This is because most agricultural crops require this macronutrient. In this context, the aim of this review is to provide insights into the production of biomass from intercropped forages through nitrogen management and controlled fertilization with saline water in the semi-arid region. To achieve this, a systematic search for scientific articles was conducted on platforms such as the Capes journal portal, Google Scholar, and Scientific Electronic Library Online (SCIELO), spanning the last 10 years. In conclusion, the complex and variable interactions between nitrogen fertilization and irrigation with saline water significantly impact the biomass production of associated forage plants. This review highlights the need for targeted research and practices to improve the sustainability and productivity of these systems, emphasizing the ongoing opportunities for optimized and adaptive management.

Keywords: Productivity, nutritional management, salinity, grasses, legumes, pasture.

Efeitos da fertilização com nitrogênio e da irrigação com água salina na produção de biomassa em plantas forrageiras consorciadas: uma revisão

RESUMO

A região semiárida experimenta altas temperaturas e baixa precipitação por três meses do ano. Secas frequentes limitam as atividades agrícolas e pecuárias, bem como a produção de forragem. A implementação de sistemas de irrigação pode aumentar a produtividade; no entanto, o elevado teor de sal na água pode dificultar o crescimento e desenvolvimento das culturas. Na tentativa de reduzir o impacto da água salina no rendimento das culturas e aumentar a produção de biomassa das forragens nos pastos, produtores e agricultores optam por utilizar um consórcio de espécies e culturas mais resistentes à salinidade, juntamente com técnicas de fertilização concentrada. Isso porque a maioria das culturas agrícolas requer este macronutriente. Neste contexto, o objetivo desta revisão é fornecer insights sobre a produção de biomassa a partir de forragens consorciadas por meio do manejo de nitrogênio e fertilização controlada com água salina na região semiárida. Para alcançar isso, foi realizada uma busca sistemática de artigos científicos em plataformas como o portal de periódicos da Capes, Google Scholar e Scientific Electronic Library Online (SCIELO), abrangendo os últimos 10 anos. Em conclusão, as interações complexas e variáveis entre a fertilização nitrogenada e a irrigação com água salina impactam significativamente a produção de biomassa das plantas forrageiras associadas. Esta revisão destaca a necessidade de

pesquisas e práticas direcionadas para melhorar a sustentabilidade e produtividade desses sistemas, enfatizando as oportunidades contínuas para um manejo otimizado e adaptativo.

Palavras-chave: Produtividade, manejo nutricional, salinidade, gramíneas, leguminosas, pasto.

Introdução

A salinidade do solo é um dos efeitos abióticos que mais prejudicam o crescimento e a produtividade das culturas (Silva *et al.*, 2020). Esse efeito está relacionado à elevada concentração de sais (Kumar *et al.*, 2020), resultado de ações não antrópicas, denominada salinidade primária (como intemperização dos minerais primários e/ou índice de evaporação elevada), bem como de ações antrópicas, denominada salinidade secundária, como manejo inadequado do solo e da água, além da utilização excessiva de fertilizantes (Litalien e Zeeb, 2020).

Esse efeito abiótico representa um desafio significativo para a agricultura, particularmente em regiões áridas e semiáridas onde a disponibilidade de água de boa qualidade é limitada (Wendemeneh *et al.*, 2020). A concentração excessiva de sais no solo afeta negativamente a estrutura do solo, reduzindo sua permeabilidade e aeração, e criando condições que dificultam a germinação e o crescimento das plantas (Hailu e Mehari, 2021; Minhas *et al.*, 2021). Além disso, a salinidade pode causar a lixiviação de nutrientes essenciais, levando à deficiência de elementos como potássio, cálcio e magnésio, que são cruciais para o desenvolvimento das plantas (Salwan *et al.*, 2019).

O clima de regiões áridas e semiáridas tende a uma maior salinização dos solos devido ao alto índice de evaporação e baixa precipitação pluvial, contribuindo naturalmente para o acúmulo de grandes quantidades de sais na superfície (Sousa *et al.*, 2022a). Estudos mostram que a salinidade afeta o desempenho das plantas por meio do desequilíbrio iônico, causando toxicidade, favorecendo o estresse oxidativo e seca fisiológica, reduzindo a absorção de nutrientes e água (Angon *et al.*, 2022; Sousa *et al.*, 2022b). Esse fenômeno tem implicações diretas na eficiência fotossintética das plantas, além de promover a desidratação celular e danificar estruturas celulares, como membranas e proteínas (Hameed *et al.*, 2021).

No Semiárido brasileiro, a água utilizada para a irrigação geralmente provém de barragens ou poços artesianos, onde grande parte dessa água possui elevadas concentrações de sais, tornando-a

salina (Lessa *et al.*, 2023). Muitos produtores dessa região utilizam culturas mais tolerantes à salinidade para mitigar essa dificuldade. Um exemplo é a utilização de espécies forrageiras, que possuem uma tolerância moderada a esse estresse abiótico (Silva *et al.*, 2022).

A produção de espécies forrageiras é fundamental na criação de animais, pois, além de ser abrangente, desempenha um papel crucial na alimentação de ruminantes e não ruminantes (Amorim *et al.*, 2017; Singh *et al.*, 2020a). Essa atividade é de vital importância para as regiões semiáridas devido a sua capacidade de sustentar a pecuária, uma atividade econômica fundamental para as comunidades rurais (Pastorelli *et al.*, 2022; Tulu *et al.*, 2023). As plantas forrageiras fornecem nutrientes essenciais, como proteínas, fibras, vitaminas e minerais, que são indispensáveis para o crescimento e desenvolvimento dos animais (Bo *et al.*, 2022a; Bo *et al.*, 2022b). Além disso, o seu cultivo contribui para a sustentabilidade dos sistemas de produção animal, permitindo a utilização de recursos locais e a redução da dependência de alimentos concentrados e insumos externos.

Embora essas espécies sejam moderadamente tolerantes à salinidade, esse efeito abiótico ainda pode ocasionar uma redução na produção de biomassa. A salinidade afeta processos fisiológicos fundamentais nas plantas, incluindo a fotossíntese, a respiração e a absorção de água e nutrientes (Arif *et al.*, 2020; Joshi *et al.*, 2022). A exposição a altos níveis de sais pode levar à toxicidade iônica, especialmente de sódio (Na⁺) e cloreto (Cl⁻), que interferem na função celular e causam danos às membranas celulares e organelas (Shahid, 2020). Além disso, a salinidade induz o estresse osmótico, reduzindo o potencial hídrico das plantas e dificultando a absorção de água, resultando em seca fisiológica mesmo quando a água está disponível no solo (Angon *et al.*, 2022).

Darrhal *et al.* (2022) observaram em seus estudos uma redução significativa na produção de biomassa do milho submetido à irrigação com água salina. Essa redução na biomassa é um indicativo

claro dos efeitos negativos da salinidade sobre o crescimento das plantas. A salinidade também pode causar a redução do crescimento radicular, afetando a capacidade das plantas de explorar o solo e absorver nutrientes (Hailu *et al.*, 2021; Sharmin *et al.*, 2021). Além disso, pode levar à clorose e necrose das folhas, comprometendo a capacidade fotossintética das plantas e, consequentemente, a produção de biomassa (Velicewici *et al.*, 2023).

No entanto, algumas técnicas podem ser utilizadas para atenuar os efeitos deletérios causados pela irrigação com água salina na produção de biomassa de plantas forrageiras. Uma abordagem eficaz é o manejo nutricional adequado, que inclui a aplicação de fertilizantes balanceados para suprir as necessidades específicas das plantas sob condições salinas. Uma das técnicas mais utilizadas é o suprimento nutricional com o nitrogênio (N).

O N desempenha um papel vital na síntese de clorofila e aminoácidos, essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Singh *et al.*, 2020b; Whitewoods *et al.*, 2020). A clorofila é crucial para a fotossíntese, o processo pelo qual as plantas convertem a luz solar em energia química, e sua presença adequada é diretamente ligada à eficiência fotossintética e, consequentemente, à produção de biomassa (Wang e Grimm, 2021). Os aminoácidos, por sua vez, são os blocos de construção das proteínas, que desempenham funções estruturais e metabólicas fundamentais nas plantas (Kawade *et al.*, 2023). Além disso, esse macronutriente ainda está envolvido na produção de ácidos nucleicos, como o DNA e o RNA, que são essenciais para a divisão celular e o crescimento das plantas (Gupta, 2020).

Vale ressaltar que o N é um dos elementos mais exigidos pelas espécies forrageiras, atuando diretamente na produção de biomassa (Bittar e Souza, 2021). A deficiência de nitrogênio pode levar a um crescimento atrofiado, clorose (amarelecimento das folhas) e redução da capacidade fotossintética, resultando em menor produção de matéria seca (Mengesha *et al.*, 2021). Em contrapartida, a suplementação adequada de N pode aumentar significativamente a produtividade das forrageiras, promovendo um crescimento vegetativo vigoroso e uma maior produção de folhas e caules, que são as principais partes

utilizadas na alimentação animal (Cunha *et al.*, 2022; Ma *et al.*, 2023).

Além disso, o nitrogênio é fundamental para o processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) em leguminosas (Mahmud *et al.*, 2020). Essas plantas possuem simbioses com bactérias fixadoras de nitrogênio (rizóbios) em suas raízes, que convertem o nitrogênio atmosférico em formas que a planta pode utilizar (Yang *et al.*, 2021). Isso não só melhora a nutrição das leguminosas, mas também beneficia as plantas não leguminosas quando cultivadas em sistemas consorciados, aumentando a fertilidade do solo e reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos (Mendoza-Suárez *et al.*, 2021; Yang *et al.*, 2021).

O manejo adequado da adubação nitrogenada é, portanto, uma prática essencial para maximizar a produtividade das espécies forrageiras, especialmente em sistemas de cultivo intensivo e em condições de estresse ambiental, como a salinidade. Estudos mostraram que quanto maior o teor de nitrogênio em áreas de solos salinos, mais tolerantes as plantas se tornam à salinidade (Agarwal *et al.*, 2021; Hashemi *et al.*, 2022; Sikder *et al.*, 2020). Esse processo se deve ao maior acúmulo de compostos orgânicos contendo prolina, aminoácidos livres e glicina betaína, os quais associados ao nitrato no vacúolo baixam o potencial osmótico das plantas, contribuindo diretamente para o ajustamento osmótico (Rouached *et al.*, 2022).

Além do manejo nutricional, o sistema de cultivo também pode influenciar na produção de biomassa dessas culturas em ambientes salinos. Estudos revelam que a maior eficiência do aproveitamento em sistemas de cultivos irrigados pode ser obtida em sistema de cultivo consorciado (Ma *et al.*, 2020; Yin *et al.*, 2020; Raza *et al.*, 2021a; Raza *et al.*, 2022b). A utilização de gramíneas e leguminosas nesse tipo de sistema pode apresentar vantagens como maior produção de matéria seca, maior estímulo à fixação biológica de nitrogênio (FBN), além de maior eficiência na utilização de água e nutrientes do solo, considerando que as culturas possuem sistemas radiculares distintos, explorando volumes de solo diferentes (Dhakal *et al.*, 2018, Mahmud *et al.*, 2020 e Li *et al.*, 2021).

A adoção de sistemas de cultivo consorciado, onde gramíneas e leguminosas são plantadas juntas, pode proporcionar uma série de

benefícios. As leguminosas, por exemplo, têm a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico no solo, melhorando a fertilidade do solo e beneficiando as gramíneas cultivadas junto a elas (Kebede *et al.*, 2021; Yun *et al.*, 2023). Além disso, a diversidade de sistemas radiculares em cultivos consorciados permite uma exploração mais eficiente dos recursos hídricos e nutrientes (Zhang *et al.*, 2020a). As gramíneas geralmente possuem sistemas radiculares mais superficiais, enquanto as leguminosas desenvolvem raízes mais profundas. Essa complementaridade na arquitetura radicular reduz a competição entre as plantas por água e nutrientes, promovendo uma melhor utilização dos recursos disponíveis no solo (Wei *et al.*, 2022; Liu *et al.*, 2023). Essa interação sinérgica não só maximiza a absorção de nutrientes, mas também melhora a estrutura do solo, aumentando sua capacidade de retenção de água e sua porosidade, o que é particularmente benéfico em solos salinos e de baixa fertilidade (Ren *et al.*, 2021).

Outro benefício importante dos sistemas de cultivo consorciado é a promoção da biodiversidade agrícola, que pode levar a um aumento da estabilidade e sustentabilidade dos sistemas de produção. Estudos também têm mostrado que os sistemas de cultivo consorciado podem melhorar a eficiência do uso da água (Yin *et al.*, 2020; Raza *et al.*, 2022b; Huss *et al.*, 2022). A interação entre diferentes espécies vegetais pode criar microclimas mais favoráveis ao crescimento das plantas e reduzir a perda de água por evapotranspiração. Isso é particularmente relevante em regiões semiáridas, onde a água é um recurso limitado e a salinidade pode exacerbar os desafios relacionados à disponibilidade hídrica (Amer, 2021).

A irrigação com água salina, embora desafiadora, pode ser manejada através de técnicas como a irrigação deficitária e a aplicação de água em momentos estratégicos do ciclo de crescimento das plantas (Soni *et al.*, 2021). A irrigação deficitária, que envolve a aplicação de quantidades menores de água do que o necessário para a evapotranspiração total, pode induzir uma tolerância ao estresse hídrico e salino, permitindo que as plantas desenvolvam mecanismos de adaptação que melhoram sua resistência a essas condições adversas (Pagán *et al.*, 2021).

Essa técnica pode ajudar a reduzir a acumulação de sais no solo, uma vez que a menor

quantidade de água aplicada diminui a lixiviação dos sais para a superfície (Shaygan e Baumgartl, 2022). Além disso, a irrigação deficitária pode incentivar o crescimento de raízes mais profundas, permitindo que as plantas acessem água e nutrientes em camadas mais inferiores do solo, onde a concentração de sais pode ser menor (Shabbir *et al.*, 2020). Esta adaptação pode melhorar a eficiência do uso da água e aumentar a resiliência das plantas às condições salinas e de déficit hídrico.

A aplicação de água em momentos estratégicos do ciclo de crescimento das plantas também pode ser crucial para manejar a salinidade. Fases críticas do desenvolvimento, como o estabelecimento inicial, floração e frutificação, requerem uma disponibilidade adequada de água para garantir a produtividade (Hueso e Gómez, 2021). Ao focar a irrigação durante esses períodos críticos, os agricultores podem maximizar o uso eficiente da água e minimizar os impactos negativos da salinidade (Zhang *et al.*, 2020b; El-Kady e Borham, 2020). Por exemplo, a irrigação suplementar durante a floração pode garantir uma maior produção de sementes e frutos, mesmo sob condições de estresse salino (Silva *et al.*, 2021).

Além disso, a escolha de sistemas de irrigação apropriados, como a irrigação por gotejamento, pode melhorar significativamente a eficiência do uso da água e o manejo da salinidade (Cuevas *et al.*, 2019; Minhas *et al.*, 2020). A irrigação por gotejamento aplica água diretamente na zona radicular das plantas, reduzindo a evaporação e a percolação profunda, além de minimizar a acumulação de sais na superfície do solo (Wang *et al.*, 2023). Esta técnica permite um controle mais preciso da quantidade e frequência de água aplicada, ajustando-se às necessidades específicas das plantas e às condições ambientais (Shide *et al.*, 2020; Numajiri *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2023).

Diante disso, acredita-se que informações abrangentes sobre o manejo com suplementação nutricional com nitrogênio, juntamente com sistemas de cultivo consorciado com gramíneas e leguminosas e práticas de irrigação utilizando água salina, poderão auxiliar nas tomadas de decisão mitigando os efeitos deletérios da irrigação com água salina, resultando em uma maior produção de biomassa de espécies forrageiras em regiões semiáridas. Nesse sentido, o

objetivo desta revisão, é discorrer sobre a produção de biomassa de forrageiras consorciadas em função do manejo da adubação nitrogenada e irrigação com água salina no semiárido.

Metodologia

O estudo foi conduzido por meio de uma revisão de literatura narrativa, com o objetivo de analisar criticamente os estudos existentes sobre forrageiras consorciadas em função do manejo da adubação nitrogenada e irrigação com água salina no semiárido. O intuito foi identificar tendências emergentes, lacunas na pesquisa e implicações práticas para produtores e profissionais da área.

