

MANEJO DO SOLO, ADUBAÇÃO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS FORRAGEIRAS

Edna Maria Bonfim-Silva



Uniedusul

EDNA MARIA BONFIM-SILVA

(Editora)

**MANEJO DO SOLO, ADUBAÇÃO
E NUTRIÇÃO DE PLANTAS FORRAGEIRAS**



Uniedusul

Maringá – Paraná

2024

2024 Uniedusul Editora

Copyright dos Autores

Editor Chefe: Profº Me. Welington Junior Jorge
Diagramação e Edição de Arte: André Oliveira Vaz
Revisão: Os autores

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

M274 Manejo do solo, adubação e nutrição de plantas forrageiras [livro eletrônico] / Organizadora Edna Maria Bonfim-Silva. – Maringá, PR: Uniedusul, 2024.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5418-059-7

1. Agronomia. 2. Solo – Manejo. I. Bonfim-Silva, Edna Maria.
CDD 630

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

Permitido fazer download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.
www.uniedusul.com.br

doi: 10.51324/54180597

PREFÁCIO

Os filhos dos outros...

O Ensino de Pós-Graduação *stricto sensu* possibilita a continuidade de formação de pessoas e a entrega de profissionais de excelência à sociedade, com senso crítico e transformadores capazes de modificar a realidade social, econômica e ambiental...

Os estudos transformam os indivíduos e ampliam o alcance daqueles capazes de modificar outras realidades por meio da partilha de conhecimento...

O primeiro e principal papel da Universidade pública é formar e integrar um corpo discente que seja reconhecido pela sua excelência em todas as áreas do conhecimento...

As disciplinas cursadas pelos discentes da pós-graduação *stricto sensu* são responsáveis pela transmissão e trocas de conhecimentos das áreas básicas e profissionais específicas...

Nós, como professores, passamos significativamente mais tempo interagindo com os estudantes no ambiente universitário (ministrando disciplinas e orientando) do que muitas vezes com nossas próprias famílias ou casa...

Essa dedicação à Universidade e “**aos filhos dos outros**” reforça que enquanto educadores, um de nossos compromissos é desempenhar hora o papel de modelos, hora orienta(dores), aconselha(dores). De dores mesmo!!!

O compromisso e a responsabilidade de transmitir conhecimento para esses estudantes, de maneira semelhante ao que almejamos para nossos próprios filhos, potencializa que para além de recursos humanos precisamos olhar caso a caso, tal qual faz um cientista...

O desejo de transferir para esses filhos acadêmicos, “os filhos dos outros” passa a ser similar ao que desejamos aos nossos próprios filhos... E é nesse contexto que dedico esta obra aos meus discentes, “os filhos dos outros”.

Edna Maria Bonfim-Silva
29/02/2024

APRESENTAÇÃO

As espécies forrageiras representam as plantas de interesse econômico mais cultivadas no mundo. Entretanto, a baixa fertilidade e manejo inadequado do solo, constitui um dos principais fatores limitantes da produção. A produtividade pode ser comprometida pela inadequação ou pelo excesso de práticas às quais o solo é submetido, desde a sua preparação até a colheita da cultura estabelecida.

Tradicionalmente o manejo da adubação de plantas forrageiras é feita com o intuito de intensificar a produção animal, recuperar áreas de pastagens em degradação e reduzir a sazonalidade de produção. No entanto, estratégias de manejo com as adubações minerais e métodos alternativos de manejo de aproveitamento de resíduos agroindustriais, aumento da flexibilidade de manejo e a preservação de recursos naturais estão ganhando enfoque sobre a produção de plantas forrageiras.

O aproveitamento de resíduos agroindustriais como fertilizantes constitui uma estratégia na adubação de plantas forrageiras. Resíduos como a cinza de biomassa, proporciona grandes impactos ambientais quando descartado inadequadamente. Contudo, seu uso racional é considerado benéfico ao sistema de produção, com grande potencial de alternativa para corretivo de acidez do solo, fertilizante, além de melhorar as características químicas, físicas e biológicas do solo.

Nesse contexto, essa obra foi elaborada juntamente com os discentes da disciplina “Manejo do Solo e Nutrição Mineral de Plantas Forrageiras” visando entregar um material didático e prático sobre uma revisão do manejo de adubação e nutrição de plantas forrageiras, bem como sobre o uso de resíduos como fontes alternativas de corretivo e fertilizante no manejo sustentável de plantas forrageiras.

A presente obra é composta por sete capítulos: I – Adubação de pastagens consorciadas e destinadas a fenação e ensilagem; II – Integração Lavoura-Pecuária-Floresta; III – Pastagens degradadas e em degradação: métodos de recuperação e renovação do pasto; IV – Adubação e nutrição de Palma Forrageira; V – Fogo nas pastagens: impactos, fertilidade do solo e qualidade nutricional da pastagem; VI – Resíduos sólidos e líquidos na adubação e nutrição de plantas forrageiras e pastagens; VII - Cinza de biomassa como corretivo, fertilizante e condicionador do solo no cultivo de plantas forrageiras.

Boa leitura.

Edna Maria Bonfim-Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	7
ADUBAÇÃO DE PASTAGENS CONSORCIADAS E DESTINADAS A FENAÇÃO E ENSILAGEM	
Emerson Silva Miranda	
Milla Lopes	
Yasmim Vilas Boas	
Luana Glaup Araújo Dourado	
Luana Aparecida Menegaz Meneghetti	
Edna Maria Bonfim-Silva	
doi: 10.51324/54180597.1	
CAPÍTULO 2	16
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA	
Altair Marques Pereira Filho	
Paulo Otávio Aldaves dos Santos Guedes	
Luana Glaup Araújo Dourado	
Luana Aparecida Menegaz Meneghetti	
Edna Maria Bonfim-Silva	
doi: 10.51324/54180597.2	
CAPÍTULO 3	33
PASTAGENS DEGRADADAS E EM DEGRADAÇÃO: MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO E RENOVAÇÃO DO PASTO	
Tallys Henrique Bonfim-Silva	
Joyce da Costa Cruz	
Priscila Pinto Moreira	
Nathalia Chagas de Brito Gomes	
Luana Glaup Araújo Dourado	
Luana Aparecida Menegaz Meneghetti	
Edna Maria Bonfim-Silva	
doi: 10.51324/54180597.3	
CAPÍTULO 4	48
ADUBAÇÃO E NUTRIÇÃO DE PALMA FORRAGEIRA	
Caroline França Covatti	
Jarliane Nascimento Sousa	
Juliana Maria Silva de Souza	
Luana Glaup Araújo Dourado	
Luana Aparecida Menegaz Meneghetti	
Edna Maria Bonfim-Silva	
doi: 10.51324/54180597.4	
CAPÍTULO 5	76
FOGO NAS PASTAGENS: IMPACTOS, FERTILIDADE DO SOLO E QUALIDADE NUTRICIONAL DA PASTAGEM	
Alan Ricardo Valdanha De Souza	
Natalia do Val Tavares	
Yasmim Beltrão Dib	
Jhenyfer Renata Diniz Souza	
Luana Glaup Araújo Dourado	
Luana Aparecida Menegaz Meneghetti	
Edna Maria Bonfim-Silva	
doi: 10.51324/54180597.5	

CAPÍTULO 6	92
RESÍDUOS SÓLIDOS E LÍQUIDOS NA ADUBAÇÃO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS FORRAGEIRAS E PASTAGENS	
Jholian Maicon Ribeiro Santos	
Mayco Mascarello Richardi	
Wagner Arruda De Jesus	
Luana Glaup Araujo Dourado	
Luana Aparecida Menegaz Meneghetti	
Edna Maria Bonfim-Silva	
doi: 10.51324/54180597.6	
CAPÍTULO 7	108
CINZA DE BIOMASSA COMO CORRETIVO, FERTILIZANTE E CONDICIONADOR DO SOLO NO CULTIVO DE PLANTAS FORRAGEIRAS	
Edna Maria Bonfim-Silva	
Luana Aparecida Menegaz Meneghetti	
Tonny José Araújo da Silva	
doi: 10.51324/54180597.7	
OS AUTORES.....	119

ADUBAÇÃO DE PASTAGENS CONSORCIADAS E DESTINADAS A FENAÇÃO E ENSILAGEM

EMERSON SILVA MIRANDA

MILLA LOPES

YASMIM VILAS BOAS

LUANA GLAUP ARAÚJO DOURADO

**LUANA APARECIDA MENEGAZ
MENEGHETTI**

EDNA MARIA BONFIM-SILVA

RESUMO: A produção de forragem desuniforme ao longo do ano, juntamente com algum grau de degradação, reflete na baixa taxa de lotação, ficando aquém do potencial da produção pecuária. Assim, tem-se que utilizar o manejo de pastagens e técnicas de conservação de forragem para contornar a baixa disponibilidade de forragem em períodos críticos. Objetivou-se com este capítulo descrever sobre adubação de pastagens consorciadas destinadas a técnicas de conservação de ensilagem e fenação. Os sistemas integrados de lavoura e pecuária permitem que haja consórcio de gramíneas e milho, podendo ser realizado o corte para a silagem, e posterior pastejo com animais na área. O consórcio de milho e gramíneas tem a produção de matéria seca dependente da dose de adubação nitrogenada. O uso de leguminosas consorciadas com forrageiras é uma alternativa para substituir parcialmente a adubação nitrogenada nos sistemas.

Palavras-chave: Gramíneas; Matéria seca; Sazonalidade; Leguminosas.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o agronegócio tem apresentado grande participação no Produto Interno Bruto (PIB), no ano de 2022 contribuiu com cerca de 24,8% (CEPEA, 2023). A pecuária tem destaque no país, em 2021, bateu recorde histórico de 224,6 milhões de cabeças de gado (IBGE, 2023).

A produção de ruminantes, no país, tem como principal aporte alimentar as forragens, devido à grande extensão territorial, aproximadamente 159 milhões de hectares (IBGE, 2017) e as condições edafoclimáticas favoráveis para a produção de forrageiras (COSTA et al., 2005). Encontram-se em maior parte na dieta dos animais, pois são mais baratas, têm elevada produção e são mais fáceis de cultivar (SCAGLIA et al., 2013).