Para a elaboração, foi realizada uma busca sistemática de artigos científicos de alto impacto em português, inglês e espanhol em plataformas como, Portal de periódicos Capes, Google Acadêmico e Scientific Electronic Library Online (SCIELO), totalizando 212 artigos pesquisados com espaço temporal dos últimos 10 anos, estabelecendo critérios de inclusão para artigos publicados entre 2014 a 2024 em periódicos revisados por pares. Nas buscas foram utilizados termos como: Importância das espécies forrageiras; consórcio de plantas forrageiras; adubação nitrogenada: constituintes de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, clorofilas e outros;

Consórcios com plantas forrageiras

Sistema de consórcio

Em ambientes onde as condições edafoclimáticas são desfavoráveis, pode ocorrer a diminuição na qualidade e na quantidade da produção de forragem. Além disso, as condições biofísicas a exemplo de altas temperaturas, variabilidade espaço-temporal da chuva e baixos índices pluviométricos, além dos extremos climáticos (i.e., secas e inundações) podem resultar em alta variabilidade sazonal com efeitos negativos para as atividades agrícolas (Singh e Chudasama, 2021). Neste sentido, a fim de se obter melhor desempenho nos sistemas agrícolas de produção, faz-se necessário o uso de práticas que melhorem a resiliência agrícola. Dentre elas, destaca-se a consorciação de culturas a partir do cultivo simultâneo de mais de uma cultura na mesma área de cultivo e época (Figura 1) (Li *et al.*, 2020;

adubação nitrogenada na produção de biomassa de plantas forrageiras; salinidade: causas, consequências, solo e planta e ação da salinidade nas plantas forrageiras.

A seleção final dos estudos foi realizada por meio de uma leitura completa dos materiais, sendo avaliada a qualidade metodológica dos estudos incluídos através da utilização de um conjunto de critérios adaptados de instrumentos de avaliação já existentes. Foram considerados a validade dos estudos, a representatividade das amostras, e a clareza na apresentação dos resultados.

Os estudos foram organizados em categorias temáticas, com o intuito de analisar cada categoria separadamente para identificar padrões e discrepâncias nos resultados. Após a organização das categorias, foram realizadas uma análise qualitativa dos dados, destacando as principais conclusões de cada estudo e relacionando-as aos objetivos da revisão.

O estudo tomou como base, o seguinte questionamento: Qual a influência da adubação nitrogenada na produção de biomassa de plantas forrageiras consorciadas e irrigadas com água salina em regiões semiáridas?

Eeswaran *et al.*, 2021).

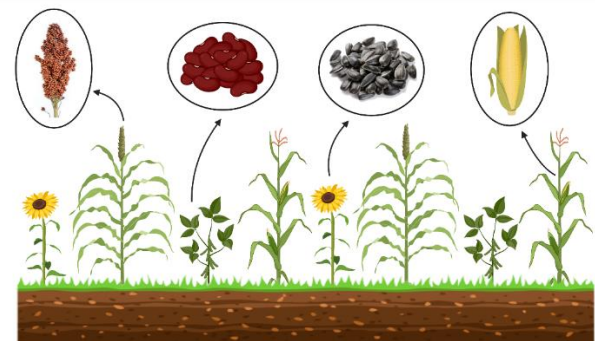


Figura 1. Esquema de cultivo consorciado entre girassol, sorgo, feijão e milho.

Os sistemas de consórcio são responsáveis por cerca de 15 a 20% do abastecimento da alimentação mundial (Liu *et al.*, 2017, Paciarotti & Torregiani, 2021). O principal objetivo destes sistemas é promover o melhor uso dos nutrientes disponíveis, além de outros recursos (i.e., água, luz), melhorar a conservação do solo, controle de plantas invasoras, insetos e doenças, maior

produtividade da terra e aumento na eficiência do uso dos recursos em comparação com a monocultura (Tambara *et al.*, 2017 e MADEMBO *et al.*, 2020). De acordo com Maitra *et al.* (2021) a consorciação está entre as práticas agrícolas mais sustentáveis, que visa alcançar qualidade e quantidade nas culturas forrageiras. Estudos anteriores relatam o sucesso dos sistemas consorciados que garantem uso eficiente dos recursos, com maior produtividade, além de serem mais rentáveis quando comparados aos sistemas de monoculturas (Kumar *et al.*, 2021, Franco *et al.*, 2018).

Outro fator importante no sistema de consorciação, é que este possibilita o aumento da biodiversidade em ambientes agrícolas (Zhang *et al.*, 2022). Associado a isso, a utilização de determinadas culturas no sistema de consórcio pode reduzir a adição de nitrogênio (N) (Zeng *et al.*, 2021), de modo que a aplicação de N pode afetar o rendimento, a qualidade e a utilização de água em culturas forrageiras. No entanto, deve-se considerar que a aplicação excessiva de compostos nitrogenados pode resultar em problemas ambientais além de reduzir a eficiência do uso de N (EUN) (Sinha *et al.*, 2017). A aplicação adequada de N pode favorecer uma maior absorção desse macronutriente pelas plantas, resultando em maior rendimento das culturas, na eficiência no uso da água (EUA) e eficiência no uso de nitrogênio (EUN) pelas culturas forrageiras (Li *et al.*, 2019). Além disso, deve-se considerar que a necessidade de N pelas culturas está atrelada às condições ambientais (Mateus *et al.*, 2019).

O consórcio entre plantas gramíneas, notadamente aquelas capazes de fixar nitrogênio atmosférico, e a adubação nitrogenada complementar tem sido reconhecido como um modelo promissor para maximizar a eficiência na utilização desse importante nutriente pelas culturas (Reis *et al.*, 2020). A presença de gramíneas, como o capim braquiária, em sistemas consorciados não apenas contribui para a cobertura do solo, controle de ervas daninhas e aumento da matéria orgânica, mas também desempenha um papel crucial na disponibilização de nitrogênio para as culturas associadas (Epifânio *et al.*, 2020).

Os estudos revisados destacam que a adubação nitrogenada, quando aplicada de maneira estratégica e sincronizada com o ciclo de crescimento das culturas, potencializa os efeitos

positivos do consórcio (Nasar *et al.*, 2021 e Gong *et al.*, 2021). Essa combinação otimizada não apenas aumenta a produtividade das culturas, mas também reduz a dependência de fertilizantes químicos, minimizando possíveis impactos ambientais adversos, como a lixiviação de nitrogênio e a poluição dos recursos hídricos.

O entendimento desses benefícios pode orientar práticas agrícolas mais eficientes e sustentáveis, promovendo sistemas alimentares resilientes e ambientalmente responsáveis.

Sistema consórcio: produção e qualidade da biomassa

Entre os parâmetros desejáveis no cultivo de plantas forrageiras, destaca-se a quantidade de biomassa produzida por essas plantas (Alvarez *et al.*, 2023). O consórcio se tornou uma das principais alternativas para o aumento da produção de biomassa, visto que esse tipo de sistema de cultivo proporciona o cultivo de várias culturas em uma mesma área e ao mesmo tempo.

Entre os tipos de consórcio comumente utilizados há o da braquiária com outras gramíneas, que se destaca por trazer resultados satisfatórios quanto à produção de biomassa. Oliveira *et al.* (2020) constataram incrementos na produção de grãos, massa seca e proteína bruta no consórcio entre sorgo e braquiária. Corroborando com os resultados encontrados por esse autor, Oliveira e colaboradores (2020) também encontraram resultados satisfatórios quando utilizado o mesmo consórcio, em que além de proporcionar incrementos na produção de massa seca e proteína bruta para o sorgo, mostrou-se uma técnica viável para ser utilizado como cobertura do solo na entressafra em condições de cerrado.

O cultivo da palma forrageira em consórcio também é muito utilizado pelos produtores, visto que a oferta exclusiva dessa forrageira pode acarretar vários problemas nutricionais para os animais devido às baixas concentrações de fibra (Elias *et al.*, 2017). Estudos com consórcio entre palma e sorgo mostraram resultados satisfatórios na produção de biomassa para ambas as culturas (Lira *et al.*, 2021; Popova Kulyk, 2023).

Além da quantidade de biomassa produzida pelas forrageiras, a qualidade também se destaca como sendo uns dos principais parâmetros

no cultivo dessas plantas. A qualidade está associada à quantidade de forragem ingerida pelo animal e ao seu valor nutritivo, como teor de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB), extrato etéreo

(EE) e cinza insolúvel em detergente neutro (CIDN) (Tabela 1) (Rezende *et al.*, 2022; Martins *et al.*, 2022).

Tabela 1. Valor nutritivo de algumas forragens selecionadas em determinados períodos. Fonte: Adaptado de FONTANELI *et al.* (2012)

Espécie	Período	Valor nutricional (%)				
		PB	FDA	FDN	NDT	VRF
Alfafa	Elongação	22-26	28-32	38-47	64-67	127-164
	Início flor.*	18-22	32-36	42-50	61-64	113-142
	Meio flor.*	14-18	36-40	46-55	58-61	98-123
	Flor. Pleno	9-13	41-43	56-60	50-57	90-100
Silagem milho	Rico em grãos	7-9	23-30	48-58	66-71	105-138
	Pobre em grãos	7-10	30-39	58-67	59-66	81-105
	Azevém vegetativo	12-16	27-33	47-53	63-68	111-134
	Florescimento	8-12	33-39	58-63	59-62	92-111
Trevo vermelho	Início flor.	14-16	28-32	38-42	64-67	142-164
	Flor. Pleno	12-14	32-38	42-50	59-62	110-142
Bermuda	4 semanas	10-12	33-38	63-68	64-67	81-93
	8 semanas	6-8	40-45	70-75	59-64	67-77
Milheto ou capim italiano e sorgo forrageiro	4 semanas	15-18	35-40	55-70	58-64	77-104
Aveias e cereais de duplo-propósito	Vegetativo	18-25	23-31	47-55	60-70	110-140
	Início flor.	11-14	33-39	53-59	59-63	90-115

Flor. = florescimento, PB = proteína bruta, FDA = fibra em detergente ácido, FDN = fibra em detergente neutro, NDT = nutrientes digestíveis totais, VRF = $(\%CMS \times \%DMS) / 1,29$, VRF = valor relativo da forragem, CMS = consumo da massa seca e DMS = digestibilidade da matéria seca.

O valor nutritivo da forragem varia em função de fatores determinante. Dentre esses fatores, destaca-se a espécie vegetal, sendo este um dos principais elementos que impactam diretamente o valor nutritivo das forragens. A composição química das plantas, incluindo teores de proteínas, fibras, carboidratos, minerais e vitaminas, varia consideravelmente entre as espécies e influencia diretamente a digestibilidade e disponibilidade de nutrientes para os animais

(Neumann *et al.*, 2018; Santhiravel *et al.*, 2022). Outro fator crucial analisado é o estágio de crescimento da planta no momento da colheita. Forragens colhidas em estágios específicos de crescimento apresentam variações significativas na sua composição nutricional, afetando diretamente a qualidade e o valor nutritivo final (Bo *et al.*, 2022). A maturidade da planta, estágio de floração e a relação folha/colmo são variáveis importantes que

influenciam a qualidade nutricional (Bidgoli, 2018).

Adicionalmente, as condições ambientais, como solo, clima e práticas agrícolas, desempenham um papel relevante. A qualidade do solo, níveis de fertilização, precipitação, temperatura e manejo de cultivo impactam na disponibilidade de nutrientes e, consequentemente, na qualidade das forragens produzidas. A forma de armazenamento das forragens também foi

examinada. Processos de secagem, ensilagem e fenação podem influenciar a conservação dos nutrientes e, portanto, a qualidade da forragem durante o armazenamento (Brüning *et al.*, 2018).

A interação entre todos esses fatores é complexa e dinâmica, impactando de maneira significativa na composição nutricional das forragens e, consequentemente, na sua utilização como alimento animal (Figura 2).

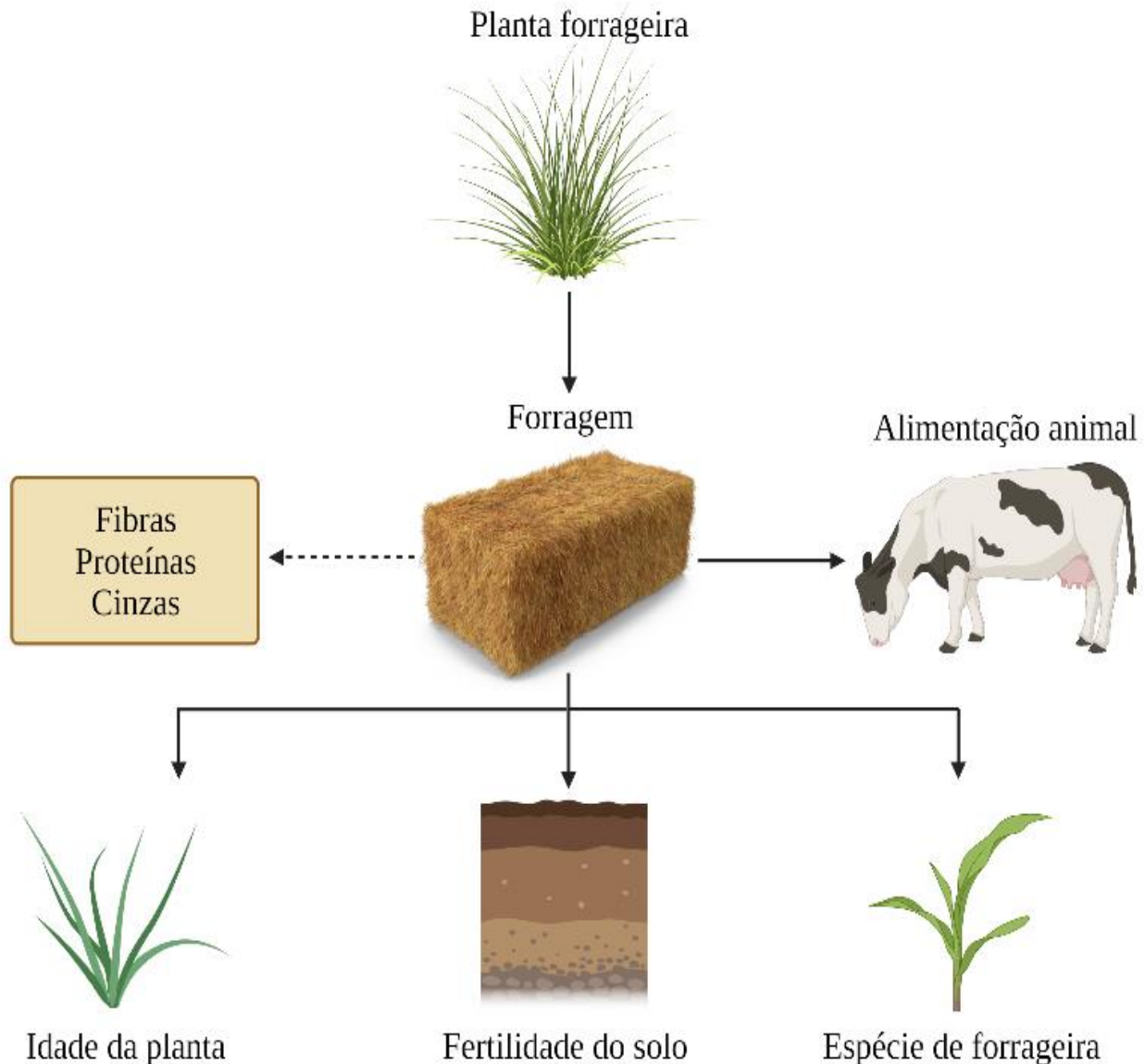


Figura 2. Fontes de variação na qualidade de forragem.

Pesquisas mostram que o sistema consorciado também influencia na qualidade da forragem (Ludkiewickz *et al.*, 2022; Martins *et al.*, 2022; Htet *et al.*, 2022). Observa-se que a interação entre plantas de diferentes características morfológicas, fisiológicas e nutricionais em sistemas consorciados pode promover uma maior variedade de nutrientes, aumentando a qualidade nutricional das forragens resultantes. Entre os tipos de consórcio utilizados para a produção de forragem, se destaca o consórcio entre leguminosas e gramíneas, os quais apresentam múltiplos benefícios, como o maior aproveitamento dos recursos naturais limitados, redução nos custos de produção (Pinto *et al.*, 2022), atribuição de qualidade à forragem devido ao alto teor de proteína das leguminosas (Kelln *et al.*, 2020), melhoria da qualidade físico-química do solo – consequentemente, ocorre um aumento na produtividade-, além de auxiliar na mitigação da geração de metano entérico (Xu *et al.*, 2018; Chen *et al.*, 2019 e Brahimi *et al.*, 2022).

Manejo da água salina na produção de plantas forrageiras

Ação da salinidade da água de irrigação nas plantas forrageiras

A utilização de água salina na agricultura tem se tornado uma realidade cada vez mais

presente, principalmente em regiões afetadas pela escassez hídrica e pela degradação dos recursos hídricos. Contudo, a presença de sais dissolvidos nestas águas pode afetar significativamente o crescimento, desenvolvimento e a produtividade das plantas, especialmente as forrageiras, essenciais para a alimentação animal e a sustentabilidade dos sistemas de produção pecuária (Silva *et al.*, 2020).

O estresse salino proveniente da irrigação com água salina afeta as plantas forrageiras de várias maneiras, desencadeando respostas fisiológicas, morfológicas e bioquímicas complexas. Este fenômeno compromete a absorção de água pelas raízes, resultando em desequilíbrios osmóticos e iônicos nas células vegetais, afetando diretamente processos vitais como a fotossíntese, a transpiração e a assimilação de nutrientes (Ansari *et al.*, 2019; Ren *et al.*, 2021 e Gul *et al.*, 2022).

A salinidade pode ser denominada de salinidade primária, que ocorre por ações naturais como intemperização dos minerais primários e/ou índice de evaporação elevada (López-Álvarez *et al.*, 2021) e secundária, oriundo de ações antrópicas, como manejo inadequado do solo e da água, utilização demasiada de fertilizantes (Mohanavelu *et al.*, 2021) (Figura 3).

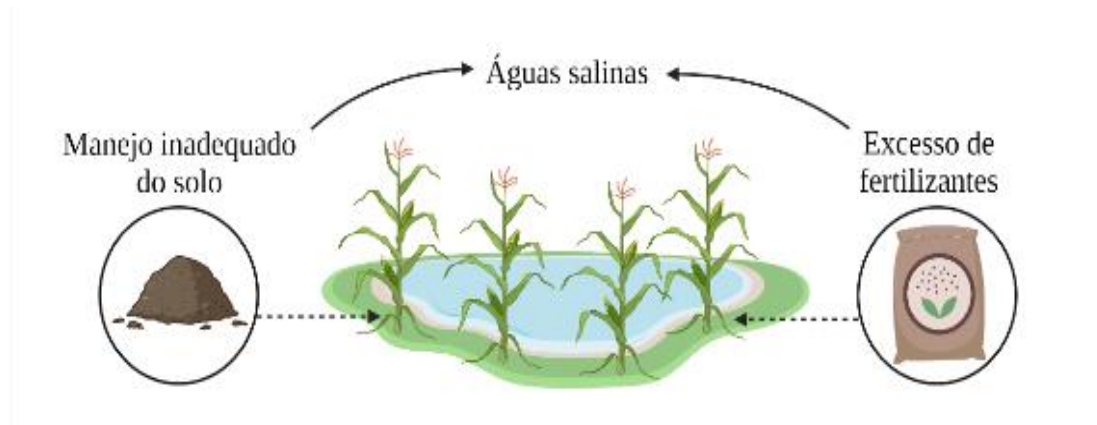


Figura 3. Causas da salinidade secundária em corpos d'água.

A presença de água salina no ambiente de cultivo das plantas forrageiras pode resultar em diversos danos que afetam diretamente seu crescimento, desenvolvimento e qualidade. Estudos afirmam que a salinidade causa distúrbios no metabolismo das plantas afetando o seu

crescimento e desenvolvimento por meio do déficit de água, causado pela redução no potencial osmótico da solução do solo (Ludwiczak *et al.*, 2021), toxidez provocadas pelos íons sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-) (Melo *et al.*, 2022) e desequilíbrio nutricional, em função da inibição da absorção de

nutrientes pela planta (Tavares *et al.*, 2020).

Esses danos podem resultar em perdas significativas na produtividade, qualidade e sustentabilidade dos cultivos forrageiros, afetando diretamente a disponibilidade de alimento para o gado e animais herbívoros, além de impactar a rentabilidade e a viabilidade econômica das atividades pecuárias. (Figura 4).

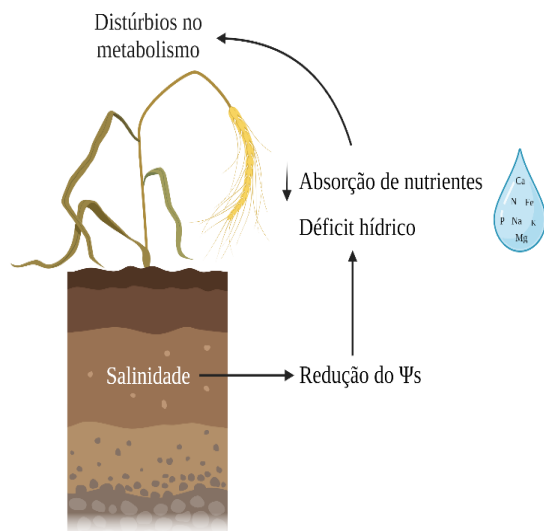


Figura 4. Efeito da salinidade sobre o metabolismo vegetal.

Para sobreviverem ao estresse salino, as plantas dispõem-se da utilização de vários mecanismos bioquímicos e fisiológicos, como o acúmulo selecionado ou exclusão dos íons, síntese de solutos compatíveis, controle na absorção e translocação dos íons, mudanças na estrutura da membrana, indução de enzimas antioxidantes e hormônios vegetais (Mushtaq *et al.*, 2020) e redução na condutância estomática, a fim de evitar perdas hídricas através de menores taxas de transpiração (Arif *et al.*, 2020; Figueiredo *et al.*, 2020).

A utilização de culturas mais tolerantes a esse tipo de estresse é primordial para o sucesso no cultivo, sendo assim, podemos destacar a utilização de espécies forrageiras. Essas espécies, em sua grande maioria, se caracterizam como sendo moderadamente tolerantes à salinidade (Silva *et al.*, 2018, Kaundal *et al.*, 2021; Xie *et al.*, 2021). Pirasteh-Anosheh *et al.* (2022), constatarem em seus estudos que o sorgo não foi afetado negativamente pela salinidade da água de irrigação. Entretanto, embora espécies forrageiras sejam

moderadamente tolerantes a salinidade, esse efeito abiótico ainda pode ocasionar uma diminuição na produção de biomassa dessas espécies (Figura 5), necessitando assim de manejos que possam auxiliar essas culturas em ambientes com elevada salinidade.

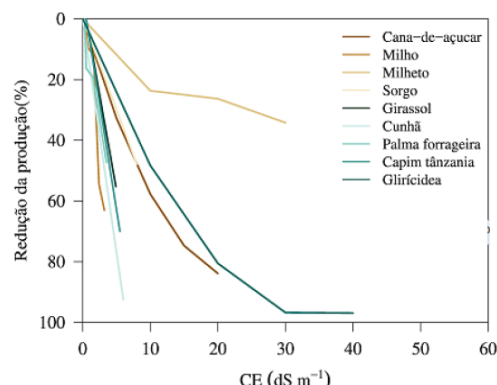


Figura 5. Redução no ganho de biomassa de plantas forrageiras sob estresse salino. Fonte: Silva *et al.*, al. (2018).

Estratégias de manejo como a seleção de espécies mais tolerantes à salinidade e práticas de irrigação adequadas são essenciais para mitigar esses danos e garantir a produção eficiente de forragem em áreas afetadas pela água salina.

A produtividade potencial das culturas forrageiras irrigadas com água salina varia em função da tolerância de cada espécie (Tabela 2).

Tabela 2. Percentual de perdas de culturas forrageiras em função de níveis de salinidade da água de irrigação. Fonte: Adaptado de Cordeiro (Embrapa) (2000)

Cultura	Produtividade Potencial			
	100%	90%	75%	50%
	(CEi)			
Feijão	0,7	1,0	1,5	2,4
Milho	1,1	1,7	2,5	3,9
Algodão	5,1	6,4	8,4	12
Girassol	3,5	4,1	5,0	6,6
Sorgo	2,7	3,4	4,8	7,2
Alfafa	1,3	2,2	3,6	5,9
Capim Bermuda	4,6	5,7	7,2	9,8

CEi- Condutividade elétrica da água de irrigação em dS/m

Com isso, se faz necessário a utilização de técnicas no manejo da água salina de irrigação para a produção de biomassa de plantas forrageiras.

Entre essas destacam-se a utilização de cultivares mais tolerantes, suplementação nutricional e mistura de água salina com água de boa qualidade, além da utilização de ácidos húmicos e outros bioestimulantes.

Forrageiras tolerantes à salinidade

A utilização de forragem com elevada tolerância é uma opção para ambientes com alto teor de salinidade. As plantas forrageiras tolerantes à salinidade são capazes de manter um crescimento satisfatório e uma produtividade aceitável mesmo em condições de elevada salinidade no solo ou na água de irrigação. Isso permite que continuem a fornecer forragem de qualidade para o gado ou animais, mesmo em ambientes desafiadores.

Entre as espécies forrageiras destaca-se o capim Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. marandu), que se configura como sendo uma boa alternativa para o cultivo em áreas em que se utiliza água salina com grandes concentrações de sais devido a sua relevante tolerância aos estresses ocasionados pela salinidade. Santos *et al.* 2013, observaram em suas pesquisas que a composição bromatológica do capim Marandu não foi afetada pela água salina de irrigação mesmo no maior nível de salinidade (5 dS/m).

O algodão (*Gossypium hirsutum*) também é uma alternativa viável para produção de forragem em ambientes salinos. Anagholi *et al.* (2019) ao experimentar diferentes espécies de algodão irrigadas com água salina, logrou resultados satisfatórios quanto a C50 (que indica uma redução de 50% no rendimento de acordo com o teor salino

da água de irrigação) foi 12,6 dS/m para o algodão para a variedade Sikora. Segundo Marcelino *et al.*, (2022) as cultivares de algodão BRS Seridó, BRS 286, FMT 705 e BRS Rubi se mostraram mais tolerantes à salinidade da água de irrigação, se tornando opções importantes para o cultivo de forrageiras nesses ambientes.

Além disso, existem plantas halófitas com bom potencial forrageiro, como é o caso da *Alhagi maurorum*, *Bassia scoparia* e *Noaea* que podem produzir uma quantidade significativa de forragem de qualidade mesmo em ambientes com elevado teor de sais (Figura 6) (Pirasteh-Anousheh *et al.*, 2023).

Essas plantas podem manter níveis aceitáveis de produção de biomassa e de forragem mesmo em solos salinos, ajudando os produtores a garantir um suprimento constante de alimento para o gado ou animais de pastagem. Isso é crucial para a sustentabilidade das atividades pecuárias em áreas afetadas pela salinidade.

Ao utilizar plantas forrageiras tolerantes à salinidade, os produtores podem aproveitar melhor as águas salinas para irrigação, maximizando o uso desses recursos hídricos. Isso reduz a dependência de fontes de água doce e ajuda a conservar recursos naturais. Além disso, podem economizar em custos associados a técnicas de manejo intensivo para lidar com a salinidade do solo ou da água de irrigação. Isso pode contribuir para a viabilidade econômica das operações agrícolas.



Figura 6. Plantas forrageiras tolerantes à salinidade.

Suplementação nutricional

A nutrição mineral desempenha um papel crucial no desempenho e na sobrevivência das plantas forrageiras, especialmente em ambientes de salinidade. Nesses ambientes, as plantas forrageiras enfrentam desafios significativos na absorção e no equilíbrio de nutrientes devido ao estresse hídrico e ao excesso de sais. Uma nutrição mineral equilibrada é essencial para compensar as deficiências induzidas pelo estresse salino, garantindo que as plantas tenham acesso adequado aos nutrientes necessários para seu crescimento e desenvolvimento.

A suplementação nutricional no manejo da água salina é uma das técnicas mais utilizadas. Entre os nutrientes mais usuais nessa técnica se encontra a suplementação nitrogenada, que tem se mostrado muito eficiente no cultivo de forrageiras submetidas à salinidade. Zamani *et al.*, (2020) observaram que o nitrogênio (N) proporcionou um aumento na produção de biomassa em plantas de sorgo mesmo submetido a ambiente salino. Isso se deve principalmente ao fato de o nitrogênio ser composto por aminoácidos como prolina e glicinabetaína que agem como osmoprotetores e antioxidantes na planta durante o estresse salino, tornando-a mais resistente a salinidade (Figura 7) (Khanna *et al.*, 2019). Além disso, o N está intimamente ligado às interações com os íons Na^+ e Cl^- , atuando na disponibilidade de íons essenciais (NH_4^+ e NO_3^-) na zona radicular da planta e inibindo competitivamente a absorção de cloreto e sódio (Shao *et al.*, 2022)

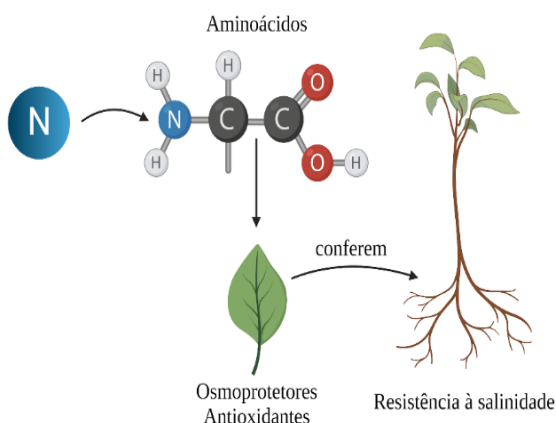


Figura 7. Mecanismo de adaptação à salinidade via suplementação nitrogenada.

O potássio (K) também é um nutriente que se destaca por possuir um papel fundamental no desempenho das plantas forrageiras, especialmente em ambientes afetados pela salinidade (Hasanuzzaman *et al.*, 2018). Esse nutriente atua na regulação osmótica das células, ajudando a manter o equilíbrio hídrico e reduzindo o impacto do estresse osmótico sobre as plantas forrageiras (Zahoor *et al.*, 2017; Mostafa *et al.*, 2021; Tian *et al.*, 2022). Além disso, o potássio é um cofator essencial para muitas enzimas envolvidas em processos metabólicos vitais, como a fotossíntese, a respiração e a síntese de proteínas. Em ambientes salinos, onde esses processos podem ser comprometidos, o fornecimento adequado de potássio pode ajudar a manter a atividade enzimática e metabólica das plantas (Cui *et al.*, 2021; Kumar *et al.*, 2022; Xu *et al.*, 2022).

O fornecimento adequado de potássio pode aumentar a capacidade das plantas forrageiras de tolerar e se adaptar ao estresse salino, ajudando a minimizar os danos causados pela salinidade e mantendo a funcionalidade e o vigor das plantas (Abbas *et al.*, 2022). Portanto, em ambientes salinos, o suprimento adequado desse nutriente é essencial para as plantas forrageiras enfrentarem os desafios impostos pela salinidade, garantindo seu crescimento, desenvolvimento saudável e capacidade de manter uma produção forrageira suficiente para atender às necessidades nutricionais dos animais (Šustr *et al.*, 2019). Estratégias de manejo que assegurem uma adequada disponibilidade de potássio para as plantas forrageiras são fundamentais para otimizar sua tolerância e desempenho em ambientes salinos.

Embora sejam limitados os estudos voltados à utilização de silício (Si) em ambientes salinos, esse nutriente também tem mostrado resultados satisfatórios quanto a sua utilização nessas condições (Coskun *et al.*, 2016; Hosseini *et al.*, 2017; Liu *et al.*, 2019; Xu *et al.*, 2023). Portanto, embora a importância do silício nas plantas forrageiras em ambientes de salinidade ainda esteja sendo explorada mais profundamente, evidências sugerem que a aplicação de silício pode ser uma estratégia promissora para melhorar a tolerância das plantas forrageiras ao estresse salino. O uso adequado de silício pode ser uma ferramenta complementar importante para promover a resistência e a saúde das plantas forrageiras em condições de salinidade.

Mistura de água salina com água de boa qualidade

A utilização de uma mistura de água salina com água de boa qualidade pode ser uma estratégia eficaz para mitigar os efeitos negativos da salinidade em plantas forrageiras em ambientes onde a água salina é a principal fonte disponível. Esse manejo se baseia na mistura de água salina com a água de boa qualidade (baixas concentrações de sais) (Silva *et al.*, 2018; Martínez-Moreno *et al.*, 2022; Nozari *et al.*, 2022).

Essa técnica pode ser utilizada em grandes áreas de cultivo, onde o suprimento de água de boa qualidade é insuficiente para manter a irrigação das culturas. Silva *et al.* (2014), estudando alternativas para a produção de forragens com a água salina na região semiárida, obtiveram resultados satisfatórios quanto a produção de forragem sem reduzir o seu teor de proteína, quando se utilizou a mistura da água salina e de boa qualidade.