No cenário atual, a degradação das pastagens é o principal elemento que pode afetar a sustentabilidade da produção animal a pasto (MACEDO et al., 2013). Segundo Dias-Filho (2011), cerca de 50 a 70% das pastagens estão em algum grau de degradação, e uma das principais causas dessa degradação são as práticas inadequadas no manejo de pastagens.

Pastagens degradadas resultam em diminuição na produção de massa seca, acarretando na incapacidade de manter os níveis de produção e qualidade exigida pelos animais dentro de uma mesma área.

Aliado a isso, a produção de forragens nos trópicos está sujeita às variações de produção e qualidade. O Brasil Central apresenta estações bem definidas de águas, secas e transições, cujo reflete na disponibilidade e qualidade nutricional das forrageiras.

A produção de forragem desuniforme ao longo do ano, juntamente com algum grau de degradação, reflete na baixa taxa de lotação média, no Brasil, com cerca de 1 unidade animal por hectare, ficando aquém do potencial da produção pecuária. Assim, realiza-se o manejo, adubação e consorciação de pastagens, aliados a técnicas que possibilitem contornar a baixa disponibilidade de forragem em períodos críticos, como ensilagem e fenação.

A adubação de pastagens é uma técnica utilizada com o objetivo de aumentar a produção animal à pasto, podendo diminuir o efeito da produção sazonal de forragens e recuperar áreas de pastagens degradadas (SANTOS et al., 2016). Visando aumentar a produção de matéria seca por unidade de área e diminuir o custo com adubações nitrogenadas, os produtores têm utilizado o consórcio das gramíneas com leguminosas. As leguminosas são capazes de realizar a fixação do N_2 atmosférico para um composto assimilável pelas plantas através da simbiose com o gênero *Rhizobium* (PAULINO & PAULINO, 2003).

Os cultivos consorciados são aqueles com duas ou mais espécies vegetais cultivadas, ao mesmo tempo, em uma mesma área. As forrageiras tropicais podem ser consorciadas com o milho para obtenção de silagem, e posterior ao corte para silagem, à medida que o capim atinge a altura de entrada, os animais iniciam o ciclo de pastejo. Assim, aumentando a produção de matéria seca por unidade de área, otimizando tempo de plantio e deixando cobertura sobre o solo a fim de evitar erosão.

Por conseguinte, objetivou-se por meio deste capítulo fazer uma revisão sobre adubação de pastagens consorciadas destinadas a técnicas de conservação de ensilagem e fenação.

2 ADUBAÇÃO DE PASTAGENS CONSORCIADAS DESTINADAS À SILAGEM

Devido a produção sazonal das forragens tropicais, em períodos críticos do ano, com a diminuição da produção e qualidade das gramíneas, se faz necessário a utilização de suplementação volumosa para atender à exigência dos animais.

Como alternativa, a silagem é uma ótima opção adotada pelos produtores para atender a fonte volumosa na alimentação desses animais, em especial os bovinos, isso confere ao produtor a possibilidade de fornecer alimento de qualidade e em quantidades necessárias para manter o rebanho e a produção durante os períodos prolongados de escassez (CRUZ & PEREIRA FILHO, 2001).

A ensilagem é uma técnica de preservação das características bromatológicas das forragens por um período maior, visa suprir as necessidades nutricionais dos animais. Para escolher a forrageira adequada, deve-se ater a alguns requisitos como a baixa capacidade tampão, ter o teor de matéria seca entre 28-35% e um alto teor de açúcares solúveis

(MATTER, 2020). Assim, resultando em uma silagem de boa qualidade e evitando perdas de nutrientes.

Existem diversas cultivares forrageiras que podem ser utilizadas para a produção de silagem, sendo mais comum, o milho, devido sua composição bromatológica, preenchendo os requisitos para confecção de uma boa silagem como: teor de MS entre 30 % a 35 %, e no mínimo de 3 % de carboidratos solúveis na matéria original, baixo poder tampão e por proporcionar uma boa fermentação anaeróbica (DEMINICIS et al., 2009).

Uma alternativa para utilizar-se na pecuária brasileira é o sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), que permite uma relação de cooperação dentro da escala produtiva a fim de garantir tanto a recuperação quanto a manutenção da capacidade produtiva do solo, além do aproveitamento dos raios solares que tendem a trazer resultados benéficos na produtividade e na economia (SCHNEIDER, 2008). Desta forma, é possível conciliar a produção de milho forrageiro para silagem e a produção de pasto para a alimentação de bovinos dentro do sistema de ILP. Aproveitando os efeitos sinérgicos residuais da adubação para o plantio do milho.

Dentre as vantagens da utilização de plantas leguminosas na ILP, podemos citar a fixação biológica que trará ao sistema uma melhora no valor nutricional tanto das pastagens quanto do milho, por exemplo, devido aos resíduos obtidos na sucessão das culturas. Uma das importâncias do milho se dá pela sua elevada capacidade de utilização deste nitrogênio residual, ou de esterco animal, visto que é uma cultura que necessita altamente da adubação com nitrogênio, o que pode diminuir a lixiviação deste nitrogênio residual proveniente das leguminosas (SCHNEIDER, 2008).

As leguminosas forrageiras, capazes de fixar o N_2 do ar atmosférico, noduladas por bactérias do gênero *Rhizobium*, representam a principal contribuição desse tipo de consórcio com gramíneas. Não obstante a fixação de N_2 efetuada por bactérias com as raízes das gramíneas, constitui também importante fonte de nitrogênio, especialmente em pastos de gramíneas puras (PAULINO & PAULINO, 2003).

O nitrogênio é o nutriente que mais contribui para o aumento da produtividade das pastagens, principalmente quando não há restrição dos demais nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas (SILVA et al., 2015), por isso vê-se a necessidade de garantir uma adequada adubação para tal.

Deste modo, acredita-se que a adoção do sistema integrado de produção de forrageiras tropicais pode apresentar vantagens à pecuária, com a otimização do uso da terra, redução do custo de produção, aumento da oferta de silagens em quantidade e qualidade.

Tsumanuma (2004), observando as interações e interferências de diferentes espécies de *Brachiarias* no desempenho da cultura do milho, pode concluir que a presença das *Brachiarias*, indiferentemente a época de semeadura, não afetou o desenvolvimento nem a produtividade do milho, garantindo a viabilidade técnica de sistemas consorciados de produção.

Segundo Arf et al. (2018), avaliando o consórcio entre milho e leguminosas (*Crotalaria Spectabilis*, guandu e feijão de porco) e ou gramíneas (*Brachiaria ruziziensis*), com adubação mineral de base de 250 kg ha⁻¹ do formulado N-P-K na proporção de 08-28-16, relataram que

o consórcio promoveu o aumento na produção de matéria seca ao comparar com a produção de milho solteiro. Não havendo diferença na produção de matéria seca das plantas de milho quando consorciadas ou não.

Kichel et al. (2018) realizaram um estudo para avaliar o desempenho de cultivares tropicais de *Brachiaria* cv. Piatã, Xaraés e Marandu, *Panicum maximum* cv. Mombaça e *Brachiaria ruziziensis* cv. Kennedy em sistema monocultivo e consorciadas com o milho. Para a adubação de plantio, foram utilizados 350 kg ha⁻¹ do formulado N-P-K na proporção de 08-20-20.

Os resultados mostraram que as pastagens tropicais em sistema de monocultivo apresentaram maior produção de matéria seca quando comparadas ao consórcio com o milho. Além disso, foi observado que a cultivar que sofreu menos com o consórcio foi o capim Mombaça, quando comparado com os cultivares de *Brachiaria brizantha*. Esses resultados sugerem que a escolha da cultivar pode ser uma estratégia importante para aumentar a produtividade em sistemas de cultivos consorciados com o milho e pastagens tropicais. Podendo ser capaz de ter uma produção e qualidade boa para o período de outono-inverno.

No estudo realizado por Ponte Filho et al. (2023), avaliaram o consórcio do milho com as gramíneas *Megathyrsus maximus* cv. Massai e *Cenchrus ciliaris* cv. Buffel Aridus, no semiárido com 45 kg ha⁻¹ de N e 36 kg ha⁻¹ de K₂O, foi constatado que a produção de biomassa total foi superior no consórcio do milho com a cultivar Massai em comparação com o cultivo do milho com a cultivar Buffel. A produção de biomassa total foi de 11,4 t.ha⁻¹ e 8,1 t.ha⁻¹, respectivamente.

O estudo também mostrou que a cultivar Massai contribuiu com 65% da biomassa total produzida no consórcio, enquanto a cultivar Buffel contribuiu com apenas 25%. Portanto, a maior produção de biomassa total no consórcio de milho com a cultivar Massai pode ser explicada pela sua maior produtividade e contribuição significativa para a produção total de biomassa.

Sapucay et al. (2020) realizaram um estudo para avaliar o efeito de doses nitrogenadas, na forma de nitrato de amônio, sobre o milho consorciado com gramíneas e leguminosas *Urochloa Ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis*, respectivamente, durante dois anos consecutivos (2018 e 2019). Para isso, foram utilizados 310 kg ha⁻¹ do formulado N-P-K na proporção de 20-08-16 e 420 kg ha⁻¹ do formulado na proporção de 20-08-20 para adubação de base nos anos de 2018 e 2019, respectivamente.

Os resultados mostraram que as doses de nitrogênio, quando aplicadas em cobertura, podem alterar o desempenho do milho cultivado na segunda safra, e que essa alteração pode variar quando o milho é plantado solteiro ou consorciado com gramíneas e leguminosas. Foi observado que a ausência de adubação nitrogenada ou com a adubação de 60 kg ha⁻¹ no consórcio da cultivar *Ruziziensis* com o milho diminuiu o desempenho produtivo do milho. Além disso, a adubação acima de 120 kg ha⁻¹ de N reduziu a competição da cultivar *Ruziziensis*, tornando a produção semelhante ao monocultivo.

Por fim, foi constatado que a consorciação da *Crotalaria* com o milho não altera a produção de matéria seca do milho. Esses resultados podem ser úteis para orientar a

escolha da melhor estratégia de manejo para o cultivo consorciado do milho com gramíneas e leguminosas.