Ácidos húmicos

O ácido húmico (HA) é um composto orgânico natural que auxilia no crescimento inicial, floração e enraizamento das plantas, além de proporcionar maior eficiência no uso dos nutrientes por atuar nos processos metabólicos. Em ambientes de estresse salino, esse composto atua de forma indireta, beneficiando as propriedades químicas, físicas e microbiológicas do solo; e de forma direta, nos processos fisiológicos e bioquímicos das plantas (Ashour *et al.*, 2020 e Canellas *et al.*, 2014). O AH auxilia as plantas em ambientes salinos através do ajustamento osmótico, beneficiando na captação de água e turgor celular, indução de enzimas antioxidantes, nos quais atuam na remoção de espécies reativas de oxigênio (EROS), auxiliando no aumento dos níveis de prolina, e consequentemente atuando na diminuição do vazamento de eletrólitos (Canellas *et al.*, 2015; Munns *et al.*, 2020; Souza *et al.*, 2021).

Vários trabalhos na literatura já mostram a eficiência do AH em ambientes de estresse salino (Hita *et al.*, 2019; Ashour *et al.*, 2020; Souza *et al.*, 2021; Targino *et al.*, 2023), no entanto, ainda existe uma lacuna quanto à utilização desse composto em ambientes salinos para a produção de espécies forrageiras.

Nesse sentido, o manejo adequado das espécies forrageiras submetidas à irrigação com água salina é de suma importância para que a

mesma possa se sobressair, e consequentemente, produzir de forma satisfatória.

Ação do nitrogênio na produção de biomassa de plantas forrageiras

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes mais essenciais para o crescimento, desenvolvimento e produção de biomassa das plantas forrageiras. Sua participação em processos metabólicos fundamentais, como a síntese de proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos e clorofila, destaca sua importância vital para o vigor e a vitalidade dessas plantas. A disponibilidade adequada de N é um fator crucial para o crescimento vegetativo exuberante das plantas forrageiras (Yang *et al.*, 2018 e Wen *et al.*, 2020). Ele desempenha um papel primordial na promoção da formação de novos tecidos, no desenvolvimento de folhas verdes vigorosas e na expansão radicular, permitindo que as plantas maximizem a absorção de água e nutrientes do solo (Müller *et al.*, 2020).

A produção de biomassa em espécies forrageiras é muito influenciada pela adubação nitrogenada (Bittar e Souza, 2021). Esse nutriente pode ser disponibilizado no solo pela mineralização da matéria orgânica, no entanto, para a produção de plantas forrageiras como as gramíneas, a quantidade disponibilizada nesse processo não é suficiente para atender o potencial produtivo dessas culturas, necessitando assim da adição de fontes químicas de N, como os adubos nitrogenados (Garcia *et al.*, 2019). Em contrapartida, forrageiras como as leguminosas, conseguem fixar o N atmosférico (N₂) (Figura 8) através de estruturas denominadas de nódulos, os quais em simbiose com as bactérias do gênero *Rizobium*, fixam o N₂ de forma eficiente, diminuindo significativamente a utilização de adubos nitrogenados externos (Chen *et al.*, 2020).

A adubação nitrogenada é um dos principais fatores no sucesso da produção de forrageiras, visto que esse macronutriente atua de forma direta nos compostos responsáveis pela produtividade, como aumento da massa seca, número de folhas, altura de planta, peso e taxa de aparecimento de perfilhos e alongamento do colmo (Porto, 2017; Wu *et al.*, 2019; Song *et al.*, 2019), e na qualidade da forragem. Escarela *et al.* (2017), estudando a influência da adubação nitrogenada na produtividade e qualidade da forragem de Mombaça (*Panicum maximum*), encontraram

resultados positivos sobre essas variáveis, constatando que a adubação nitrogenada proporcionou aumentos significativos na produção de forragem, no teor de proteína bruta, acúmulo de nitrogênio e no índice de coloração verde do capim-mombaça, havendo ainda uma correlação entre índice de cor verde com o teor de proteína bruta na planta. Lopes *et al.* (2013) também constataram incrementos de 448% e 455% na taxa de produção e acúmulo de forragem,

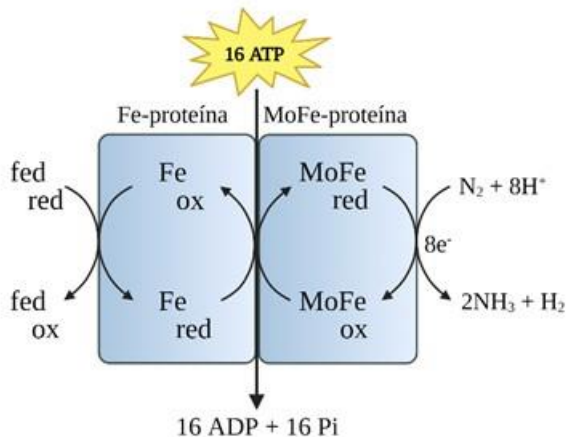


Figura 8. Reação de fixação do nitrogênio atmosférico. Fonte: Adaptado de Raven *et al.* (1996)

Contudo, o manejo adequado do nitrogênio pode proporcionar uma elevada produtividade de biomassa nas espécies forrageiras, constituindo assim um elemento essencial no cultivo dessas. A importância do nitrogênio para as plantas forrageiras é indiscutível. Sua contribuição para o crescimento robusto, qualidade nutricional, aumento da produção e capacidade adaptativa dessas plantas destaca sua relevância central na produção de forragem de alta qualidade e na sustentabilidade das atividades pecuárias.

Associação do nitrogênio e salinidade em plantas forrageiras

Na região semiárida, a utilização de práticas como a irrigação é de suma importância

para garantir o crescimento e desenvolvimento das culturas, diminuindo assim os efeitos das secas periódicas e das chuvas irregulares (Zaveri e Lobell 2019; Nikolaou *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2021).

No entanto, as altas temperaturas e baixa precipitação pluvial, juntamente com o manejo

respectivamente, em função da aplicação de nitrogênio no capim-massai (*Panicum maximum*). Em estudos realizados por Viana *et al.* (2020) foi observado ainda um crescimento linear na produção de matéria seca para o capim buffel (*Cenchrus ciliaris*) em função de doses de nitrogênio. Os autores ainda destacam a importância do nitrogênio no crescimento e sustentabilidade de gramíneas forrageira

inadequado do solo e da água, auxiliam no acúmulo de sais na superfície (Shokri-Kuehni *et al.*, 2017; Li e Shi 2021). Devido à presença desses sais na água de irrigação, as plantas sofrem com alterações no potencial osmótico, na toxicidade dos íons e no desequilíbrio nutricional, resultando assim em distúrbios nas relações hídricas e de absorção de nutrientes e consequentemente em uma redução na produtividade da cultura (Salwan *et al.*, 2019; Meena *et al.*, 2019; Hailu *et al.*, 2021).

Culturas, tais como as forrageiras, ainda possuem uma tolerância moderada ao estresse salino, como, o sorgo (*Sorghum bicolor*, L.) que é uma gramínea que se destaca por possuir uma tolerância moderada ao estresse salino, capacidade essa muito útil e que permite a utilização dessa espécie com rendimentos economicamente aceitáveis (Huang, 2018). O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma cultura tradicionalmente concentrada no semiárido devido a outras leguminosas anuais que não se desenvolvem satisfatoriamente por causa da irregularidade de chuvas e das altas temperaturas (Falconnier *et al.*, 2020), se sobressaindo assim das demais variedades.

Embora grande parte das forrageiras sejam moderadamente tolerantes a salinidade, esse efeito abiótico ainda pode ocasionar uma diminuição na produção de biomassa dessa espécie (Worku *et al.*, 2019). Inúmeros são os danos ocasionados nessa espécie em função do alto nível de sais contidos no solo ou provindos da água de irrigação, dentre eles se destaca a redução do crescimento foliar (variável de produção de suma importância para as forrageiras), onde esses sais agem inibindo o crescimento vegetativo por duas razões: a redução da capacidade de absorção de água pelo sistema radicular da cultura e o efeito de íons específicos (Sousa *et al.*, 2022).

A redução no crescimento foliar acontece devido o potencial osmótico baixo que se encontra

o solo em função da alta concentração de sais, visto que essa relação é inversamente proporcional, ou seja, quanto mais sais dissolvidos na solução, menor o potencial hídrico da mesma, fazendo com que o sistema radicular sofra estresse por perda de água para o solo por diferença de potencial, podendo levar a morte da célula vegetal (plasmólise) (Taiz e Zeiger, 2017).

No caso da ação do efeito de íons específicos, o excesso de sais que entram via xilema na planta por fluxo transpiratório, faz com que ocorram prejuízos a vários processos fisiológicos a nível celular e foliar, afetando o crescimento das plantas forrageiras (Taiz e Zeiger, 2017). Isso ocorre mediante a ação desses íons que irão ocasionar desbalanço nutricional e toxidez iônica causando danos ao citoplasma, resultando em danos visíveis, principalmente na bordadura e no ápice das folhas mais velhas onde o acúmulo é maior. Além disso, nesta bordadura, o acúmulo de sal translocado em função da transpiração torna-se excessivo para a folha levando aos sintomas de toxidez salina (Moraes *et al.*, 2020).

É importante salientar que os sintomas de toxicidade se manifestam de forma pontual para cada tipo de elemento, aparecendo nas plantas forrageiras se as concentrações de sais nos tecidos são muito altas ou acima dos seus níveis de tolerância. Geralmente a toxicidade é provocada pelos íons cloreto, sódio e boro porém, muitos outros oligoelementos são tóxicos às plantas, mesmo em pequenas concentrações (Geilfus, 2018; Shahid *et al.*, 2020).

Com o intuito de minimizar os efeitos ocasionados pela salinidade em forrageiras, pesquisadores vêm estudando algumas técnicas. Em meio a tantas técnicas o suprimento nutricional é um grande destaque, com o nitrogênio sendo o macronutriente mais utilizado pela maioria das culturas agrícolas, além de aumentar a produtividade e rentabilidade delas, quanto maior o teor de nitrogênio em áreas de solos salinos mais tolerantes às plantas torna-se a salinidade (Hessini *et al.*, 2019; Sun *et al.*, 2023).

Esse processo ocorre porque nessas condições há maior acúmulo de compostos orgânicos contendo prolina, aminoácidos livres e glicinabetaina (Hildebrandt *et al.*, 2018), os quais associados ao nitrato no vacúolo baixam o potencial osmótico das plantas, contribuindo

diretamente para o ajustamento osmótico (Ribeiro *et al.*, 2022; Annunziata *et al.*, 2019). A maior concentração de nitrato na zona radicular em solos salinos também é benéfica por reduzir absorção do cloreto (Rosales *et al.*, 2020).

Estudos já mostram que a utilização desse nutriente em espécies forrageiras submetidas a condições de salinidade tem influenciado de forma positiva. Oresca *et al.* (2021) observaram em seus estudos que a adubação nitrogenada atenuou os efeitos deletérios ocasionados pela salinidade da água de irrigação na cultura do sorgo e milho. Ainda segundo esse autor, isso se deve a ação antagônica do nitrogênio, o qual inibe a absorção de íons como cloreto e sódio, permitindo assim a absorção de N-total e potássio (K) pelas plantas.

Forrageiras leguminosas e gramíneas versus salinidade

As forrageiras leguminosas desempenham um papel importante no aumento da fertilidade do solo, atividade importante quando consorciadas (Tufail, 2018), a integração com microrganismos fixadores de nitrogênio responsáveis por captar o N₂, e realizar a biotransformação no ciclo do nitrogênio para as plantas, permitindo o equilíbrio entre a fixação e a mineralização (Aasfar *et al.*, 2021).

A sinergia das leguminosas fixadoras de nitrogênio em cultivos de pastagens contribuem fortemente para o enriquecimento da forragem produzida, levando em consideração o alto teor de proteína presente nessas espécies, além de condicionar uma melhoria na fertilidade do solo, impulsionando a produtividade de outras culturas (Villegas *et al.*, 2020).

O estudo com inoculantes envolvendo esse processo em plantas forrageiras, tem promovido o interesse de pesquisadores para compreender o processo de respostas no ganho de biomassa desses cultivos, permitindo assim uma agricultura sustentável e econômica para os produtores. A problemática dos solos afetados pelos sais condiciona a disponibilidade de nitrogênio decorrente da disputa do nitrato (NO₃⁻) e o cloreto (Cl⁻) e o amônio e o sódio, muitas vezes decorrente da fertilizantes nitrogenados, resultando a presença de alta concentrações das plantas reduzindo a biomassa e o rendimento de grão (Duan *et al.*, 2018 e Elgharably *et al.*, 2021).

A salinidade é um problema em sistemas de cultivo intensivo, dessa forma, os *Rhizobium* são sensíveis ao estresse salino, portanto o impacto da inoculação depende diretamente da concentração de sais presentes da água (Tufail, 2018). No entanto, existem cepas de *Rhizobium* spp. com a capacidade de tolerar o sal, sob condições de estresse, decorrente da estabilidade da condutância do nódulo de O₂ dos rizóbios, beneficiando as raízes das plantas hospedeiras, permitindo assim um melhor crescimento e nutrição das plantas (Dong *et al.*, 2017 e Noori *et al.*, 2018). No entanto, foi relatado que as leguminosas noduladas podem ser mais tolerantes ao estresse ambiental que as leguminosas fertilizadas com N (El-Akhal *et al.*, 2013).

Autores postularam que o aumento do N decorrente de plantas leguminosas forrageiras beneficia significativamente culturas subsequentes. Após a inoculação de culturas forrageiras de trevo de berseem (*Trifolium alexandrinum*) o valor nutritivo da forragem também aumentou (4% PB) devido ao maior número de folhas por planta (Tufail, 2018).

O uso da espécie adequada e o manejo eficiente e a fixação de nitrogênio através da adubação verde, possibilita maior benefício da ação dos microrganismos. Considerando o potencial de produção de biomassa, a simbiose estabelecida com bactéria, em cultivos consorciados (Freitas *et al.*, 2015; Yao *et al.*, 2018) pode ser benéfica.

Em espécies forrageiras a muito tempo foi notado os ganhos de produção proporcionados pela adubação nitrogenada, como observado em vários trabalhos realizados no Brasil (Bernardi *et al.* 2018; Mariani *et al.*, 2018), com aumento na produção de biomassa em função do maior número de perfilhos, maior produção de folhas e expansão do sistema radicular (Galindo *et al.*, 2018).

Nos últimos anos, descobriu-se o potencial de bactérias do gênero *Azospirillum* como fixadoras do nitrogênio atmosférico. Em várias espécies de gramíneas forrageira e graníferas a inoculação com *Azospirillum brasilense* pode reduzir os custos de produção e incrementar o rendimento das espécies cultivadas uma vez que a inoculação modifica a morfologia do sistema radicular, aumentando não apenas o número de radículas, mas, também, o diâmetro médio das

raízes laterais e adventícias (Milléo e Cristofili, 2016; Rondina *et al.*, 2020)

Azospirillum representa o gênero mais bem caracterizado de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas e sua utilização está relacionada com o aumento de assimilação de nitrogênio e na atividade de enzimas fotossintéticas nas plantas por ela colonizadas (Cassán e Diaz-Zorita, 2016; Cassan *et al.*, 2020; Gureeva e Gureev, 2023). Ainda segundo os autores, a inoculação em gramíneas como por exemplo o milho com *Azospirillum brasilense* provoca aumento na matéria seca de raízes, aumentando o desenvolvimento da planta. Além destes, outros autores como (Galeano *et al.*, 2019; Repke *et al.*, 2013) em seus estudos, encontraram resultados promissores com o uso de *Azospirillum* em gramíneas.

Desta forma, a inoculação com *Azospirillum* em gramíneas forrageiras surge não só como uma alternativa para aumentar a disponibilidade de nitrogênio para as plantas como também pelo efeito atenuante de estresses abióticos em função de suas características de produção de hormônios vegetais, solubilização de fosfato, promoção de crescimento das raízes, aumento nos teores de clorofila e condutância estomática e alterações nas atividades fotossintéticas das plantas (Fukami *et al.*, 2016; Kazi *et al.*, 2016; Gordillo-Delgado *et al.*, 2016).

Considerações finais

A revisão abrangente da literatura sobre a produção de biomassa de plantas forrageiras consorciadas, considerando a adubação nitrogenada em conjunto com a irrigação utilizando água salina, ressalta um panorama complexo e interdependente entre práticas agrícolas cruciais para a sustentabilidade e eficiência dos sistemas de cultivo. A combinação de práticas de adubação nitrogenada e irrigação com água salina apresenta desafios singulares e benefícios potenciais para a produção forrageira. As evidências que foram levantadas nesse estudo sugerem que o nitrogênio desempenha um papel significativo na resposta adaptativa das plantas consorciadas, promovendo o crescimento vegetativo, a produção de biomassa e, em certa medida, a mitigação dos efeitos adversos da salinidade. Os estudos revisados destacam que a adubação nitrogenada pode atenuar parcialmente os efeitos deletérios da salinidade, favorecendo o

desenvolvimento radicular, a atividade fotossintética e a produção de matéria seca das plantas forrageiras consorciadas. No entanto, observa-se uma variação na resposta das diferentes espécies consorciadas à interação entre adubação nitrogenada e irrigação salina, sugerindo a necessidade de considerações específicas para cada sistema de cultivo. A complexidade das interações entre adubação nitrogenada, água salina e consórcio de plantas forrageiras demanda uma abordagem multidisciplinar e contextualizada.

Embora a adubação nitrogenada e a irrigação com água salina apresentem interações complexas e variáveis na produção de biomassa das plantas forrageiras consorciadas, a síntese de conhecimentos proporcionada por esta revisão aponta para oportunidades significativas de melhoria na sustentabilidade e produtividade desses sistemas, enfatizando a necessidade contínua de pesquisas e práticas direcionadas para um manejo otimizado e adaptativo.

Logo, conclui-se que estratégias de manejo integradas, considerando a seleção criteriosa de espécies tolerantes à salinidade, práticas de irrigação eficientes e ajustes na aplicação de nitrogênio, emergem como uma promissora rota para otimizar a produção de biomassa nessas condições desafiadoras.

Agradecimentos

A agência financiadora Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IBPG-1648-5.01/21) – FACEPE; a Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST); ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PGPV) e aos autores desse trabalho pela colaboração.

Referências

- Aasfar, A., Bargaz, A., Yaakoubi, K., Hilali, A., Bennis, I., Zeroual, Y., Kadmiri, I. 2021. Nitrogen Fixing Azotobacter Species as Potential Soil Biological Enhancers for Crop Nutrition and Yield Stability. *Frontiers in Microbiology* [online] 12. Disponível: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.628379>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Abbas, G., Rehman, S., Siddiqui, M., Ali, H., Farooq, M., Chen, Y. 2022. Potassium and Humic Acid Synergistically Increase Salt Tolerance and Nutrient Uptake in Contrasting Wheat Genotypes through Ionic Homeostasis and Activation of Antioxidant Enzymes. *Plants*, [online] 11. Disponível: <https://doi.org/10.3390/plants11030263>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Agarwal, S., Kumar, A. 2021. Ameliorative Effects of Nitrogen Application on Vegetative Growth and Productivity in Genotypes of Ragi (*Eleusine coracana* Gaertn.) under Saline Conditions [online] 53. *Indian Journal Of Agricultural Research*. Disponível: <https://doi.org/10.18805/ijare.a-5814>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Alvarez, F., Ríos, P., & Sterling, A. 2023. Effects of Organic Fertilization on Biomass Production in *Urochloa* spp. Pastures and Soil Biological and Physical Properties in the Colombian Amazon Region. *Sustainability* [online] 1717. Disponível: <https://doi.org/10.20944/preprints202309.02309>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Amer, R. 2021. Spatial Relationship between Irrigation Water Salinity, Waterlogging, and Cropland Degradation in the Arid and Semi-Arid Environments. *Remote. Sens.* [online] 13. Disponível: <https://doi.org/10.3390/rs13061047>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Amorim, D. S., Silva, A. L., Sousa, S. V., Sousa, P. H. A. A. De, Lima, B. S. L. De, & Reis, Áquila L. A. 2017. Caracterização e restrições de forrageiras indicadas para as diferentes espécies de animais de produção – revisão. *Revista Eletrônica Científica Da UERGS* [online] 3, Disponível: <https://doi.org/10.21674/2448-0479.31.215-237>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Anaghali, A.; Tabatabaee, S.A. 2019. Índices de Tolerância à Salinidade de Cultivares de Cevada, Algodão, Canola e Sorgo Forrageiro. *Iranian Journal of Soil Research*, v. 33, n. 1, pág. 45-59.
- Angon, P., Tahjib-Ul-Arif, M., Samin, S., Habiba, U., Hossain, M., & Brestič, M. 2022. How Do Plants Respond to Combined Drought and Salinity Stress?—A Systematic Review. *Plants* [online] 11. Disponível: <https://doi.org/10.3390/plants11212884>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Annunziata, M., Ciarmiello, L., Woodrow, P., dell'Aversana, E., & Carillo, P. 2019. Spatial and Temporal Profile of Glycine Betaine Accumulation in Plants Under Abiotic Stresses. *Frontiers in Plant Science* [online] 10. Disponível: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00230>. Acesso: 12 jun. 2024.

- Annunziata, M., Ciarmiello, L., Woodrow, P., dell'Aversana, E., Carillo, P., 2019. Spatial and temporal profile of glycine betaine accumulation in plants under abiotic stresses. *Frontiers in Plant Science* [online] 10. Disponível: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00230>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Ansari, M., Shekari, F., Mohammadi, M., Végváric, G., & Biró, B. 2019. Effect of irrigation with saline water on ion homeostasis and forage dry yield in Alfalfa ecotypes application of high salty water for Alfalfa plants irrigation. *Desert* [online] 24. Disponível: <https://doi.org/10.22059/JDESERT.2019.72430>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Arif, Y., Singh, P., Siddiqui, H., Bajguz, A., & Hayat, S. (2020). Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance.. *Plant physiology and biochemistry : PPB* [online] 156. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.08.042>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Arif, Y.; Singh, P.; Siddiqui, H.; Bajguz, A.; Hayat, S. 2020. Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*, [online] 156, Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.08.042>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Ashour, H. A.; Esmail, S. E. A.; Kotb, M. S. 2020. Efeitos atenuantes da quitosana ou ácido húmico em *Vitex trifolia* 'Purpurea' cultivada sob estresse salino. *Ornamental Horticulture*, v. 27, p. 88-102.
- Bernardi, A.; Silva, A. W. L.; Baretta, D. 2018. Estudo metanalítico da resposta de gramíneas perenes de verão à adubação nitrogenada. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, [online] 70. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-9501>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Bidgoli, R. 2018. Forage Quality of Calligonum comosum in Three Phenological Growth Stages (Case study: Kashan Rangelands, Iran). *Journal of Rangeland Science*, 8, 309-314.
- Bittar, D. Y.; De Souza, B. A. A. 2021. Efeito do nitrogênio nas características estruturais e produção de biomassa em forrageiras do gênero panicum. *Ipê Agronomic Journal*, v. 5, n. 1, p. 1-8.
- Bo, P., Bai, Y., Dong, Y., Shi, H., Htet, M., Samoon, H., Zhang, R., Tanveer, S., & Hai, J. 2022a. Influence of Different Harvesting Stages and Cereals–Legume Mixture on Forage Biomass Yield, Nutritional Compositions, and Quality under Loess Plateau Region. *Plants* [online] 11. Disponível: <https://doi.org/10.3390/plants11202801>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Bo, P., Dong, Y., Zhang, R., Htet, M., & Hai, J. 2022b. Optimization of Alfalfa-Based Mixed Cropping with Winter Wheat and Ryegrass in Terms of Forage Yield and Quality Traits. *Plants*, [online] 11. Disponível: <https://doi.org/10.3390/plants11131752>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Bo, P., Dong, Y., Zhang, R., Htet, M., & Hai, J. 2022. Optimization of Alfalfa-Based Mixed Cropping with Winter Wheat and Ryegrass in Terms of Forage Yield and Quality Traits. *Plants*, [online] 11. Disponível: <https://doi.org/10.3390/plants11131752>.
- Brahimi, S., Toumatia, O., Drevon, J., Zitouni, A., Lazali, M., 2022. Intercropping legumes and cereals increases resource use efficiency and crop productivity in low phosphorus soils under semi-arid Mediterranean conditions. *Agroecology and Sustainable Food Systems* [online]. Disponível: <https://doi.org/10.1080/21683565.2022.2121951>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Brüning, D., Gerlach, K., Weiß, K., Südekum, K., 2018. Effect of compaction, delayed sealing and aerobic exposure on maize silage quality and on formation of volatile organic compounds. *Grass and Forage Science* [online] 12. Disponível: <https://doi.org/10.1111/GFS.12288>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Canellas, L.P., Olivares, F.L., 2014. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 1, 3-14.
- Canellas, L.P., Olivares, F.L., Aguiara, N.O., Jonesb, D.L., Nebbiosoc, A., Mazzeic, P., Piccoloc, V., 2015. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae* [online] 2. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Cassan, F., Coniglio, A., López, G., Molina, R., Nievas, S., Carlan, C., Donadío, F., Torres, D., Rosas, S., Pedrosa, F., Souza, E., Zorita, M., de-Bashan, L., Mora, V., 2020. Everything you must know about Azospirillum and its impact on agriculture and beyond. *Biology and Fertility of Soils* [online] 56. Disponível:

- <https://doi.org/10.1007/s00374-020-01463-y>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Cassán, F., Diaz-Zorita, M., 2016. *Azospirillum* sp. in current agriculture: From the laboratory to the field. *Soil Biology and Biochemistry* [online] 103. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.08.020>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Chen, P., Song, C., Liu, X., Zhou, L., Yang, H., Zhang, X., Zhou, Y., Du, Q., Pang, T., Fu, Z., Wang, X., Liu, W., Yang, F., Shu, K., Du, J., Liu, J., Yang, W., & Yong, T., 2019. Yield advantage and nitrogen fate in an additive maize-soybean relay intercropping system. *The Science of the total environment* [online] 657. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.376> . Acesso: 05 jun. 2024.
- Chen, W., Wang, E., Ji, Z., Zhang, J., 2020. Recent development and new insight of diversification and symbiosis specificity of legume rhizobia: mechanism and application. *Journal of Applied Microbiology* [online] 131. Disponível:<https://doi.org/10.1111/jam.14960>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Cordeiro, G.C., 2000. Níveis de tolerância das culturas a teores de sais no solo e na água de irrigação. Embrapa Semi-Arido.
- Coskun, D., Britto, D. T., Huynh, W. Q., Kronzucker, H. J., 2016. The role of silicon in higher plants under salinity and drought stress. *Frontiers in plant Science* [online] 7. Disponível:<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01072>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Cuevas, J., Daliakopoulos, I., Moral, F., Hueso, J., Tsanis, I., 2019. A Review of Soil-Improving Cropping Systems for Soil Salinization. *Agronomy* [online]2. Disponível:<https://doi.org/10.3390/AGRONOMY9060295>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Cui, J., Tcherkez, G., 2021. Potassium dependency of enzymes in plant primary metabolism. *Plant physiology and biochemistry: PPB* [online]. Disponível:<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.06.017>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Cunha, A., Macedo, V., Oliveira, J., Mélo, D., Domingues, F., Cândido, E., Faturi, C., Rêgo, A., 2022. Nitrogen fertilisation as a strategy for intensifying production and improving the quality of Massai grass grown in a humid tropical climate. *Journal of Plant Nutrition* [online] 45. Disponível:<https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2046078>.
- Darrhal, N., Houssa, A., Dhassi, K., Amlal, F., Ouichou, A., Mounsif, M., Drissi, S., 2022. Nutrient Status of Forage Corn (*Zea mays* L.) and Fodder Beet (*Beta vulgaris* L.) Irrigated with Saline Water. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* [online]. Disponível:<https://doi.org/10.1080/00103624.2022.2072870>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Dhakal, D., Islam, M., 2018. Grass-Legume Mixtures for Improved Soil Health in Cultivated Agroecosystem. *Sustainability*. Disponível:<https://doi.org/10.3390/SU10082718>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Dong, R., Zhang, J., Huan, H., Bai, C., Chen, Z., Liu, G., 2017. High Salt Tolerance of a *Bradyrhizobium* Strain and Its Promotion of the Growth of *Stylosanthes guianensis*. *International Journal of Molecular Sciences* [online]18. Disponível:<https://doi.org/10.3390/ijms18081625>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Duan, M., House, J., Liu, Y., Chang, S., 2018. Contrasting responses of gross and net nitrogen transformations to salinity in a reclaimed boreal forest soil. *Biology and Fertility of Soils* [online] 54. Disponível:<https://doi.org/10.1007/s00374-018-1268-7>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Eeswaran, R., Nejadhashemi, A.P., Alves, F.C., Saravi, B., 2021. Evaluating the applicability of soil moisture-based metrics for gauging the resiliency of rainfed agricultural systems in the midwestern United States. *Soil & Tillage Research* [online] 205. Disponível: [10.1016/j.still.2020.104818a](https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104818a). Acesso: 05 jun. 2024.
- El-Akhal, M.R., Rincón, A., Coba de la Peña, T., Lucas, M.M., El Mourabit, N., Barrijal, S., Pueyo, J.J., 2013. Effects of salt stress and rhizobial inoculation on growth and nitrogen fixation of three peanut cultivars. *Plant Biology* [online] 15. Disponível: <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2012.00634>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Elgharably, A., Benes, S., 2021. Alfalfa Biomass Yield and Nitrogen Fixation in Response to Applied Mineral Nitrogen Under Saline Soil Conditions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* [online] 21. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00397-6>. Acesso: 05 jun. 2024.

- Elias, O.F.A.S., Leite, M.L.M.V., Azevedo, F.M., Silva, J.P.S.S., Nascimento, G.F., Simplício, J.B. 2017. Características agronômicas de cultivares de sorgo em sistema de plantio direto no Semiárido de Pernambuco. *Revista Ciência Agrícola* [online] 14. Disponível: DOI: <https://doi.org/10.28998/rca.v14i1.2318>. Acesso: 12 jun. 2024.
- El-Kady, A., Borham, T., 2020. Sustainable cultivation under saline irrigation water: Alleviating salinity stress using different management treatments on *Terminalia arjuna* (Roxb.) Wight & Arn. *Agricultural Water Management* [online] 229. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105902>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Epifânio, P., Costa, K., Severiano, E., Simon, G., Silva, V., 2020. Nitrogen nutrition and changes in the chemical attributes of the soil for cultivars of *Brachiaria brizantha* intercropped with *Stylosanthes* in different forage systems. *Archives of Agronomy and Soil Science* [online] 66. Disponível: <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1658867>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Munari-Escarela, C., Pietroski, M., Mello-Prado, R. D., Caione, G., 2017. Adubação nitrogenada na produtividade e qualidade do capim Mombaça (*Megathyrsus maximum* cv. Mombaça). *Acta Agronômica* [online] 66. Disponível: <https://doi.org/10.15446/acag.v66n1.53420>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Falconnier, G., Vermue, A., Journet, E., Christina, M., Bedoussac, L., Justes, E., 2020. Contrasted response to climate change of winter and spring grain legumes in southwestern France. *Field Crops Research* [online] 259. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107967>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Figueiredo, F.R.A., Nóbrega, J.S., Fátima, R.T. de, Ferreira, J.T.A., Pereira, M.B., Lopes, M. de F. de Q., Pereira, W.E., Albuquerque, M.B. de., 2020. Morphophysiology of yellow passion fruit seedlings under application of nitrogen and potassium and irrigation with high salinity water. *Semina: Ciências Agrárias* [online] 41. Disponível: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n5Supl1p1897>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Fontaneli, R.S., Fontaneli, R.S., Dürr, J.W., 2012. Qualidade e valor nutritivo de forragem. *Forrageiras para ILPF-integração lavoura pecuária-floresta na região Sul-brasileira*. Brasília: Embrapa Trigo 27-129.
- Franco, J., King, S., Volder, A., 2018. Component crop physiology and water use efficiency in response to intercropping. *European Journal of Agronomy* [online] 93. Disponível: <https://doi.org/10.1016/J.EJA.2017.11.005>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Freitas, A. D. S., Sampaio, E. V. S. B., Santos, C. E. R. S., Silva, A. F., & Souza, R. J. C. 2015. Fixação biológica de nitrogênio no Semiárido Brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8. www.ufpe.br/rbgfe
- Fukami, J.; Nogueira, M. A.; Araujo, R. S.; Hungria, M. 2016. Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. *AMB Express*, v.6, n.3, p.1-13.
- Galeano, R. M. S.; Campelo, A. P. S.; Mackert, A.; Brasil, M. S. 2019. Desenvolvimento inicial e quantificação de proteínas do milho após inoculação com novas estirpes de *Azospirillum brasilense*. *Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS*, v. 6, n. 2, p. 95-99, abr./jun.
- Galindo, F. S.; Buzetti, S.; Teixeira- Filho, M. C. M.; Dupas, E.; Carvalho, F. C. 2018. Manejo da adubação nitrogenada no capim-mombaça em função de fontes e doses de nitrogênio. *Revista de Ciências Agrárias* [online] 41. Disponível: <http://dx.doi.org/10.19084/RCA18131>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Garcia, A. C.; Fiorio, P. R.; Gomez, J. D. 2019. análise espectral das forrageiras *panicum maximum* cv. mombaça e *urochloa brizantha* cv. marandú submetidas a diferentes doses de nitrogênio. *Amparo Cisneros García*, p. 15.
- Geilfus, C. 2018. Chloride: from Nutrient to Toxicant. *Plant & cell physiology* [online] 59. Disponível: <https://doi.org/10.1093/pcp/pcy071>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Gong, X., Dang, K., Liu, L., Zhao, G., Lv, S., Tian, L., Jin, F., Feng, Y., Zhao, Y., & Feng, B. 2021. Intercropping combined with nitrogen input promotes proso millet (*Panicum miliaceum* L.) growth and resource use efficiency to increase grain yield on the Loess plateau of China. *Agricultural Water Management* [online] 243. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106434>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Gordillo-Delgado, F.; Marín, E.; Calderón, A. 2016. Effect of *Azospirillum brasilense* and *Burkholderia unamae* bacteria on maize photosynthetic activity evaluated 63 using the