3 ADUBAÇÃO DE PASTAGENS CONSORCIADAS DESTINADAS À FENAÇÃO

A bovinocultura de corte e leite ocupa um espaço relevante na economia brasileira, e a pastagem é a principal fonte alimentar desses animais, por ser a fonte de menor custo e de maior praticidade (CORREA & SANTOS, 2003).

Porém sabe-se que existe uma sazonalidade e que na época de estiagem as pastagens decaem em qualidade nutricional e de forma quantitativa também e que dessa forma há a importância de se confeccionar feno de qualidade no verão (REIS et al., 2001).

O feno, por definição é a forragem conservada através da sua desidratação, reduzindo-se o seu teor de umidade para 10% a 15%, de forma rápida para obtermos um material final com bom valor nutritivo e baixo nível de perdas, sendo o objetivo principal manter as características principais da forrageira. Uma das principais vantagens é que o feno não se deteriora no fornecimento, pois é um produto estável em contato com o oxigênio (estabilidade aeróbia), o que não ocorre com a silagem (EVANGELISTA & LIMA, 2013)

Dentre as forrageiras utilizadas para a produção de feno, os cultivares e híbridos do gênero *Cynodon* têm se destacado, pelo fato de terem uma boa produtividade e um elevado valor nutritivo. Capins do gênero *Brachiaria* e *Panicum* também são utilizados na produção de feno, apesar de menor escala. Este fato ocorre devido a algumas limitações como a espessura do colmo, quanto mais espesso, maior o tempo de desidratação, o que pode comprometer a qualidade do feno e o valor nutricional que deixa a desejar em algumas espécies de *Brachiaria*. Algumas leguminosas também são amplamente utilizadas como alfafa, ervilha e ervilhaca (NERES & AMES, 2015).

Alguns fatores interferem na qualidade do feno produzido, dentre eles estão os relacionados às plantas, havendo uma grande variação no valor nutritivo, sendo ela ligada a genética e interações com ambiente e manejo.

Normalmente leguminosas apresentam um valor nutritivo melhor que as gramíneas, para se comparar ambas devem ser colhidas no estágio de desenvolvimento adequado.

Leguminosas tendem a apresentar maiores teores de proteína bruta, e menor valor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), como foi encontrado por MOREIRA et al. (2001) comprovando a melhor qualidade da leguminosas quando comparada às gramíneas.

Além disso, outro fator de grande interferência na qualidade do feno é a adubação, a remoção de nutrientes nos campos de produção de feno é intensa, pois toda a forragem é colhida.

CORRÊA et al. (2007) avaliaram a aplicação de nitrogênio nas doses de 0, 25, 50, 100 e 200 kg por hectare/corte em capim Coast-cross, e observaram um aumento na produção de matéria seca e teores de proteína, além disso houve redução nos teores de FDN.

Logo, a adubação nitrogenada aumenta o acúmulo de forragem e a concentração de proteína, porém isso incrementa em custos podendo até limitar seu uso (SOLLENBERGER, 2008).

As leguminosas têm a capacidade de fixar o nitrogênio por meio de simbiose, assim se torna uma alternativa para reduzir ou até mesmo suprir a adubação nitrogenada quando em consórcio com gramíneas, visto que há uma transferência desse nitrogênio fixado por meio da reciclagem de material biológico morto que cai da vegetação e se acumula sobre o solo (MONTEIRO et al., 2002).

Olivo et al. (2019) avaliaram consórcio de Tifton 85 e amendoim forrageiro, sendo aplicados durante o período de avaliação 60 kg de P_2O_5 ha⁻¹ ano⁻¹ e 60 kg de K_2O de acordo com a análise de solo, e concluíram que os melhores resultados foram o consórcio (Tifton 85 + amendoim forrageiro) com adubação nitrogenada de 100 de N kg ha⁻¹ ano⁻¹ e o tratamento somente com Tifton 85 adubado com 200 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, demonstrando uma economia de 100 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ quando há o plantio em consórcio.

Resultados semelhantes foram encontrados por Anjos et al. (2016) e Aguirre et al. (2014) onde avaliaram capim Bermuda, cv. Coastcross adubado com 100 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ + ervilhaca comum, capim Bermuda, cv. Coastcross + 100 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ + trevo vesiculoso e capim Bermuda, cv. Coastcross + 200 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹. De acordo com os resultados encontrados em ambos os trabalhos concluíram que o consórcio constituído por Coastcross + ervilhaca, adubado com 100 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ e a pastagem de Coastcross adubada com 200 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ proporcionaram maior produtividade e melhor distribuição da forragem ao longo das estações.

Barbero et al. (2009) avaliaram consórcio de Coastcross com amendoim forrageiro das seguintes formas: Coastcross + amendoim forrageiro + 200 kg ha⁻¹ de N; Coastcross + amendoim forrageiro + 100 kg ha⁻¹ de N; Coastcross + 200 kg ha⁻¹ de N e Coastcross + amendoim forrageiro. Observaram que em plantas em consórcio o uso de adubação nitrogenada aumenta as produções de massa de forragem total.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de consórcios com gramíneas e milho pode aumentar a produção de matéria seca, e a produtividade é dependente da dose de N. O consórcio de gramíneas com leguminosas pode trazer benefícios ao sistema, podendo reduzir a adubação nitrogenada.

Estudos são necessários para compreender até que ponto a inclusão de leguminosas em pastagens tropicais pode substituir a adubação nitrogenada.

REFERÊNCIAS

- AGUIRRE, P. F.; OLIVO, C. J.; SIMONETTI, G. D.; NUNES, J. S.; SILVA, J. O.; SANTOS, M. S.; CORREA, M. R.; BRATZ, V. F.; ANJOS, A. N. A. Produtividade de pastagens de Coastcross-1 em consórcio com diferentes leguminosas de ciclo hibernal. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 44, n. 12, p. 2265–2272, 2014.
- ANJOS, A. N. A.; OLIVO, C. J.; SAUTER, C. P.; SILVA, A. R.; SANTOS, F. T.; SEIBT, D. C. Forage yield in pastures with bermuda grass mixed with different legumes. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, PR, v. 38, n. 3, p. 261– 266, 2016.
- ARF, O.; MEIRELLES, F. C.; PORTUGAL, J. R.; BUZETTI, S.; AS, M. E.; RODRIGUES, R. A. F. Benefícios do milho consorciado com gramínea e leguminosas e seus efeitos na produtividade em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, MG, v.17, n.3, p.431-444, 2018.
- BARBERO, L. M.; CECATO, U.; LUGÃO, S. M. B.; GOMES, J. A. N.; LIMÃO, V. A.; BASSO, K. C. Produção de forragem e componentes morfológicos em pastagem de coastcross consorciada com amendoim forrageiro. **Revista Brasileira De Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 5, p. 788–795, 2009.
- CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB do Agronegócio Brasileiro**. Piracicaba, SP, 2023. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 25 maio 2023.
- CORRÊA, L. A.; CANTARELLA, H.; PRIMAVESI, A. C., PRIMAVESI, O.; FREITAS, A. R.; SILVA, A. G. Efeito de fontes e doses de nitrogênio na produção e qualidade da forragem de capim-coastcross. **Revista Brasileira De Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 4, p. 763–772, 2007.
- CORREA, L. A.; SANTOS, P. M. **Manejo de utilização de plantas forrageiras dos gêneros Panicum, Brachiaria e Cynodon**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2003. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/45666/1/PROCIDoc34LAR.20>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- COSTA, K. A. P.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I. P.; CUSTODIO, D. P.; SILVA, D. C. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da Brachiaria brizantha cv. Marandu. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, GO, v. 6, n. 3, p. 187-193, 2005.
- CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. **Cultivares de milho para silagem**. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.; FERREIRA, J.J. Produção e utilização de silagem, de milho e sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001, p. 11- 37.
- DEMINICIS, B. B.; VIEIRA, H. D.; JARDIM, J. G.; ARAÚJO, S. A. D. C.; NETO, A. C.; OLIVEIRA, V. C.; LIMA, E. D. S. Silagem de milho- Características agrônômicas e considerações. **REDVET - Revista electrónica de Veterinária**, Espanha, v. 10, n. 2, p. 1-6, 2009.
- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. rev., atual. e ampl. Belém, PA, 2011.
- EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A. **Produção de feno**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.34, n.277, p.43-52, 2013. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultad. Acesso em: 02 jun. 2023.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário 2017: Resultados Definitivos. IBGE: Rio de Janeiro, Brasil, 2017. Disponível em: . Acesso em: 25 maio 2023.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PPM - Pesquisa da Pecuária Nacional**. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?edicao=34981&t=destaques>. Acesso em: 25 maio 2023.

KICHEL, A. N.; SOUZA, L. C. F.; ALMEIDA, R. G.; COSTA, J. A. A. **Produtividade e valor nutritivo de gramíneas tropicais em monocultivo e em consórcio com milho na segunda safra**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, PR, v. 39, n. 6, p. 2517-2530, 2018. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/27435/24572>. Acesso em: 15 de junho de 2023.

MACEDO, M. C. N.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G.; ARAUJO, A. R. **Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação**. In: ENCONTRO DE ADUBAÇÃO DE PASTAGENS DA SCOT CONSULTORIA - TEC - FÉRTIL, 1., 2013, Ribeirão Preto, SP. Anais... Bebedouro: Scot Consultoria, 2013. p. 158-181. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/976514>. Acesso em: 27 maio 2023.

MATTER, E. **Grãos destilados de milho como aditivo na ensilagem do capim-elefante**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal, Nutrição e Produção Animal) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2020. Disponível em: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/vi>. Acesso em: 10 jun. 2023.

MONTEIRO, H. C. F.; CANTARUTTI, R. B.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; REGAZZI, A. J.; FONSECA, D. M. Dinâmica de decomposição e mineralização de nitrogênio em função da qualidade de resíduos de gramíneas e leguminosas forrageiras. **Revista Brasileira De Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 1092–1102, 2002.