- photoacoustic technique. *International Journal of Thermophysics*, v.37, n.92, p. 1-11.
- Gul, Z., Tang, Z., Arif, M., & Ye, Z. 2022. An Insight into Abiotic Stress and Influx Tolerance Mechanisms in Plants to Cope in Saline Environments. *Biology* [online] 11. Disponível: <https://doi.org/10.3390/biology11040597>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Gupta, K. 2020. Nitrogen Metabolism in Plants: Methods and Protocols. *Nitrogen Metabolism in Plants*. Disponível: <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9790-9>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Hailu, B., & Mehari, H. 2021. Impacts of Soil Salinity/Sodicity on Soil-Water Relations and Plant Growth in Dry Land Areas: A Review. *Journal of Natural Sciences Research* [online] 12. Disponível: <https://doi.org/10.7176/jnsr/12-3-01>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Hameed, A., Ahmed, M., Hussain, T., Aziz, I., Ahmad, N., Gul, B., & Nielsen, B. 2021. Effects of Salinity Stress on Chloroplast Structure and Function. *Cells*, [online] 10. Disponível: <https://doi.org/10.3390/cells10082023>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M., Nahar, K., Hossain, M., Mahmud, J., Hossen, M., Masud, A., M., & Fujita, M. 2018. Potassium: A Vital Regulator of Plant Responses and Tolerance to Abiotic Stresses. *Agronomy*, [online] 8. Disponível: <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY8030031>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Hashemi, S., Madahhosseini, S., Pirasteh-Anosheh, H., Sedaghati, E., & Race, M. 2022. The Role of Nitrogen in Inducing Salt Stress Tolerance in *Crocus sativus* L.: Assessment Based on Plant Growth and Ions Distribution in Leaves. *Sustainability* [online] 15. Disponível: <https://doi.org/10.3390/su15010567>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Hessini, K., Issaoui, K., Ferchichi, S., Saif, T., Abdelly, C., Siddique, K. H. M., & Cruz, C. 2019. Interactive effects of salinity and nitrogen forms on plant growth, photosynthesis and osmotic adjustment in maize. *Plant Physiology and Biochemistry*, [online] 139. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.03.005>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Hildebrandt, T. 2018. Synthesis versus degradation: directions of amino acid metabolism during *Arabidopsis* abiotic stress response. *Plant Molecular Biology* [online] 98. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s11103-018-0767-0>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Hita, D., Fuentes, M., García, A., Olaetxea, M., Baigorri, R., Zamarreño, Á., Berbara, R., & García-Mina, J. 2019. Humic substances: a valuable agronomic tool for improving crop adaptation to saline water irrigation. *Water Supply* [online] 9. Disponível: <https://doi.org/10.2166/WS.2019.047>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Hosseini, S., Maillard, A., Hajirezaei, M., Ali, N., Schwarzenberg, A., Jamois, F., & Yvin, J. 2017. Induction of Barley Silicon Transporter HvLsi1 and HvLsi2, increased silicon concentration in the shoot and regulated Starch and ABA Homeostasis under Osmotic stress and Concomitant Potassium Deficiency. *Frontiers in Plant Science*, [online] 8. Disponível: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01359>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Htet, M.N.S; Wang, H.; Yadav, V.; Sompouviseth, T.; Feng, B. 2022. Legume Integration Augments the Forage Productivity and Quality in Maize-Based System in the Loess Plateau Region. *Sustainability* [online] 14. Disponível: <https://doi.org/10.3390/su14106022>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Huang, R. 2018. Research progress on plant tolerance to soil salinity and alkalinity in sorghum. *Journal of Integrative Agriculture* [online] 17. Disponível: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61728-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61728-3). Acesso: 12 jun. 2024.
- Hueso, A., Camacho, G., & Gómez-Del-Campo, M. 2021. Spring deficit irrigation promotes significant reduction on vegetative growth, flowering, fruit growth and production in hedgerow olive orchards (cv. Arbequina). *Agricultural Water Management* [online] 248. Disponível: <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2020.106695>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Hungria, M. 2011. Inoculação com *Azospirillum* brasileiro: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Documentos Embrapa Soja.
- Huss, C., Holmes, K., & Blubaugh, C. 2022. Benefits and Risks of Intercropping for Crop Resilience and Pest Management. *Journal of Economic Entomology* [online] 115. Disponível: <https://doi.org/10.1093/jee/toac045>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Joshi, S., Nath, J., Singh, A., Pareek, A., & Joshi, R. 2022. Ion transporters and their regulatory signal transduction mechanisms for salinity

- tolerance in plants.. *Physiologia plantarum*, [online] e13702. Disponível:<https://doi.org/10.1111/ppl.13702>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Kaundal, R., Duhan, N., Acharya, B., Pudussery, M., Ferreira, J., Suarez, D., Sandhu, D., 2021. Transcriptional profiling of two contrasting genotypes uncovers molecular mechanisms underlying salt tolerance in alfalfa. *Scientific Reports* [online] 11. Disponível: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84461-w>. Acesso: 10 jun. 2024.
- Kawade, K., Tabeta, H., Ferjani, A., & Hirai, M. 2023. The Roles of Functional Amino Acids in Plant Growth and Development.. *Plant & cell physiology* [Online] 64 . Disponível: <https://doi.org/10.1093/pcp/pcad071>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Kazi, N.; Deaker, R.; Wilson, N.; Muhammad, K.; Trethowan, R. 2016. The response of wheat genotypes to inoculation with *Azospirillum brasilense* in the field. *Field Crops Research*, v.196, n.1, p.368-378.
- Kebede, E. 2021. Contribution, Utilization, and Improvement of Legumes-Driven Biological Nitrogen Fixation in Agricultural Systems. *Plant & Cell Physiology* 5. Disponível:<https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.767998>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Kelln, B., Penner, G., Acharya, S., McAllister, T., & Lardner, H. 2020. Impact of condensed tannin-containing legumes on ruminal fermentation, nutrition, and performance in ruminants: a review. *Canadian Journal of Animal Science*, [online] 101. Disponível:<https://doi.org/10.1139/cjas-2020-0096>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Khanna-Chopra, R. *et al.* 2019. Prolina – Um regulador chave que confere tolerância às plantas à salinidade e à seca. In: *Tolerância das plantas ao estresse ambiental*. CRC Press. pág. 59-80.
- Kumar, A., Rosinger, C., Chen, H., Protic, S., Bonkowski, M., & Temperton, V. 2021. Gone and forgotten: facilitative effects of intercropping combinations did not carry over to affect barley performance in a follow-up crop rotation. *Plant and Soil* [online] 467. Disponível:<https://doi.org/10.1007/s11104-021-05104-7>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Kumar, A., Singh, S., Gaurav, A., Srivastava, S., & Verma, J. (2020). Plant Growth-Promoting Bacteria: Biological Tools for the Mitigation of Salinity Stress in Plants. *Frontiers in Microbiology* [online] 11. Disponível:<https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01216>. Acesso: 12 jun. 2024.
- Kumar, S., Kaniganti, S., Kumari, P., Reddy, P., Suravajhala, P., P, S., Kishor, P., 2022. Functional and biotechnological cues of potassium homeostasis for stress tolerance and plant development. *Biotechnology & genetic engineering reviews* [online] 44. Disponível: <https://doi.org/10.1080/02648725.2022.2143317>. Acesso: 09 jun. 2024.
- Lessa, C., Lacerda, C., Cajazeiras, C., Neves, A., Lopes, F., Silva, A., Sousa, H., Gheyi, H., Nogueira, R., Lima, S., Costa, R., & Sousa, G. 2023. Potential of Brackish Groundwater for Different Biosaline Agriculture Systems in the Brazilian Semi-Arid Region. *Agriculture*. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030550>.
- Li, C., Hoffland, E., Kuyper, T., Yu, Y., Zhang, C., Li, H., Zhang, F., & Werf, W. 2020. Syndromes of production in intercropping impact yield gains. *Nature Plants*, 6, 653-660. <https://doi.org/10.1038/s41477-020-0680-9>.
- Li, S., Jensen, E., Liu, N., Zhang, Y., Mårtensson, L., 2021. Species interactions and nitrogen use during early intercropping of intermediate wheatgrass with a white clover service crop. *Agronomy* [online]. Disponível: <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY11020388>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Li, X., Shi, F., 2021. Effects of evolving salt precipitation on the evaporation and temperature of sandy soil with a fixed groundwater table. *Vadose Zone Journal* [online] 20. Disponível: <https://doi.org/10.1002/vzj2.20122>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Li, Y., Yang, L., Wang, H. Xu, R., Chang, S., Hou, F., Jia, Q., 2019. Nutrient and planting modes strategies improves water use efficiency, grain-filling and hormonal changes of maize in semi-arid regions of China. *Agricultural Water Management* [online] 223. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105723>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Lira, E.C., Araújo, J. Da S., Felix, E. Dos S., Nascimento, G.V. Do, Oliveira Filho, T.J. De, Souza, J.T.A., Pereira, D.D., 2021. Produtividade de culturas anuais em sistema de consórcio com a palma forrageira resistente à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell). *HOLOS* [online] 2.

- Disponível:<https://doi.org/10.15628/holos.2021.11212>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Litalien, A., Zeeb, B., 2020. Curing the earth: A review of anthropogenic soil salinization and plant-based strategies for sustainable mitigation. *The Science of the total environment* [online] 698. Disponível:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134235>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Liu, B., Soundararajan, P., Manivannan, A., 2019. Mechanisms of Silicon-Mediated Amelioration of Salt Stress in Plants. *Plants* [online] 8. Disponível:<https://doi.org/10.3390/plants8090307>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Liu, X., Rahman, T., Song, C., Su, B., Yang, F., Yong, T., Wu, Y., Zhang, C., Yang, W., 2017. Changes in light environment, morphology, growth and yield of soybean in maize-soybean intercropping systems. *Field Crops Research* [online] 200. Disponível:<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.10.003>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Liu, Y., Yan, W., Yang, T., An, Y., Li, X., Gao, H., Peng, Z., Wei, G., Jiao, S., 2023. Grass-legume mixtures maintain forage biomass under microbial diversity loss via gathering *Pseudomonas* in root zone soil. *mSystems* [online] 8. Disponível: <https://doi.org/10.1128/msystems.00755-23>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Lopes, M.N., Cândido, M.J.D., Pompeu, R.C.F.F., Silva, R.G.D., Lopes, J.W.B., Fernandes, F.R. B., Bezerra, F.M.L., 2013. Fluxo de biomassa em capim-massai durante o estabelecimento e rebrotação com e sem adubação nitrogenada. *Revista Ceres* [online] 60. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S0034737X201300030009>. Acesso: 05 jun. 2024.
- López-Álvarez, B., Ramos-Leal, J., Morán-Ramírez, J., Arango-Galván, C., 2021. Edaphological and water quality conditions that limit agricultural development in semi-arid zones of Northeastern Mexico. *Environmental Monitoring and Assessment* [online] 193. Disponível:<https://doi.org/10.1007/s10661-020-08805-1>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Ludkiewickz, M.G., Andreotti, M., Modesto, V. C., Nakao, A.H., Araujo Júnior, O., Pechoto, E. A.P., 2022. Densidade de semeadura de guandu-anão para produção de silagem de milho safrinha consorciado ou não com capim marandu em cerrado de baixa altitude. *Agrarian* [online] 15. Disponível:<https://doi.org/10.30612/agrarian.v15i55.15281>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Ludwiczak, A., Osiak, M., Cárdenas-Pérez, S., Lubińska-Mielińska, S., Piernik, A., 2021. Osmotic Stress or Ionic Composition: Which Affects the Early Growth of Crop Species More? *Agronomy* [online] 11. Disponível: <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY11030435>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Ma, L., Li, Y., Wu, P., Zhao, X., Gao, X., Chen, X., 2020. Recovery growth and water use of intercropped maize following wheat harvest in wheat/maize relay strip intercropping. *Field Crops Research* [online] 256. Disponível:<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107924>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Ma, R., Jiang, C., Shou, N., Gao, W., Yang, X., 2023. An Optimized Nitrogen Application Rate and Basal Topdressing Ratio Improves Yield, Quality, and Water- and N-use Efficiencies for Forage Maize (*Zea mays* L.). *Agronomy* [online]13. Disponível:<https://doi.org/10.3390/agronomy13010181>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Machado, R., & Serralheiro, R. 2017. Soil Salinity: Effect on Vegetable Crop Growth. *Management Practices to Prevent and Mitigate Soil Salinization. Horticulturae*, [online] 3, 30. Disponível:<https://doi.org/10.3390/HORTICULTURAE3020030>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Madembo, C.; Mhlanga, B.; Thierfelder, C. 2020. Productivity or stability? Exploring maize-legume intercropping strategies for smallholder Conservation Agriculture farmers in Zimbabwe. *Agricultural Systems* [online] 185. Disponível:doi: 10.1016/j.agsy.2020.102921. Acesso: 05 jun. 2024.
- Mahmud, K., Makaju, S., Ibrahim, R., & Missaoui, A. 2020. Current Progress in Nitrogen Fixing Plants and Microbiome Research. *Plants* [online] 9. Disponível:<https://doi.org/10.3390/plants9010097>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Maitra, S., Hossain, A., Brestič, M., Skalický, M., Ondrisik, P., Gitari, H., Brahmachari, K., Shankar, T., Bhadra, P., Palai, J., Jena, J., Bhattacharya, U., Duvvada, S., Lalichetti, S., Sairam, M., 2021. Intercropping—A Low Input Agricultural Strategy for Food and Environmental Security. *Agronomy* [online] 2. Disponível: <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY11020343>. Acesso: 10 jun. 2024.