MOREIRA, A. L., PEREIRA, O. G., GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S. C.; CAMPOS, J. M. S.; SOUSA, V. D.; ZERVOUDAKIS, J. T. Produção de leite, consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes, pH e concentração de amônia ruminal em vacas lactantes recebendo rações contendo silagem de milho e feno de alfafa e de capim coast-cross. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 1089-1098, 2001.

NERES, M. A.; AMES, J. P. Novos aspectos relacionados à produção de feno no Brasil. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 1, p. 10- 17, 2015.

OLIVO, C. J.; QUATRIN, M. P.; SAUTER, C. P.; SILVA, A. R.; SAUTHIER, J. C.; SAUTER, M. P. Productivity and crude protein concentration of Tifton 85 pasture-based mixed with pinto peanut. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, 43:e025518, 2019.

PAULINO, V. T.; PAULINO, T. S. Avanços no manejo de pastagens consorciadas. **Revista Científica Eletrônica De Agronomia**, Garça, SP, ano II, ed. 3, p. 1-27, 2003.

PONTE FILHO, F. A. M.; GUEDES, F. L.; POMPEU, R. C. F. F.; SAGRILO, E.; ANDRADE, H. A. F.; COSTA, C. P. M.; SOUZA, H. A. Productivity and nutrient export in a maize and forage grasses intercropping under semiarid conditions. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, BH, v. 24, p. 20220029, 2023.

REIS, R.A.; MOREIRA, A.L.; PEDREIRA, M.S. **Técnicas para produção e conservação de fenos de forrageiras de alta qualidade**. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. Anais... Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. p.1-19. Disponível em: <http://www.nupel.uem.br/feno.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2023.

SANTOS, M. P.; GODOY, M. M.; CASTRO, Y. O. Importância da calagem, adubações tradicionais e alternativas na produção de plantas forrageiras: Revisão. **PubVet**, Londrina, PR, v. 10, n. 1, p. 1-12, 2016.

SAPUCAY, M. J. L. C.; COELHO, A. E.; BRATTI, F.; LOCATELLI, J. L.; SANGOI, L.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; ZUCARELI, C. Nitrogen rates on the agronomic performance of second-crop corn single and intercropped with ruzigrass or showy rattlebox. **Pesquisa agropecuária tropical**, Goiânia, GO, v. 50, p. e65525, 2020.

SCAGLIA, G.; WILLIAMS, C.C.; DOLEJSIOVA, A. H. Effects of time of supplementation on cattle grazing annual ryegrass. III. Dry matter intake and digesta kinetics. **The Professional Animal Scientist**, v. 29, n. 2, p. 157-162, 2013.

SCHNEIDER, T. R. **Rendimento de milho para silagem cultivado em sucessão à pastagem consorciada de inverno no sistema integração lavoura-pecuária**. Dissertação (mestrado em agronomia, concentração de produção vegetal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/91632/258708.pdf?sequence>. Acesso em: 05 jun. 2023.

SILVA, P. T. D.; SILVA, F. B.; MORAIS, C. R.; SOUZA, F. A. Avaliação do teor de proteína bruta de pastagem consorciada submetida a diferentes fontes de adubação nitrogenada. **Revista Gestão Tecnologia e Ciências**, Monte Carmelo, v.4, n.8, p.41-51, 2015.

SOLLENBERGER, L. E. Sustainable production systems for Cynodon species in the subtropics and tropics. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 1, p. 85-100, 2008.

TSUMANUMA, G. M. Desempenho do milho consorciado com diferentes espécies de braquiárias. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-26042005-155246/publico/guy.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2023

INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

ALTAIR MARQUES PEREIRA FILHO

**PAULO OTÁVIO ALDAVES DOS
SANTOS GUEDES**

LUANA GLAUP ARAÚJO DOURADO

**LUANA APARECIDA MENEGAZ
MENEGHETTI**

EDNA MARIA BONFIM-SILVA

RESUMO: As ações humanas causaram impactos ambientais no último século e geraram debates sobre o futuro do planeta em relação aos recursos naturais limitados. A demanda de consumo do aumento populacional pressionou a agricultura e os recursos naturais. Diante da necessidade de mudar a organização da atividade produtiva global, surge a necessidade do desenvolvimento sustentável, que promove o bem-estar e a diminuição das desigualdades sociais e a preservação das condições ambientais. O sistema integrado lavoura-pecuária-floresta (ILPF) é um sistema sustentável que visa tornar o solo produtivo sem danos ao meio ambiente, integrando componentes animal e vegetal em uma mesma área. Um sistema de produção sustentável pode ser caracterizado quando as atividades são realizadas de forma planejada, sistematizada e contínua. Sua aplicação é recomendada para recuperar pastagens degradadas, manter

cobertura florestal, melhorar a conservação do solo e da água e diversificar a renda na propriedade rural. O sistema reduz as erosões e aumenta a fertilidade do solo ao integrar diferentes culturas e pastagens. Além disso, o plantio direto mantém a cobertura vegetal e evita o revolvimento do solo. Isso melhora a qualidade da água e o controle de pragas, doenças e plantas daninhas. O sistema ILPF se caracteriza como um meio para garantir a produção de alimentos e a sustentabilidade. Integrando os componentes do sistema lavoura pecuária e floresta que se complementam e garantem a sinergia deles, diversificando a produção e aumentando a produtividade. O planejamento e a implementação bem-feitos do ILPF garantem as vantagens do sistema, e bons resultados de produção. Neste contexto, objetivou-se por meio deste capítulo, realizar uma revisão sobre sistema Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta.

Palavras-chave: Conservação do solo; Fertilidade do solo; Madeira; Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

Os grandes impactos ambientais em função das ações humanas no último século tiveram um efeito propulsor para as discussões na comunidade internacional sobre o futuro do planeta com relação aos finitos recursos naturais. O notável aumento

populacional das últimas décadas e sua grande necessidade de consumo tem pressionado a agricultura assim como os recursos naturais (FOLEY et al., 2011).

Segundo um relatório da ONU, 9,8% da população mundial sofre de fome aguda, enquanto 11,7% enfrentam insegurança alimentar em níveis graves. As projeções para 2030 estimam que 8% da população ainda enfrentará a fome (ONU, 2022)

Em decorrência da necessidade de uma mudança relacionada a organização da atividade produtiva global, o termo “Economia Verde” tem aparecido recentemente nas rodas de discussão sobre os desafios para um desenvolvimento econômico com base sustentável, promovendo o bem-estar e a redução das desigualdades sociais e a manutenção das condições ambientais (UNEP, 2011).

O sistema integrado lavoura-pecuária-floresta (ILPF), tem como objetivo tornar o solo produtivo sem gerar impactos negativos ao meio ambiente, é um sistema sustentável através da integração de componentes animal e vegetal em uma mesma área (BALBINO et al., 2011).

Pode-se caracterizar como um sistema de produção sustentável quando as atividades são realizadas de forma planejada, sistematizada e continuada ao longo do tempo. Sua aplicação é recomendada para a recuperação e/ou renovação de pastagens degradadas, manutenção e reconstituição de cobertura florestal, melhoria na conservação do solo e da água e diversificação da renda na propriedade rural (BALBINO et al., 2011; GIL et al., 2015).

Para Vilela et al. (2006) e Dias-Filho (2007), o grande potencial de adoção de sistema ILPF em diferentes ecossistemas brasileiros está condicionado a diversos fatores, dentre eles: solos favoráveis; infraestrutura para produção e armazenamento da produção; acesso a crédito e domínio da tecnologia para produção de grãos e pecuária.

Este capítulo abordará sobre os benefícios da implantação do sistema Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta para o manejo do solo e desenvolvimento de plantas forrageiras.

2 HISTÓRIA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

Desde a idade média na Europa são conhecidas várias formas de plantios associados entre culturas anuais e perenes e sistemas integrando árvores madeireiras e frutíferas. Associar culturas foi, de certa forma, uma estratégia copiada da natureza pelos indígenas e, posteriormente, adotada pelos colonizadores. Sistemas integrados são datados desde o século XVI. No Brasil, os imigrantes europeus adaptaram as associações entre agricultura, pecuária e florestas para as condições tropicais e subtropicais presentes. Aparentemente uma das causas do quase desaparecimento das integrações de culturas foi a mecanização e a intensificação dos sistemas agrícolas, além das dificuldades de colheita manual de frutas e de questões administrativas (EMBRAPA, 2023).

Durante a década de 60, com a extração da madeira dos remanescentes florestais, alguns biomas brasileiros tiveram suas áreas extremamente degradadas. Já em meados da década de 70, com o estabelecimento da crise energética, a madeira passava a ser a fonte energética do setor industrial e doméstico, incentivando os plantios das monoculturas arbóreas, também denominados de reflorestamentos. A criação de institutos estaduais, que regulamentavam e incentivavam a pesquisa “florestal”, proporcionaram a introdução

de espécies exóticas para este fim que, devido ao bom desenvolvimento, se distribuíram rapidamente por todos os biomas brasileiros (SILVA, 2016). Neste período a pecuária extensiva em pastagens destituídas de árvores também se expandia, impulsionando grandes desmatamentos e originando uma série de externalidades ambientais. O panorama de degradação levou a comunidade científica buscar sistemas integrados e mais sustentáveis, para harmonizar o aumento de produtividade vegetal e animal, com a preservação de recursos naturais (BALBINO et al., 2011).

Nas décadas de 1980 e 1990, foram desenvolvidas e aperfeiçoadas tecnologias para recuperação de pastagens degradadas. Um exemplo é o “Sistema Barreirão”, desenvolvido pela Embrapa, que é composto por um conjunto de tecnologias e práticas de recuperação de áreas degradadas ou improdutivas, embasadas no consórcio arroz-pastagem. (EMBRAPA, 2023).

No final dos anos 1990 o tema se solidificou como alternativa à pecuária extensiva convencional, destituída dos elementos agroflorestais ou florestais (BALBINO et al., 2011).

Buscando reduzir as emissões de gases do efeito estufa (GEE) e favorecer o desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável, o governo brasileiro se comprometeu em reduzir a emissão desses gases até o ano de 2020. Essa meta foi definida por meio do Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, também conhecido como plano ABC (agricultura de baixa emissão de carbono) (BRASIL, 2012). Os resultados mapeados evidenciam que, entre 2010 e 2018, o Plano ABC permitiu reduzir entre 100,21 e 154,38 milhões de miligramas CO₂ equivalente, contribuindo de maneira significativa com os compromissos nacionais de redução de emissões (LIMA et al., 2020).

Em 2013 o sistema silvipastoris (SSPs) foram contemplados pela Lei 12.805/2013, sancionada em 30 de abril daquele ano, instituindo a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Esta tem como princípio melhorar de forma sustentável a produtividade, qualidade e a renda das atividades agropecuárias através de sistemas integrados de produção (ALVES et al., 2015) Isto gerou uma popularização do tema, atraindo instituições de pesquisa e empresas privadas, para fomentar as ações em todo território nacional (SAIBRO & GARCIA, 2005).

Até meados de 1960, as atividades agrícolas no cerrado eram limitadas à produção extensiva de gado de corte, o que acelerava os processos de degradação. Este fato estava relacionado majoritariamente à falta de tecnologia para a produção agropecuária em agroecossistemas tropicais (BALBINO et al., 2011). Hoje nos estados de Mato Grosso e Goiás, os SSPs são indicados para áreas degradadas e aquelas com problemas para mecanização.

No Norte do país, o processo de ocupação humana recente está historicamente ligado a derrubada e queima da floresta Amazônica. Nos diversos estados que possuem território no Bioma Amazônia encontramos atividades de extração de recursos madeireiros, não madeireiros e criação de bovinos em destaque (DIAS-FILHO & FERREIRA, 2008; FUJISAKA et al., 1996; SCHMITZ, 2007). Entretanto, a partir de 2004 iniciou-se o processo contínuo de redução dos desmatamentos e queimadas na Amazônia como resultado das medidas

regulamentadas no Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (MARTÍNEZ et al., 2019).

De 2004 até 2019, houve uma redução de mais de 64% no desmatamento na região (INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2019). Isso pode ter sido impulsionado pela Lei Nº 12.727, de 17 de outubro de 2012, que aponta que todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa a título de Reserva Legal (RL), o que na região chega a 80%. Nesse sentido, a intensificação do uso da terra em áreas já antropizadas utilizando os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta tem sido adotado como uma das alternativas vigentes para a região (BALBINO et al., 2011; MARTÍNEZ et al., 2019).

O sul do Brasil recebeu fortes interferências das migrações internas e da chegada dos imigrantes europeus. Assim originou-se um sistema agrário colonial diversificado, em pequenas propriedades, e com raiz europeia (BALBINO et al., 2011; ETGES & KARNOPP, 2020). A adoção de SSP nestas propriedades tem encontrado resistências culturais, e em geral está relacionada a políticas governamentais regionais, com objetivo encorajar ações de desenvolvimento socioeconômico atreladas às demandas das industriais locais (RIBASKI, 2019). O setor de base florestal tem se beneficiado, já que somente no estado do Rio Grande do Sul são 368,4 mil empregos gerados (AGEFLOR, 2017).

As empresas madeireiras da região têm fomentado o plantio do pinheiro (*Pinus sp.*), eucalipto (*Eucalyptus sp.*), e menos frequentemente a erva-mate (*Ilex paraguariensis*) e a bracatinga (*Mimosa scabrella*) (NICODEMO et al., 2015). Em 2005, a área destinada aos sistemas de ILPF era de aproximadamente 1,87 milhões de hectares. Em 2018, esse valor passou para 15 milhões de hectares, ou seja, no período de treze anos, essa área ficou oito vezes maior. Enquanto isso a produtividade crescia de 140 para 257 milhões de toneladas, conforme dados levantados por Telles et al. (2021).

3 INTEGRAÇÃO

Na agricultura, práticas inadequadas e o emprego de apenas uma cultura resultam na perda de produtividade, degradação do solo e dos recursos naturais e no surgimento de doenças e pragas. Para um agroecossistema estável é necessário equilíbrio entre sustentabilidade, produtividade, invulnerabilidade e resiliência.

No preparo convencional do solo onde é feito o processo de aração e gradagem, as práticas conservacionistas causam a perda do solo por conta da erosão, mas estes processos podem ser substituídos pelo Sistema Plantio Direto, com o qual não há o revolvimento do solo. O Plantio Direto exige uma cobertura vegetal que precede o plantio, normalmente pastagens dessecadas pelo uso de herbicidas cobriam o solo protegendo-o dos efeitos da erosão.

Junto com o Sistema de Plantio Direto surge também o Sistema de Integração Lavoura Pecuária (ILP) e em seguida a Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF). A ILPF é a diversificação e rotação das atividades de agricultura, pecuária e floresta dentro da mesma propriedade e em uma mesma área. É um sistema de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou em rotação, e busca efeitos sinérgicos entre os componentes

do agroecossistema, contemplando a adequação ambiental, a valorização do homem e a viabilidade econômica da atividade agropecuária.

A integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF) envolve sistemas produtivos diversificados, de origem vegetal e animal, realizados para otimizar os ciclos biológicos das plantas e dos animais, bem como dos insumos e seus respectivos resíduos. Ainda, a ILPF contribui para a recuperação de áreas degradadas, manutenção e reconstituição da cobertura florestal, promoção e geração de emprego e renda, adoção de Boas Práticas Agropecuárias (BPA), melhoria das condições sociais, adequação da unidade produtiva à legislação ambiental (manutenção de Áreas de Preservação Permanente – APP e de Áreas de Reserva Legal - ARL) e valorização de serviços ambientais oferecidos pelos agroecossistemas tais como: a) conservação dos recursos hídricos e edáficos; b) abrigo para os agentes polinizadores e de controle natural de insetos-pragas e doenças; c) fixação de carbono; d) redução de emissão de gases de efeito estufa; e) reciclagem de nutrientes; f) biorremediação do solo (BALBINO et al, 2012).

Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF) torna-se uma alternativa viável de produção para recuperação de áreas alteradas ou degradadas. A integração de árvores com pastagens e ou com lavouras é conceituada como o sistema que integra os componentes lavoura, pecuária e floresta, em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área. Possibilita que o solo seja explorado economicamente durante todo o ano, favorecendo o aumento na oferta de grãos, de carne e de leite a um custo mais baixo, devido ao sinergismo que se cria entre lavoura e pastagem (EMBRAPA, 2023).

O objetivo da Integração Lavoura Pecuária Floresta é mudar o modo de uso da terra para conseguir um sistema cada vez mais produtivo e com produtos de melhor qualidade, aumentando a qualidade ambiental e conservando os recursos naturais. A agricultura com essa integração tem um papel importante na conservação do solo diminuindo as erosões junto ao plantio direto, trazendo vantagens e recuperação eficiente da fertilidade do solo, na qualidade da água, e no controle de pragas, doenças e plantas daninhas. É visto também uma melhora significativa dos atributos físico, químico e biológico do solo com o aumento de matéria orgânica e carbono. Com estes resultados a produção de grãos terá a qualidade esperada pelo produtor, a pecuária obterá ganhos provenientes das pastagens com forrageiras mais produtivas onde o gado pastará. Com isso o produto, carne ou leite serão de grande qualidade. A área florestal também servirá ao bem-estar animal, o gado aproveitará as sombras das árvores em dias muito quentes e de abrigo em dias chuvosos. Após sua formação as árvores serão cortadas e comercializadas. Essa integração poderá tornar a propriedade mais produtiva e mais correta ambientalmente, e trará vantagens para a propriedade que reverterá benefícios para o meio ambiente.

Os sistemas ILPF, consistem na associação dos componentes agrícola e pecuário, em rotação, consórcio ou sucessão, em uma mesma área e no mesmo ano agrícola ou por diversos anos, em consórcio com o componente florestal, aproveitando a efeito sinérgico existente entre eles (MAZOCCO, 2017). E os principais objetivos do sistema de ILPF são a restauração de áreas degradadas, melhorar as condições físicas e biológicas do solo com a pastagem na área da lavoura, resgatar a fertilidade do solo com a lavoura na área

de pastagens degradadas, diminuindo os custos tanto nas atividades agrícolas quanto na pecuária e ampliando a estabilidade de renda do produtor (CORDEIRO et al., 2015).

A ILPF é uma estratégia de produção que integra diferentes sistemas produtivos, agrícolas, pecuárias e florestais dentro da mesma área. Pode ser feita em cultivo consorciado, em sucessão ou em rotação, de forma que haja benefício mútuo para todas as atividades. Esta forma de sistema integrado busca otimizar o uso da terra, elevando os patamares de produtividade, diversificando a produção e gerando produtos de qualidade através do manejo adequado dos recursos naturais, técnicas de conservação do solo, da biodiversidade, dos recursos hídricos e da paisagem. Com isso reduz a pressão sobre a abertura de novas áreas (CORDEIRO; SILVA, 2015; VILELA et al., 2006).

A intensificação da produção observada no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta melhora as condições físicas, químicas e biológicas do solo; aumenta a ciclagem e a eficiência de utilização dos nutrientes; reduz custos de produção; diversifica e estabiliza a renda na propriedade rural e viabiliza a recuperação de áreas com pastagens degradadas (ALVARENGA et al., 2010). A elevação dos teores de matéria orgânica e a melhoria da qualidade física do solo pela introdução do sistema ILPF em áreas agrícolas com níveis adequados de fertilidade evidenciam o potencial deste sistema em reduzir não apenas o impacto ambiental das atividades produtivas, mas também as emissões de gases de efeito estufa melhorando o aproveitamento da água e dos nutrientes do solo (BALBINO et al., 2011). Com a implantação de sistemas ILPF o produtor poderá garantir elevado potencial de geração de receitas ao longo prazo, principalmente com componente florestal. Além do ganho direto do sistema ainda se garante no componente ambiental, fixação de CO₂ e melhorando a biodiversidade (GONTIJO NETO et al., 2020).