- Marcelino, A.D.A.L., Fernandes, P.D., Ramos, J.P.C., Dutra, W. F., Cavalcanti, J. J. V., Santos, R.C. 2022. Classificação multivariada de cultivares de algodão tolerantes ao estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* [online] 26. Disponível: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n4p266-273>. Acesso: 10 jun. 2024.
- Mariani, L.; Martins, L. P.; Silva, R. L. M.; Dalmolin, V. R. F.; Brandão, A. A. 2018. Produtividade da forrageira panicum maximum cv. mg12 paredão submetido a diferentes níveis de adubação nitrogenada e de diferentes fontes. *Connectoin*, [online]18. Disponível: <https://doi.org/10.18312/connectionline.v0i18.824>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Martínez-Moreno, A., Pérez-Álvarez, E., López-Urrea, R., Intrigliolo, D., González-Centeno, M., Teissèdre, P., Gil-Muñoz, R., 2022. Is deficit irrigation with saline waters a viable alternative for winegrowers in semiarid areas?. *OENO One* [online] 1. Disponível: <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.1.4910>. Acesso: 09 jun. 2024.
- Martins, S.C. dos S.G. 2022. Valor nutritivo do capim-urochloa comparada ao capim-buffel áridus no semiárido norte mineiro. *Revista Multidisciplinar do Vale do Jequitinhonha-ReviVale*, [online] 2. Disponível: <https://doi.org/10.56386/2764-300X202293>. Acesso: 09 jun. 2024.
- Mateus, G.P.; Crusciol, C.A.C.; Pariz, C.M.; Costa, N.R.; Borghi, E.; Costa, C.; Martello, J.M.; Martello, J.M.; Castilhos, A. M.; Franzluebbers, A. J.; Cantarella, H. 2020. Corn intercropped with tropical perennial grasses as affected by sidedress nitrogen application rates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* [online] 116. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s10705-019-10040-1>. Acesso: 10 jun. 2024.
- Meena, M., Yadav, R., Narjary, B., Yadav, G., Jat, H., Sheoran, P., Meena, M., Antil, R., Meena, B., Singh, H., Meena, V., Rai, P., Ghosh, A., Moharana, P., 2019. Municipal solid waste (MSW): Strategies to improve salt affected soil sustainability: A review. *Waste management* [online] 84. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.11.020>. Acesso: 05 jun. 2024.
- MELO, G.L., Petry, M.T., Silva, C.M., Netto, J.F., Martins, J.D., Villa, B., Tonetto, F., Moura, M.B., Mendonça, M.T., Tokura, L.K. 2022. Ocorrências e controle de salinidade no uso de um sistema de irrigação localizada. *Revista de Ciências Ambientais* [online] 16. Disponível: DOI: <https://doi.org/10.18316/rca.v16i2.9033>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Mendoza-Suárez, M., Andersen, S., Poole, P., & Sánchez-Cañizares, C. (2021). Competition, Nodule Occupancy, and Persistence of Inoculant Strains: Key Factors in the Rhizobium-Legume Symbioses. *Frontiers in Plant Science* [online] 12. Disponível: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.690567>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Mengesha, M. (2021). Effect and Roles of Nitrogen Supply on Photosynthesis. *International Journal of Photochemistry and Photobiology* [online] 5. Disponível: <https://doi.org/10.11648/j.ijpp.20210502.12>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Milléo, M. V. R; Cristófoli, I. 2016. Avaliação da eficiência agrônômica da inoculação de *Azospirillum* sp. Na cultura do milho. *Scientia Agraria* 17, 14-23.
- Minhas, P., Bali, A., Bhardwaj, A., Singh, A., & Yadav, R. (2021). Structural stability and hydraulic characteristics of soils irrigated for two decades with waters having residual alkalinity and its neutralization with gypsum and sulfuric acid. *Agricultural Water Management* [online] 244, 106609. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106609>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Minhas, P., Ramos, T., Ben-Gal, A., & Pereira, L. 2020. Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues. *Agricultural Water Management* [online] 227. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105832>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Mohanavelu, A., Naganna, S., Al-Ansari, N. 2021. Irrigation Induced Salinity and Sodidity Hazards on Soil and Groundwater: An Overview of Its Causes, Impacts and Mitigation Strategies. *Agriculture* [online] 11. Disponível: <https://doi.org/10.3390/agriculture11100983>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Morais, R. R., Macêdo, J.P.S., Cavalcante, L.F.; Lobo, J.T., Souto, A.G.L., Mesquita, E.F.; Mesquita, G. L. 2020. Arranjo espacial e poda na produção e qualidade química de maracujá irrigado com água salina. *Irriga* [online] 25. Disponível:

- http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2020v25n3p549-561. Acesso: 05 jun. 2024.
- Mostafa, H., Li, B., Zhu, X., & Song, C. (2021). Nitrogen assimilation under osmotic stress in maize (*Zea mays* L.) seedlings. *Plant Growth Regulation*, [online]. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s10725-021-00698-5>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Mostafa, H., Li, B., Zhu, X., Song, C., 2021. Nitrogen assimilation under osmotic stress in maize (*Zea mays* L.) seedlings. *Plant Growth Regulation* [online] 94. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s10725-021-00698-5>. Acesso: 10 jun. 2024.
- Müller, L. 2020. NIT Proteins Regulate Rice Root Plasticity in Response to Nitrate and Ammonium. *Plant Physiology*, [online] 183. Disponível: <https://doi.org/10.1104/pp.20.00381>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Munns, R., Passioura, J., Colmer, T., Byrt, C., 2020. Osmotic adjustment and energy limitations to plant growth in saline soil. *The New phytologist* [online] 225. Disponível: <https://doi.org/10.1111/nph.15862>. Acesso: 09 jun. 2024.
- Mushtaq, Z., Faizan, S. e Gulzar, B. 2020. Salt stress, its impacts on plants and the strategies plants are employing against it: A review. *Journal of Applied Biology & Biotechnology* [online] 8. Disponível: <https://doi.org/10.7324/jabb.2020.80315>. Acesso: 09 jun. 2024.
- Nasar, J., Khan, W., Khan, M., Gitari, H., Gbolayori, J., Moussa, A., Mandozai, A., Rizwan, N., Anwari, G., & Maroof, S. 2021. Atividades fotossintéticas e eficiência do uso fotossintético do nitrogênio na cultura do milho sob diferentes padrões de plantio e adubação nitrogenada. *Jornal de Ciência do Solo e Nutrição de Plantas* [online] 21. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00520-1>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Neumann, M., Poczynek, M., Leão, G., Figueira, D., Souza, A. 2018. Desempenho de híbridos de milho para silagem cultivados em diferentes locais com três densidades populacionais [online] 17. Disponível: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/RBMS.V17N1P49-62>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Nikolaou, G., Neocleous, D., Christou, A., Polycarpou, P., Kitta, E., & Katsoulas, N. 2021. Energy and Water Related Parameters in Tomato and Cucumber Greenhouse Crops in Semiarid Mediterranean Regions. A Review, Part II: Irrigation and Fertigation. *Horticulturae* [online] 7. Disponível: <https://doi.org/10.3390/horticulturae7120548>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Noori, F., Etesami, H., Zarini, H., Khoshkholgh-Sima, N., Salekdeh, G., & Alishahi, F. 2018. Mineração de nódulos de alfafa (*Medicago sativa* L.) para bactérias não rizóbias tolerantes à salinidade para melhorar o crescimento de alfafa sob estresse salino. *Ecotoxicologia e segurança ambiental* [online] 162. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.06.092>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Nozari, H., Liaghat, A., Azadi, S., 2022. Management of agricultural saline drainage using system dynamics approach. *Water and Environment Journal* [online] 36. Disponível: <https://doi.org/10.1111/wej.12767>. Acesso: 09 jun. 2024.
- Numajiri, Y., Yoshino, K., Teramoto, S., Hayashi, A., Nishijima, R., Tanaka, T., Hayashi, T., Kawakatsu, T., Tanabata, T., & Uga, Y. 2021. iPOTs: Internet of Things-based pot system controlling optional treatment of soil water condition for plant phenotyping under drought stress. *The Plant journal: for cell and molecular biology* [online] 107. Disponível: <https://doi.org/10.1111/tpj.15400>. Acesso: 09 jun. 2024.
- Oliveira, S., Costa, K., Severiano, E., Silva, A., Dias, M., Oliveira, G., Costa, J. 2020. Performance of Grain Sorghum and Forage of the Genus *Brachiaria* in Integrated Agricultural Production Systems. *Agronomy* [online] 10. Disponível: <https://doi.org/10.3390/agronomy10111714>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Oresca, D., Oliveira, A.C., Silva, T.G.F., Pessoa, L.G.M., Sousa, J.C.G., Maciel, L.H. 2021. Desempenho agrônômico do sorgo forrageiro e do milho cultivados sob irrigação com água salina e doses de nitrogênio no semiárido brasileiro. *Investigação, Sociedade e Desenvolvimento* [online]. Disponível: DOI: 10.33448/rsd-v10i10.18976. Acesso: 05 jun. 2024.
- Paciarotti, C., Torregiani, F., 2021. The logistics of the short food supply chain: A literature review.

- Sustainable Production and Consumption [online] 26. Disponível: <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2020.10.002>. Acesso: 10 jun. 2024.
- Pagán, E., Robles, J., Temnani, A., Berrios, P., Botía, P., & Pérez-Pastor, A. (2021). Effects of water deficit and salinity stress on late mandarin trees. The Science of the total environment, [online] 803. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150109>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Pastorelli, G., Serra, V., Vannuccini, C., & Attard, E. (2022). Opuntia spp. as Alternative Fodder for Sustainable Livestock Production. Animals : an Open Access Journal from MDPI, [online] 12. Disponível: <https://doi.org/10.3390/ani12131597>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Pedrotti, A., Chagas, Rm, Ramos, Vc, Prata, Ap Do N., Lucas, Aat, & Santos, Pb Dos. 2015. Causas e consequências do processo de salinização do solo. Revista Eletrônica Em Gestão, Educação E Tecnologia Ambiental, [online] 19. Disponível: <https://doi.org/10.5902/2236117016544>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Pinto, P., Cartoni-Casamitjana, S., Cureton, C., Stevens, A., Stoltenberg, D., Zimbric, J., Picasso, V., 2022. Intercropping legumes and intermediate wheatgrass increases forage yield, nutritive value, and profitability without reducing grain yields. Frontiers in Sustainable Food Systems [online] 6. Disponível: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.977841>. Acesso: 10 jun. 2024.
- Pirasteh-Anosheh, H., Hedayati-Firoozabadi, A. 2022. Sorghum [Sorghum bicolor (L.) Moench.] growth, and soil moisture and salt content as affected by irrigation water salinity. International Journal of Applied and Experimental Biology [online] 1. Disponível: <https://doi.org/10.56612/ijaeb.v1i1.6>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Popova, O., Kulyk, M., 2023. Yield formation and energy potential of Sorghum saccharatum (L.) Moench biomass under the conditions of the central Ukrainian Forest-Steppe. Plant varieties studying and protection [online] 19. Disponível: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.3.2023.287640>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Porto, E. M.V. 2017. Produção de biomassa de três cultivares do gênero Brachiaria spp. submetidos à adubação nitrogenada. Agropecuária Científica no Semiárido [online] 13. Disponível: <https://doi.org/10.30969/acsa.v13i1.729>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Raven, P. H., Evert, R. F., Eichhorn, S. E. 1996. Biologia Vegetal. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, pag. 728.
- Raza, M., Gul, H., Wang, J., Yasin, H., Qin, R., Khalid, M., Naeem, M., feng, I., Iqbal, N., Gitari, H., Ahmad, S., Battaglia, M., Ansar, M., Yang, F., & Yang, W. 2021a. Land productivity and water use efficiency of maize-soybean strip intercropping systems in semi-arid areas: A case study in Punjab Province, Pakistan. Journal of Cleaner Production [online] 308. Disponível: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.127282>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Reis, V., Alves, B., Hartmann, A., James, E., & Zilli, J. 2020. Beneficial microorganisms in agriculture: the future of plant growth-promoting rhizobacteria. Plant and Soil [online] 451. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04482-8>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Ren, F., Yang, G., Li, W., He, X., Gao, Y., Tian, L., Li, F., Wang, Z., & Liu, S. 2021. Yield-compatible salinity level for growing cotton (Gossypium hirsutum L.) under mulched drip irrigation using saline water. Agricultural Water Management, [online] 250. Disponível: <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2021.106859>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Repke, R. A., Cruz, S. J. S., Silva, C. J., Fegueiredo, P. G., Bicudo, S. J. 2013. Eficiência da Azospirillum Brasilense combinada com dose de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. Revista Brasileira de Milho e Sorgo 12, 214-226.
- Rezende, A. V. et al. 2022. Potencial agrônomo e valor nutritivo de forrageiras implantadas na integração com a cultura do milho. Research, Society and Development, [online] 11. Disponível: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27318>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Ribeiro, A.A., Irmão, P.L.S. 2022. A adubação nitrogenada atenua os efeitos da salinidade no milho? uma revisão de literatura. D.Revista Agrária Acadêmica, [online] 5. Disponível: DOI: 10.32406/v5n5/2022/47-61/agrariacad. Acesso: 05 jun. 2024.
- Rondina, A., Sanzovo, A., Guimarães, G., Wendling, J., Nogueira, M., Hungria, M., 2020.

- Changes in root morphological traits in soybean co-inoculated with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense* or treated with *A. brasilense* exudates. *Biology and Fertility of Soils* [online] 56. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s00374-020-01453-0>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Rosales, M., Franco-Navarro, J., Peinado-Torrubia, P., Díaz-Rueda, P., Álvarez, R., & Colmenero-Flores, J. 2020. Chloride Improves Nitrate Utilization and NUE in Plants. *Frontiers in Plant Science* [online] 11. Disponível: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00442>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Rouached, A., Talbi, O., Jdey, A., Cukier, C., Debez, A., Hanana, M., Limami, A., Abdelly, C., & Slama, I. 2022. Nitrogen metabolism plays a major role in the adaptation of the halophytic forage species *Sulla carnosa* to water deficit and upon stress recovery. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology* [online] 156. Disponível: <https://doi.org/10.1080/11263504.2022.2056651>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Salwan, R., Sharma, A., Sharma, V., 2019. Microbes mediated plant stress tolerance in saline agricultural ecosystem. *Plant and Soil* [online] 442. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04202-x>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Santhiravel, S., Bekhit, A., Mendis, E., Jacobs, J., Dunshea, F., Rajapakse, N., Ponnampalam, E., 2022. The Impact of Plant Phytochemicals on the Gut Microbiota of Humans for a Balanced Life. *International Journal of Molecular Sciences* [online] 23. Disponível: <https://doi.org/10.3390/ijms23158124>. Acesso: 10 jun. 2024.
- Santos, D.B., Voltolini, T.V., Azevedo, C.A.V., Nogueira, D.M., Silva, A.S., Medeiros, S.S. 2013 Tolerância do capim marandu a salinidade. *Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior - ABEAS* [online] 28. Disponível: DOI: <http://dx.doi.org/10.12722/0101-756X.v28n01a10>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Santos, M.P., Castro, Y.O., Marques, R.C., Pereira, D.R.M., Godoy, M.M., Reges, N.P.R.. 2016. Importância da calagem, adubações tradicionais e alternativas na produção de plantas forrageiras: Revisão. *PUBVET* [online] 10. Disponível: DOI: 10.22256/pubvet.v10n1.1-12. Acesso: 05 jun. 2024.
- Shabbir, A., Mao, H., Ullah, I., Buttar, N., Ajmal, M., & Solangi, K. 2020. Improving Water Use Efficiency by Optimizing the Root Distribution Patterns under Varying Drip Emitter Density and Drought Stress for Cherry Tomato. *Agronomy* [online] 11. Disponível: <https://doi.org/10.3390/agronomy11010003>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Shahid, S. 2020. A DNA Methylation Reader with an Affinity for Salt Stress [OPEN]. *Plant Cell* [online] 32. Disponível: <https://doi.org/10.1105/tpc.20.00800>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Shao, A., Wang, H., Xu, X., Li, X., Amombo, E., & Fu, J. 2022. Moderately Reducing Nitrogen Application Ameliorates Salt-Induced Growth and Physiological Damage on Forage Bermudagrass. *Frontiers in Plant Science* [online] 13. Disponível: <https://doi.org/10.3389/FPLS.2022.896358>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Sharmin, S., Lipka, U., Polle, A., & Eckert, C. 2021. The influence of transpiration on foliar accumulation of salt and nutrients under salinity in poplar (*Populus × canescens*). *PLoS ONE* [online] 16. Disponível: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253228>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Shaygan, M., & Baumgartl, T. 2022. Reclamation of Salt-Affected Land: A Review. *Soil Systems* [online] 6. Disponível: <https://doi.org/10.3390/soilsystems6030061>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Shide, D., Wan, S., Kang, Y., & Li, X. 2020. Prospects of using drip irrigation for ecological conservation and reclaiming highly saline soils at the edge of Yinchuan Plain. *Agricultural Water Management* [online] 239. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106255>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Shokri-Kuehni, S., Vetter, T., Webb, C., & Shokri, N. 2017. New insights into saline water evaporation from porous media: Complex interaction between evaporation rates, precipitation, and surface temperature. *Geophysical Research Letters* [online] 44. Disponível: <https://doi.org/10.1002/2017GL073337>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Sikder, R., Wang, X., Zhang, H., Gui, H., Dong, Q., Jin, D., & Song, M. 2020. Nitrogen