O sistema é apontado por proporcionar proteção do solo contra a erosão, conservação da água, manutenção do ciclo hidrológico e melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, aumento do valor nutricional da forragem e do conforto térmico animal, melhorias no desempenho de bovinos criados a pasto (ALVES et al., 2019), benefícios socioeconômicos tais como diversificação da produção e da renda, redução do risco da atividade e redução da sazonalidade da demanda por mão de obra no campo (MULLER et al., 2018).

Balbino et al. (2011), subdividiu os sistemas integrados em quatro modalidades, o ILP (integração lavoura pecuária- agropastoril), o ILPF (integração lavoura pecuária e floresta agrossilvipastoril), o IPF (integração pecuária floresta – silvipastoril) e o ILF (integração lavoura floresta- silviagrícola).

3.1 ILP (Integração Lavoura Pecuária- Agropastoril)

O sistema de agropastoril ou integração lavoura-pecuária (ILP) consiste na utilização de uma mesma área para o plantio de culturas e a criação de gado. Essa técnica é considerada uma das mais utilizadas dentre os produtores, principalmente os de soja na região centro-oeste (BEHLING et al., 2013). A ILP possibilita como principais vantagens, a recuperação ou reforma de pastagens degradadas, a melhoria das condições físicas e biológicas do solo

na área de lavoura, as produções de pasto, forragem conservada e grãos para alimentação animal na estação seca e a diminuição por insumos externos (REIS et al., 2015).

Andrade et al. (2020) buscaram analisar a diferença de infiltração da água no solo entre uma área com um ano de implantação de um sistema agropastoril de milho e *Brachiaria* contra uma área de pastagem já degradada com vários anos de uso. Como resultado observaram que a velocidade de infiltração da água no solo foi superior no sistema ILP, promovendo assim uma maior eficiência no acúmulo de água subterrânea e aumentando a disponibilidade hídrica em períodos de estiagem prolongada. Navroski et al. (2017) avaliaram os atributos microbiológicos do solo em diferentes sistemas de manejo. Foram testadas áreas de sistema agropastoril, cultivo mínimo, pastagem, plantio convencional e floresta primária. Os parâmetros analisados foram o conteúdo de carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal do solo, quociente metabólico, quociente microbiano e fosfatase ácida. Como resultados, os pesquisadores observaram que o sistema agropastoril provê aumento da quantidade e atividade da CBM, e, contribui com o estoque de carbono do solo, enquanto a mobilização do solo realizado no plantio convencional afeta o compartimento microbiológico do solo. Dessa forma, o uso do ILP proporciona um solo com uma maior quantidade de microrganismo, e isso aumenta a eficiência do solo em disponibilizar nutrientes a partir da matéria orgânica.

Segundo Behling et al. (2014) a ILP possui três modalidades na qual ele pode ser utilizado: Fazendas de pecuária, em que culturas de grãos (arroz, soja ou milho) são introduzida em áreas de pasto no processo de recuperação da produtividade das pastagens por meio da disponibilização de nutrientes; Fazendas especializadas em lavouras de grãos e que utilizam gramíneas forrageiras para melhorar a cobertura de solo em sistema de plantio direto e, na entressafra, a utilizam para a produção da forragem a ser usada na alimentação de bovinos (“safrinha de boi”); e fazendas que, sistematicamente, adotam a rotação de pastagem/lavoura para intensificar o uso da terra e se beneficiar do sinergismo entre as duas atividades, fazendo dessa forma um uso eficiente da terra.

Como principais modelos de ILP temos os sistemas Santa Fé e Barreirão. O sistema Santa Fé consiste em consorciar uma cultura anual com uma forrageira, principalmente as *Brachiarias* em áreas agrícolas com solos parciais ou completamente corrigidos. Esse sistema proporciona os seguintes benefícios: uso intenso e racional de áreas agrícolas, com produção de grãos na safra e/ou safrinha em quantidades equivalentes ao sistema solteiro e forragem na entressafra; produção de silagem em abundância durante o ano todo; produção de forragem para o pastejo direto o ano todo, com possibilidade de produção de “boi verde” a pasto; produção de palhada de alta qualidade para o sistema de plantio direto; aumento na eficiência produtiva de algumas culturas anuais no sistema de plantio direto; não altera o cronograma de atividades do agropecuarista; não exige equipamentos específicos; apresenta baixo custo de implementação (EMBRAPA, 2001). Já o sistema Barreirão tem como base a renovação/recuperação de áreas degradadas em consórcio com a plantação de culturas anuais de arroz, milho, sorgo ou milheto, juntamente com gramíneas ou leguminosas de forma que a produção da cultura seja capaz de arcar com os custos de renovação da pastagem (TORRES et al., 2018).

3.2 ILF (integração lavoura floresta - silviagrícola)

Esse sistema de integração consiste em unir a lavoura juntamente com a silvicultura (iLF), objetivando a diversificação de áreas nas quais ocorria apenas a produção de grãos. Nesse sistema a lavoura deve arcar com os custos de implantação das árvores, pois, a silvicultura tem um ciclo produtivo de longo prazo até que possa ser comercializada e gerar lucro (ALVES et al., 2015). A cultura que vai participar do sistema de integração deve ser tolerante ao sombreamento para que se desenvolvam de forma satisfatória sem que a sombra oriunda da copa das árvores a limite. Souza et al. (2018) analisaram as respostas fisiológicas de feijoeiros das cultivares Pérola e Dama co-inoculadas com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* e cultivadas em sistema silviagrícola com diferentes manejos de adubação (ureia, molibdato de sódio, fósforo e NPK). Como resultados observaram que o cultivar Dama apresentou uma resposta produtiva superior ao cultivar Pérola, sendo mais indicado para o uso em sistemas de integração devido a sua adaptação ao sombreamento.

Silva et al. (2015) compararam a produtividade do milho plantado no sistema solteiro e em sistema silviagrícola com espaçamento de 14m x 3m e observaram que o milho plantado no sistema silviagrícola apresentou produtividade média superior àquele produzido de forma tradicional. Esse resultado pode ser explicado pela proteção que as árvores proporcionaram a lavoura, reduzindo a força dos ventos e a incidência de luz solar na plantação. O sistema silviagrícola pode ser utilizado para a recuperação de áreas desmatadas, auxiliando assim na reestruturação de locais degradados.

3.3 IPF (integração pecuária floresta – silvipastoril)

O modelo de sistema silvipastoril (SSP) consiste na junção entre pecuária e floresta (IPF) e é amplamente utilizado em regiões que apresentam degradação das pastagens visto que as árvores auxiliam na preservação do solo. A presença de árvores no sistema possui impacto positivo na qualidade do solo e no desempenho animal. Naturalmente as árvores liberam matéria orgânica durante seu desenvolvimento que são incorporados ao solo, liberando nutrientes a partir da sua mineralização (ALVES et al., 2017). Aumentando a fertilidade do solo através da liberação de macro e micronutrientes como o Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio e Enxofre (RIBEIRO et al., 2022).

Ocorre uma redução da necessidade de adubação das pastagens melhorando a produtividade, aumentando a vida útil e reduzindo a degradação. Além do efeito de disponibilização de nutrientes no solo as árvores também proporcionam maior conforto térmico aos animais que estão em pastejo. É sabido que o animal necessita de um ambiente térmico que esteja dentro de sua zona de conforto e essa zona é o intervalo entre 18 e 26°C (LEÃO, 2016). Nessas temperaturas o organismo do animal consegue desempenhar suas atividades basais sem ter a necessidade de gastar energia para ajustar a temperatura do seu corpo e mantendo a homeostase. Dessa forma com a presença de sombras no pasto os animais reduzem o seu gasto energético voltado para a manutenção da temperatura corporal na faixa de conforto e isso se converte em um uso mais eficiente da energia juntamente com um aumento no ganho de peso pelos bovinos (CAETANO & JÚNIOR, 2015). É necessário levar

em conta dois fatores que influenciam no desempenho: o uso de uma gramínea resistente ao sombreamento e a seleção de uma espécie arbórea que não possua uma copa muito densa, permitindo a passagem de raios solares para o solo (BEHLING et al., 2013).

O cuidado com a seleção de exemplares adaptados as condições edafoclimáticas da região também é de suma importância e deve ser considerado no momento da escolha. O sombreamento também causa grande influência na produtividade das gramíneas.

3.4 ILPF (integração lavoura pecuária e floresta agrossilvipastoril)

Esse sistema é o que engloba todas as áreas de produção disponíveis na integração, unindo de forma estratégica a lavoura, pecuária e a floresta (ILPF) (BEHLING et al., 2013; REIS et al., 2015). Devido à diversidade de componentes presentes neste sistema se torna necessário um manejo eficiente e um planejamento bem elaborado para que todas as partes possam funcionar de forma sinérgica.

A adoção deste modelo de produção é feita em etapas, sendo a primeira parte composta pelo plantio das árvores e da cultura que será explorada, proporcionando assim um intervalo para o desenvolvimento dos componentes silvícolas até um ponto que apresentem certa resistência à influência dos animais durante o pastejo, reduzindo os danos (SERRA et al., 2019).

Dessa forma, após a colheita da cultura se dá início ao processo de formação de pasto, com o plantio das sementes de gramíneas para posterior entrada dos animais. Mesmo sendo muito benéfico o ILPF apresenta uma certa rejeição por parte dos produtores devido ao aumento da dificuldade de mecanização que pode ser causado quando não se faz um planejamento correto para implantação, reduzindo a mobilidade de máquinas dentro da área e limitando a realização de algumas tarefas como por exemplo a pulverização de defensivos devido a largura insuficiente entre as linhas de árvores (SILVA et al., 2016).

Silva et al. (2016) avaliaram o efeito de renques de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*) em diferentes sistemas de manejo nas propriedades físicas e carbono orgânico de um Latossolo Amarelo. Os tratamentos avaliados foram: sistema integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) aos dois anos de cultivo, sendo amostrado em duas distâncias a 2,5 m do renque florestal (ILPF2,5) e a 10 m (ILPF10), Monocultivo florestal com Eucalipto (ME) com 2 anos de cultivo, sistema Santa Fé (SSF) e Mata Nativa como testemunha (MN) em quatro profundidades de solo. Como resultado foi possível observar que os tratamentos ILPF2,5, ILPF10 e SSF apresentaram melhores condições físicas de densidade e porosidade do solo do que o ME quando comparados à MN. Houve diferença de macro e microporosidade nas profundidades dos tratamentos, onde o ILPF2,5, SSF e MN apresentaram os maiores valores.

Os renques de eucalipto no sistema ILPF e o Santa Fé melhoraram as condições de densidade e porosidade do solo, assim como o acúmulo de carbono orgânico. Fica evidente que a presença dos componentes arbóreos dentro do sistema produtivo proporciona uma melhor conservação das características presentes no solo, além de proporcionar um impacto ambiental reduzido devido ao maior acúmulo de carbono orgânico (SILVA et al., 2016).

4 ASPECTOS SOBRE O ILPF

No planejamento do sistema de ILPF é importante verificar os aspectos socioeconômicos e ambientais da propriedade. A utilização da integração dependerá da infraestrutura que cada produtor terá em sua propriedade e para qual finalidade ele pretende usá-lo. O sistema pode ser adotado por qualquer produtor rural disposto a implantar independentemente do tamanho da área que tem para utilizar. Os principais objetivos com a implantação podem ser: recuperar áreas degradadas, melhorar a fertilidade dos solos ou as condições dos pastos, diversificar o sistema de produção da propriedade, ter a pecuária como alternativa para entressafra, aumentar a pastagem no período seco ou ter palhada ao plantio direto. Para iniciar a implantação o produtor deve ter dados da estrutura de toda a propriedade começando pela área disponível (tamanho e características de fertilidade do solo), infraestrutura (máquinas, equipamentos e estrutura física), mão-de-obra (quantidade e qualificação), logística de escoamento e assistência técnica disponível (UAGRO, 2023).

Seguir um plano de produção sustentável, através das atividades agropecuárias e florestal na mesma área, realizar consórcio, contínuo ou rotativo, analisar a sinergia entre os componentes do ecossistema agrícola, observar compatibilidade ambiental, o valor humano e a viabilidade econômica (BARCELLOS et al., 2018) é essencial para manter uma agricultura sustentável.

As fases de rotação e sucessão da cultura também são extremamente importantes dentro do sistema, garantindo a integração dos componentes, conhecer o processo de adoção e ajustá-lo tecnicamente frente as condições ambientais, econômicas e tecnológicas das apresentadas pela propriedade (SKORUPA & MANZATTO, 2019). O planejamento mais acurado e contínuo, e a cada ano deve ser atualizado, sobretudo o operacional (BENDAHAN et al., 2018). Os modelos de integração lavoura pecuária floresta estão se mostrando com alta perspectiva para regiões de relevo mais acidentado como apontado por Müller (2018), e os entraves principais se trata do manejo adotado pelo produtor, monitoramento frequente e investimentos mais altos que mono cultivo demonstrado por Ferreira (2019).

Um exemplo prático de implantação completa seria começar com o modelo ILF, no qual o produtor fará plantio de uma determinada espécie de árvore para a floresta e, entre suas linhas, cultivar algum produto de grande consumo na região por dois ou três anos, até que a floresta atinja porte necessário para receber a pecuária. Haverá então solo fértil para o plantio de pastagem, que será de grande qualidade, e sombra para diminuir os efeitos de insolação, favorecendo o bem-estar animal.

Em geral a maioria dos sistemas faz uso de espécies arbóreas com potencial produtivo de madeira e com ciclos curtos (entre 10 e 15 anos), como é o caso das espécies do gênero *Eucalyptus* que tem uma produção boa de madeira em um período relativamente curto. No ano de 2020 o eucalipto (gênero *Eucalyptus*) representava mais de 75% do efetivo nacional dentro da silvicultura, concentrando a área com maior quantidade de exemplares na região sudeste com aproximadamente 2.279.452 hectares plantados (BARCELLOS, 2018). O sombreamento também causa grande influência na produtividade das gramíneas. Monteiro et al. (2019) avaliaram o efeito do sombreamento de árvores de eucalipto sobre pasto de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã e observaram que a produção de massa seca foi

23,49% maior em gramíneas conduzidas sob regime de pastagem reformada, diferindo das gramíneas sombreadas por árvores. Isso se deve em parte à limitação causada pela sombra na captação da luz solar pela planta. A luz é componente fundamental do processo de fotossíntese que é responsável pelo crescimento e perfilhamento das gramíneas.

A seleção de árvores com copas que não sejam fechadas e o espaçamento correto dentro das linhas são fatores a serem observados na implantação para evitar a redução na produção de matéria seca das gramíneas.

Uma preocupação para a implantação do componente arbóreo dentro do pasto é a competição entre as gramíneas e as árvores pela água. Entretanto, Limberger et al. (2020) compararam o conteúdo de água no solo entre os sistemas de monocultivo com pastagem de grama-estrela roxa (*Cynodon nlemfuensis*) e sistema silvipastoril (com grama-estrela roxa e eucalipto (*Eucalyptus grandis*) em diferentes profundidades. O sistema silvipastoril não comprometeu a disponibilidade de água para a grama-estrela roxa na profundidade de 0 - 0,4 m de profundidade. Dessa forma as raízes da gramínea não sofreram nenhuma privação hídrica por parte das árvores e isso garantiu o bom desenvolvimento das gramíneas sem que ocorresse qualquer estresse hídrico devido a competição.

Em locais com solo de maior fertilidade a utilização do mogno africano (*Khaya* spp.) é uma opção interessante devido ao valor pelo qual é vendido no mercado e sua boa adaptação e desenvolvimento no território nacional (RIBEIRO et al., 2017). As árvores presentes dentro do sistema precisam ter a sua finalidade definida antes de serem escolhidas, em locais onde a venda de madeira não é algo muito difundido. É necessário buscar algum meio de lucrar com a sua produção, desde a utilização como estacas para cercas como para a fabricação de móveis, levando sempre em conta o fato de que quanto mais nobre é o uso da madeira mais longo será o prazo para o corte e o manejo deve ser mais complexo para garantir a qualidade final do material vendido. O ideal é possuir um comprador para que sua produção seja feita com base nas suas necessidades comerciais (FERREIRA et al., 2019).

Uma consequência positiva da implementação de árvores dentro do sistema produtivo é o incremento no bem-estar animal, de forma a impactar positivamente nos índices produtivos. Os mamíferos são animais homeotérmicos, ou seja, são capazes de regular a sua temperatura corporal de forma independente ao ambiente que estão a partir de processos químicos e hormonais conhecidos como mecanismos de homeostase (FERREIRA et al., 2009).

Em ambientes quentes os animais tendem a reduzir o consumo alimentar e isso impacta no ganho de peso e desenvolvimento corporal a depender da fase na qual o animal se apresenta, além dessa redução no consumo ocorrem modificações fisiológicas no animal buscando realizar uma troca de calor com o ambiente (PERISSINOTTO; MOURA, 2007). Exemplos disso são o aumento da frequência respiratória e cardíaca, acúmulo de sangue nas extremidades corporais, busca de áreas sombreadas, transpiração excessiva, entre outros (CATTELAM & VALE, 2013).

Todos esses mecanismos causam um desconforto ao animal, reduzindo o seu bem-estar (COSTA et al., 2015). A presença de uma área sombreada soluciona esse problema de forma simples, resultando em uma temperatura ambiente menor e reduzindo os efeitos da temperatura nos mecanismos de homeostase animal, além de quebrar o vento durante

geadas e reduzir a incidência de radiação ultravioleta sobre a pelagem dos animais. Dessa forma, a presença de árvores ajuda na manutenção do bem-estar animal, mantendo os índices produtivos sempre positivos e proporcionando desenvolvimento sem limitações causadas pelo estresse térmico (ALVES et al., 2019).

Durante o início do sistema é necessário atenção especial aos impactos causados pelos animais nos componentes arbóreos. É muito comum que eles danifiquem parte da casca e da copa quando ainda estão pequenas e dentro do alcance. BRUN et al. (2017) analisaram a influência de diferentes intensidades de dano causado por gado leiteiro em híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis* no sistema silvipastoril. Os autores observaram que as árvores que apresentaram danos maiores tiveram seu crescimento reduzido e que os danos impactam mais no crescimento em diâmetro do que em altura. Entretanto, a capacidade de recuperação do híbrido fez com que danos leves fossem recuperados de forma rápida e eficiente, reduzindo assim os impactos negativos.

A presença dos animais também pode causar a compactação do solo nas regiões de sub-bosques, locais nos quais existe sombra para que eles se abriguem durante os horários mais quentes do dia (VARELLA, 2008). Se a lotação animal não for adequada é possível que essas áreas fiquem compactadas e as árvores tenham dificuldade no seu desenvolvimento radicular.

O componente florestal tem grande importância para a economia, fornece matérias primas, é base florestal para grandes empreendimentos de indústrias siderúrgicas, para produção de carvão, papel, celulose, madeira, postes, bioenergia, construção civil, entre outros. Ainda se tem a contribuição para a conservação ambiental e de espécies nativas através da redução da exploração sobre os recursos florestais (SNIF, 2023). O setor florestal representou em 2020 1,2% do PIB nacional com receita bruta total de R\$ 97,4 bilhões, mesmo em anos difíceis como 2019, geraram oportunidades a 3,75 milhões de brasileiros em todo o país e até 2023 deve criar mais 36 mil novos postos de trabalho (IBÁ, 2020). O Brasil tem grande disponibilidade de terras para cultivos florestais, entretanto se apresentam pouco exploradas, e extensas áreas degradadas que poderiam ser convertidas em plantios florestais (OLIVEIRA & OLIVEIRA, 2017).