- Enhances Salt Tolerance by Modulating the Antioxidant Defense System and Osmoregulation Substance Content in *Gossypium hirsutum*. *Plants* [online] 9. Disponível: <https://doi.org/10.3390/plants9040450>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Silva, A.G., Moraes, L.E., Neto, A.H., Texeira, I.R., Simon, G.A. 2014. Consórcio sorgo e braquiária na entrelinha para produção de grãos, forragem e palhada na entressafra. *Revista Ceres* [online] 6. Disponível: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201461050013>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Silva, A., Melo, S., Umbelino, B., Sá, F., Dias, N., & Neto, M. 2021. Cherry tomato production and seed vigor under irrigation with saline effluent from fish farming. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 25, 380-385. Disponível: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/AGRIAMBI.V25N6P380-385>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Silva, J.L., Medeiros, J.F., Alves, S.S.V., Oliveira, F. A., Silva-Junior, M., Nascimento, I. B. 2014. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* [online] 18. Disponível: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18nsuppS66-S72>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Silva, J.R.I., Jardim, A.L. Da R.F., Neto, J.B., Leite, M.L. De M.V., Teixeira, V. I. 2018. Estresse salino como desafio para produção de plantas forrageiras. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia* [online] 11. Disponível: DOI: 10.5935/PAeT.V11.N3.13. Acesso: 05 jun. 2024.
- Silva, J., Santos, J.P.A. S., Salvador, K.R. Da S., Leite, R.M.C., Aviz, R.O. De; Silva, N.S.G. Da; Amaral, E.M., Leite, M.L. De M.V. 2022. A irrigação com água salina pode reduzir o déficit de forragem no semiárido brasileiro? *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento* [online] 11, n. 5, pág. e45611528357. Disponível: DOI: 10.33448/rsd-v11i5.28357. Acesso: 05 jun. 2024.
- Silva, P.; F. J., Rodrigues, M. H. B. S., Lopes, K. P., Silva, J. G. 2020. Influência da salinidade da água de irrigação na qualidade de sementes no semiárido paraibano. *Meio Ambiente* 1, 45-50.
- Singh, A., Chahal, H. 2020a. Management of Abiotic Stress in Forage Crops. *Abiotic Stress in Plants*. Disponível: <https://doi.org/10.5772/intechopen.93852>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Singh, P. K.; Chudasama, H. 2021. Pathways for climate change adaptations in arid and semi-arid regions. *Journal of Cleaner Production* [online] 284. Disponível: doi: 10.1016/j.jclepro.2020.124744. Acesso: 05 jun. 2024.
- Singh, P., Singh, R., Song, Q., Li, H., Yang, L., & Li, Y. 2020b. Methods for Estimation of Nitrogen Components in Plants and Microorganisms. *Methods in molecular biology* [online] 2057. Disponível: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9790-9_10. Acesso: 05 jun. 2024.
- Sinha, E., Michalak, A.M., Balaji, V. 2017. Eutrophication will increase during the 21st century as a result of precipitation changes. *Science* [online] 357. DOI: 10.1126/science.aan2409. Acesso: 05 jun. 2024.
- Song, X., Zhou, G., Ma, B., Wu, W., Ahmad, I., Zhu, G., Yan, W., Jiao, X., 2019. nitrogen application improved photosynthetic productivity, chlorophyll fluorescence, yield and yield components of two oat genotypes under saline conditions. *Agronomy* [online] 9. Disponível: <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY9030115>. Acesso: 09 jun. 2024.
- Soni, P., Basak, N., Rai, A., Sundha, P., Narjary, B., Kumar, P., Yadav, G., Kumar, S., & Yadav, R. (2021). Deficit saline water irrigation under reduced tillage and residue mulch improves soil health in sorghum-wheat cropping system in semi-arid region. *Scientific Reports* [online] 11. Disponível: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80364-4>. Acesso: 09 jun. 2024.
- Sousa, G.G., Sousa, H.C., Santos, M.F., Lessa, C.I.N. 2022a. Água salina e adubação nitrogenada na composição foliar e produtividade do milho. *Revista Caatinga* [online] 35. Disponível: <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n119rc>. Acesso: 09 jun. 2024.
- Sousa, V. F. O., A. S. Santos., W. S. Sales., Silva, A. J., Gomes, F. A. L., Dias, T. J., Gonçalves-Neto, A. C., Faraz A., Santos, J. P. O., Santos, G. L., Cruz, J. M. F. L., Silva, L. D. R., Araújo, J. R. E. S. 2022b. Exogenous application of salicylic acid induces salinity tolerance in eggplant seedlings. *Brazilian Journal of*

- Biology [online] 84. Disponível: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.257739>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Souza, A., Zandonadi, D., Santos, M., Canellas, N., Soares, C., Irineu, L., Rezende, C., Spaccini, R., Piccolo, A., Olivares, F., Canellas, L., 2021. Acclimation with humic acids enhances maize and tomato tolerance to salinity. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* [online] 8. Disponível: <https://doi.org/10.1186/s40538-021-00239-2>. Acesso: 09 jun. 2024.
- Šustr, M., Soukup, A., & Tylová, E. 2019. Potassium in Root Growth and Development. *Plants*, [online] 8. Disponível: <https://doi.org/10.3390/plants8100435>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Taiz, L.; Zeiger, E. 2017. *Fisiologia vegetal*. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 918p.
- Tambara, A. A. C., Sippert, M. R., Jauris, G. C., Flores, J. L. C., Henz, É. L., & Velho, J. P. 2017. Production and chemical composition of grasses and legumes cultivated in pure form, mixed or in consortium. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* [online] 39. Disponível: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i3.34661>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Targino, V., Lopes, A., Sousa, V., Henschel, J., Silva, J., Rodrigues, L., Medeiros, W., Batista, D., & Dias, T. 2023. Crescimento e fisiologia de mudas de mamoeiro 'Sunrise' em resposta à salinidade e ácido húmico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, [online] 27. Disponível: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n5p352-358>. Acesso: 09 jun. 2024.
- Filho, G.S.T., Silva, D.F., Lins, R.C., Araújo, C.A.S., Oliveira, F. F. de, & Matias, S. S. R. 2020. Desenvolvimento de mudas de *Moringa oleífera* (LAM) submetida a diferentes níveis de água salina. *Brazilian Journal of Development* [online] 6. Disponível: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-493>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Tian, T., Wang, J., Wang, H., Cui, J., Shi, X., Song, J., Li, W., Zhong, M., Qiu, Y., Xu, T., 2022. Nitrogen application alleviates salt stress by enhancing osmotic balance, ROS scavenging, and photosynthesis of rapeseed seedlings (*Brassica napus*). *Plant Signaling & Behavior* [online] 17. Disponível: <https://doi.org/10.1080/15592324.2022.2081419>. Acesso: 09 jun. 2024.
- Souza, A., Zandonadi, D., Santos, M., Canellas, N., Soares, C., Irineu, L., Rezende, C., Spaccini, R., Piccolo, A., Olivares, F., & Canellas, L. 2021. Acclimation with humic acids enhances maize and tomato tolerance to salinity. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, [online] 8. Disponível: <https://doi.org/10.1186/s40538-021-00239-2>. Acesso: 13 jun. 2024.
- Tufail, M.S., Krebs, G.L., Ahmand, J., Southwill, A., Piltz, J. W., & Wynn, P. C. 2018. The effect of Rhizobium seed inoculation on yields and quality of forage and seed of berseem clover (*Trifolium Alexandrinum* L.) and its impact on soil fertility and smallholder farmer's income. *Article in The Journal of Animal and Plant Sciences* 25, 1493-1500.
- Tulu, D., Gadissa, S., Hundessa, F., Kebede, E. 2023. Contribution of Climate-Smart Forage and Fodder Production for Sustainable Livestock Production and Environment: Lessons and Challenges from Ethiopia. *Advances in Agriculture*. Disponível: <https://doi.org/10.1155/2023/8067776>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Velicevici, G., Madoșă, E., Oproi, E., Iordănescu, O., & Dragomir, P. 2023. The Effect of Salinity on the Chlorophyll Content of Wheat. *Journal of Central European Green Innovation*. Disponível: <https://doi.org/10.33038/jcegi.4490>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Ventorino, V., Caputo, R., Pascale, S., Fagnano, M., Pepe, O., & Moschetti, G. 2012. Response to salinity stress of *Rhizobium leguminosarum* bv. viciae strains in the presence of different legume host plants. *Annals of Microbiology*, [online] 62. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s13213-011-0322-6>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Viana, P. E. M., Alves, D.D., Vitor, C.M.T., Silva, M.F., Magalhães, C.G., David, A.M.S. S., Gomes, V.M., Brant, C.J.A. 2020. Produção de biomassa de cultivares do capim buffel submetidos à adubação nitrogenada. *Revista Unimontes Científica* 19, 122–129.
- Villegas, D., Velásquez, J., Arango, J., Obregón, K., Rao, I., Rosas, G., & Oberson, A. 2020. Urochloa Grasses Swap Nitrogen Source When Grown in Association with Legumes in Tropical Pastures. *Diversity*. Disponível: <https://doi.org/10.3390/d12110419>. Acesso: 05 jun. 2024.

- Wang, P., Grimm, B. 2021. Connecting Chlorophyll Metabolism with Accumulation of the Photosynthetic Apparatus. Trends in plant Science [online] 5. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2020.12.005>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Wang, X., Müller, C., Elliot, J., Mueller, N., Ciais, P., Jägermeyr, J., Gerber, J., Dumas, P., Wang, C., Yang, H., Li, L., Deryng, D., Folberth, C., Liu, W., Makowski, D., Olin, S., Pugh, T., Reddy, A., Schmid, E., Jeong, S., Wang, X., Müller, C., Elliot, J., Mueller, N., Ciais, P., Jägermeyr, J., Gerber, J., Dumas, P., Wang, C., Yang, H., Li, L., Deryng, D., Folberth, C., Liu, W., Makowski, D., Olin, S., Pugh, T., Reddy, A., Schmid, E., Jeong, S., Zhou, F., Piao, S., 2021. Global irrigation contribution to wheat and maize yield. Nature Communications [online] 12. Disponível: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21498-5>. Acesso: 09 jun. 2024.
- Wang, Y., Gao, M., Chen, H., Fu, X., Wang, L., & Wang, R. 2023. Soil moisture and salinity dynamics of drip irrigation in saline-alkali soil of Yellow River basin [online] 11. Disponível: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1130455>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Wei, Z., Maxwell, T., Robinson, B., Dickinson, N. 2022. Legume nutrition is improved by neighbouring grasses. Plant and Soil, 475, 443 - 455. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05379-4>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Wen, B., Xiao, W., Mu, Q., Li, D., Chen, X., Wu, H., Li, L., & Peng, F. 2020. How does nitrate regulate plant senescence?. Plant physiology and biochemistry: PPB [online] 157. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.08.041>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Wendemeneh, D., Ayana, M., Singh, P., Hailelassie, A. 2020. Effect of on-farm water management practices and irrigation water source on soil quality in Central Ethiopia. African Journal of Agricultural Research, 16, 1481-1495. Disponível: <https://doi.org/10.5897/ajar2020.14707>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Whitewoods, C. 2020. A Nod to Their Ancestors: Mutation of MtN100T1 Highlights Conserved Nodule Development[OPEN]. Plant Cell [online] 32. Disponível: <https://doi.org/10.1105/tpc.20.00290>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Worku, A., Mamo, B., Bekele, T. 2019. Evaluation of some selected forage grasses for their salt tolerance, ameliorative effect and biomass yield under salt affected soil at Southern Afar, Ethiopia. Journal of Soil Science and Environmental Management [online] 10. Disponível: <https://doi.org/10.5897/jssem2018.0754>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Wu, Z., Luo, J., Han, Y., Hua, Y., Guan, C., Zhang, Z., 2019. Low nitrogen enhances nitrogen use efficiency by triggering NO₃- uptake and its long-distance translocation. Journal of agricultural and food chemistry [online] 67. Disponível: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b02491>. Acesso: 09 jun. 2024.
- Xie, Y., Liu, X., Ameer, M., Yu, H., Huang, Y., Li, X., Chen, L., Fu, J., Sun, X., 2021. Evaluation of Salt Tolerance in Italian Ryegrass at Different Developmental Stages. Agronomy [online] 11. Disponível: <https://doi.org/10.3390/agronomy11081487>. Acesso: 10 jun. 2024.
- Xu, F., Liang, Y., Wang, X., Guo, Y., Tang, K., Feng, F., 2023. Synergic mitigation of saline-alkaline stress in wheat plant by silicon and Enterobacter sp. FN0603. Frontiers in Microbiology [online] 13. Disponível: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1100232>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Xu, X., Wang, F., Xing, Y., Liu, J., Lv, M., Meng, H., Du, X., Zhu, Z., Ge, S., Jiang, Y., 2022. Appropriate and Constant Potassium Supply Promotes the Growth of M9T337 Apple Rootstocks by Regulating Endogenous Hormones and Carbon and Nitrogen Metabolism. Frontiers in Plant Science [online] 13. Disponível: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.827478>. Acesso: 09 jun. 2024.
- Xu, Y., Qiu, W., Sun, J., Müller, C., & Lei, B. 2018. Effects of wheat/faba bean intercropping on soil nitrogen transformation processes. Journal of Soils and Sediments [online] 19. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s11368-018-2164-3>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Yang, J., Lan, L., Jin, Y., Yu, N., Wang, D., & Wang, E. 2021. Mechanisms underlying legume-rhizobium symbiosis. Journal of integrative plant biology [online] 64.

- Disponível: <https://doi.org/10.1111/jipb.13207>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Yao, S., Yao, S., Lyu, S., An, Y., Lu, J., Gjermansen, C., Schramm, A., 2018. Microalgae–bacteria symbiosis in microalgal growth and biofuel production: a review. *Journal of Applied Microbiology* [online] 126. Disponível: <https://doi.org/10.1111/jam.14095>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Yin, W., Chai, Q., Zhao, C., Yu, A., Fan, Z., Hu, F., Fan, H., Guo, Y., & Coulter, J. (2020). Water utilization in intercropping: A review. *Agricultural Water Management* [online] 241. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106335>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Yun, J., Wang, C., Zhang, F., Chen, L., Sun, Z., Cai, Y., Luo, Y., Liao, J., Wang, Y., Cha, Y., Zhang, X., Ren, Y., Wu, J., Hasegawa, P., Tian, C., Su, H., Ferguson, B., Gresshoff, P., Hou, W., Han, T., Li, X. 2023. A nitrogen fixing symbiosis-specific pathway required for legume flowering. *Science Advances* [online] 9. Disponível: <https://doi.org/10.1126/sciadv.ade1150>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Zahoor, R., Zhao, W., Abid, M., Dong, H., & Zhou, Z. 2017. Title: Potassium application regulates nitrogen metabolism and osmotic adjustment in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) functional leaf under drought stress. *Journal of plant physiology* [online] 215. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2017.05.001>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Zamani, A., Emam, Y., Pessarakli, M., & Shakeri, E. (2020). Growth and biochemical responses of sorghum genotypes to nitrogen fertilizer under salinity stress conditions. *Journal of Plant Nutrition*, [online] 44. Disponível: <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1845379>. Acesso: 13 jun. 2024.
- Zaveri, E., Lobell, D., 2019. The role of irrigation in changing wheat yields and heat sensitivity in India. *Nature Communications* [online] 10. Disponível: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12183-9>. Acesso: 09 jun. 2024.
- Zeng, H., Yu, L., Liu, P., Wang, Z., Chen, Y., Wang, J., 2021. Nitrogen fertilization has a stronger influence than cropping pattern on AMF community in maize/soybean strip intercropping systems. *Applied Soil Ecology* [online] 167. Disponível: <https://doi.org/10.1016/J.APSOIL.2021.104034>. Acesso: 10 jun. 2024.
- Zhang, H.; Shi, W.; Ali, S.; Chang, S.; Jia, Q.; Hou, F. 2022. Legume/maize intercropping and n application for improved yield, quality, water and n utilization for forage production. *Agronomy* [online] 12. Disponível: doi: 10.3390/agronomy12081777. Acesso: 05 jun. 2024.
- Zhang, R., Mu, Y., Li, X., Li, S., Sang, P., Wang, X., Wu, H., & Xu, N. 2020a. Response of the arbuscular mycorrhizal fungi diversity and community in maize and soybean rhizosphere soil and roots to intercropping systems with different nitrogen application rates. *The Science of the total environment* [online] 740. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139810>. Acesso: 05 jun. 2024.
- Zhang, Y., Li, Y., Sun, J., Huang, G. 2020b. Optimizing water resources allocation and soil salinity control for supporting agricultural and environmental sustainable development in Central Asia. *The Science of the total environment* [online] 704. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135281>. Acesso: 05 jun. 2024.