O uso final da madeira, as condições edafoclimáticas e o mercado consumidor também influenciam na escolha da espécie a ser incorporada no sistema (RIBEIRO et al., 2017). A quantidade de informações a respeito do manejo tem crescido frequentemente, aumentando a facilidade de encontrar mudas e a destinação da madeira produzida. Nos sistemas de integração, as árvores estão dispostas de maneira que não prejudiquem as práticas agrícolas e promovam melhores condições de microclima para os animais. O manejo das árvores deve ser definido quando se planeja a implantação do sistema e deve fazer parte de uma das atividades que visem um produto final bem definido. Os espaçamentos amplos e arranjos alocados em renques específicos melhoram os níveis de rendimento para todos os componentes (FERREIRA et al., 2019). Moreira et al. (2017) afirma que sistemas de produção mais longos com finalidade no uso múltiplo apresentam rentabilidades superiores aos cultivos para único produto. Florestas plantadas podem representar investimentos atrativos para os produtores rurais, com ganhos semelhantes aos da agricultura.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A integração tem um papel importante na conservação do solo diminuindo as erosões junto ao plantio direto, trazendo vantagens e recuperação eficiente da fertilidade do solo, na qualidade da água, e no controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Ocorre também uma melhora nos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo com o aumento de matéria orgânica e carbono.

Com estes incrementos a produção de grãos terá como resultado mais qualidade e um aumento de produtividade quando cultivados após a pastagem em sistema de plantio direto, pois é da mesma forma a pastagem cresce mais produtiva devido aos resíduos da adubação. Com isso o gado terá maior ganho de peso e produção leiteira.

O componente florestal no sistema tem grande importância desde a produção de madeira, aumentando a rentabilidade, e o aumento do consumo em relação ao comportamento alimentar dos animais. As árvores contribuirão para o bem-estar animal com a sombra protegendo o gado, e o efeito quebra-ventos que diminuirá o ressecamento das pastagens. Após sua formação as árvores serão cortadas e comercializadas. Essa integração poderá tornar a propriedade mais produtiva e mais correta ambientalmente, e trará vantagens para a propriedade que reverterá benefícios para o meio ambiente.

Ao integrar diferentes culturas e pastagens, o sistema reduz as erosões e aumenta a fertilidade do solo. Além disso, o plantio direto evita o revolvimento do solo e mantém a cobertura vegetal. Isso melhora a qualidade da água e o controle de pragas, doenças e plantas daninhas. O sistema ILPF se caracteriza como um meio para garantir a produção de alimentos e a sustentabilidade. Integrando os componentes do sistema lavoura pecuária e floresta que complementam entre si e garantem a sinergia deles, diversificando a produção e aumentando a produtividade. O planejamento e a implementação bem-feitos do ILPF garantem as vantagens do sistema, e bons resultados de produção.

O desenvolvimento de políticas públicas de incentivo e fomento também são pontos cruciais de incentivo a implantação desse sistema nas propriedades. É imprescindível que o método seja mais divulgado e alcance o maior número de propriedades, além de incentivar mais estudos voltados para área, demonstrando os resultados e despertando o interesse dos produtores. Apesar destes sistemas serem conhecidos, ainda são necessárias muitas informações técnicas e científicas sobre a implantação e a condução.

REFERÊNCIAS

- AGEFLOR. **A indústria de base florestal no RS: dados e fatos**. Disponível em: <www.ageflor.com.br>. Acesso em: 17 jun. 2023.
- ALVARENGA, R. C.; SILVA, V. P. da; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M.; VILELA, L. Sistema Integração Lavoura-Pecuária- Floresta: Condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, p. 59-67, 2010.
- ALVES, A. R. et al. Conteúdo de nutrientes na biomassa e eficiência nutricional em espécies da caatinga. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 377-390, 2017.
- ALVES, F. V.; LAURA, V. A.; ALMEIDA, R. G. **Sistemas agroflorestais - a agropecuária sustentável**. Brasília: Embrapa, 2015. 28 p.
- ALVES, F. V.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; KARVATTE JUNIOR, N. **Bem-estar animal e ambiência na ILPF**. In: BARCELLOS, A de O.; MEDRADO, M. J. S.; GRISE, M. M.; SKORUPA, L. A; ROCHA, W. S. D (Ed.). **Base conceitual, sistemas e benefícios da ILPF**. Brasília: Embrapa, 2019. p. 23-37.
- ANDRADE, V.D.; FERREIRA, U.S.; PONCIANO, V.F.G.; PONCIANO I.M. Capacidade de infiltração no solo em área de pastagem degradada e sistema ilp no primeiro ano. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba , v. 6 , n .2 , p .6083-6087, 2020.
- BALBINO, L.C.; BARCELLOS A.D.O.; STONE L.F... **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2011.
- BALBINO L.C.; CORDEIRO L.A.M.; PORFÍRIO-DA-SILVA V.; MORAES A.D.; MARTÍNEZ G.B.; ALVARENGA R.C.; GALERANI P.R... **Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil** Pesquisa Agropecuária Brasileira , Brasília , v .46 , n .10 , p .1252-1261 , out .2011.
- BALBINO L.C.; CORDEIRO L.A.M.; OLIVEIRA P.; KLUTHCOUSKI J.; GALERANI P.R.; VILELA L... Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) **Informações Agrônômicas** , Piracicaba , n .138 , p .1-32 , jun .2012.
- BALBINO, L. C.; MARTINEZ, G. B.; GALERANI, P. R. **Ações de transferência de tecnologia de sistemas de integração lavoura- Pecuária-floresta**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2012.
- BARCELLOS, A de O.; MEDRADO, M. J. S.; GRISE, M. M.; SKORUPA, L. A; ROCHA, W. S. D (Ed.). **Base conceitual, sistemas e benefícios da ILPF**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- BEHLING, M.; WRUCK, F.J.; ALVES ANTONIO, D.B.A.; MENEGUCI, J.L.P.; PEDREIRO, B.C.; CORNEVALLI, R.A.; CORDEIRO, L.A.M.; GIL, J.; NETO, A.L.D.F.; DOMIT, L.A.; SILVA, J.F.V. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) **Boletim de Pesquisa de Soja**, Londrina , v .1 , p .306-325, 2013.
- BENDAHAN, A.B.; POCCHARD R.; MEDEIROS R.D de; MOURÃO FILHO M.; LUCENA N. da C.; BRAGA R.M.; TOURRAND J.F. Sistemas integrados de produção agropecuária em pequenas e médias propriedades rurais In : POCCHARD R. (Ed.). **Agricultural Reserch for Development** Montpellier : Cirad , 2018. p .211-224.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Brasília: MAPA/ACS, p 173, 2012.
- BRUN E.J.; DALPOSSO D.M.; KUSS F.; SARTOR L.R.; BRUN F.G.K.; PERETIATKO C.D.S... Danos causados por gado leiteiro no componente arbóreo de um sistema silvipastoril **Ecologia e Nutrição Florestal** , Santa Maria , v .5 , n .2 , p .33-44 , 2017.

CAETANO G.A. DE O.; JÚNIOR M.B.C... Influência do sistema silvipastoril na puberdade de novilhas **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v. 9, n. 5, p. 232-239, 2015.

CORDEIRO L.A.M.; VILELA L.; KLUTHCOUSKI J.; MARCHÃO R.L. **Integração lavoura-pecuária floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação, 2015.

CORDEIRO, S. A.; SILVA, M. L. da. **Análise técnica e econômica de Sistemas Agrossilvipastoris: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2018. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 42).

COSTA, D. F. et al. Influência do estresse calórico na fisiologia hormonal de bovinos. **ACSA – Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p. 34-38, 2015.

DIASFILHO, M.B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 3.ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p. 190, 2007.

DIAS-FILHO, M. B.; FERREIRA, J. N. **Barreiras à adoção de sistemas silvipastoris no Brasil**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. (Documentos, 312).

EMBRAPA. **Sistema Santa Fé integração lavoura-pecuária**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2001. 2 p.

EMBRAPA (Org.). **Integração Lavoura Pecuária Floresta - ILPF**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/nota-tecnica>. Acesso em: 19 jun. 2023.

ETGES, V. E.; KARNOPP, E. A agroindústria familiar no contexto do sistema agrário colonial no Sul do Brasil. **Redes - Revista do Desenvolvimento Regional**, Santa Cruz do Sul, v. 25, n. 1, p. 268–283, jan./abr. 2020. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/redes/article/view/14255>. Acesso em: 17 jan. 2022

FERREIRA, A. D.; SERRA, A. P.; MELOTTO, A. M.; BUNGENSTAB, D. J.; LAURA, V. A. **Manejo das árvores e propriedades da madeira em sistema de ILPF com eucalipto** In: BARCELLOS, A de O.; MEDRADO, M. J. S.; GRISE, M. M.; SKORUPA, L. A.; ROCHA, W. S. D (Ed.). **Base conceitual, sistemas e benefícios da ILPF** Brasília: Embrapa, 2018. p. 39-53.

FERREIRA, F. et al... Taxa de sudação e parâmetros histológicos de bovinos submetidos ao estresse calórico **Arquivo brasileiro de medicina veterinária e zootecnia**, Belo Horizonte, v. 61, n. 4, p. 763-768, ago. 2009.

FOLEY, J. A. et al. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, v. 478, p. 337-342, 2011.

FUJISAKA S.; BELL W.; THOMAS N.; HURTADO L.; CRAWFORD E... Slash-and-burn agriculture conversion to pasture and deforestation in two Brazilian Amazon colonies **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 59, n. 1/2, p. 115–130, mar./abr. 1996.

GIL, J., Siebold, M., & Berger, T. Adoption and development of integrated crop–livestock–forestry systems in Mato Grosso, Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 199(1), 394-406, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.008>

GONTIJO NETO M.M.; RESENDE A.V.de; BORGHI E.; CAMPANHA M.M.; COSTA T.C.E C.da; SIMÃO E.de P.; GIEHL J.; ABREU S.C.; ALVARENGA R.C. **Intensificação agropecuária no Cerrado: coeficientes técnicos e análise financeira de Sistemas ILPF com diferentes níveis de investimento tecnológico**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e sorgo. 2020.

IBÁ INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual Ibá 2020** São Paulo: Café Art, 2020. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2023.

LEÃO D.B... **Comportamento, ganho de peso e rendimento de carcaça de bovinos em sistema de confinamento com uso de sombreamento artificial, em Paragominas -Pará** 2016 . 47 f . Monografia (Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal Rural da Amazônia , Paragominas , 2016.

LIMA, R. C. A., HARFUCH, L., PALAURO, G. R. (2020). PLANO ABC: evidências do período 2010 – 2020 e propostas para uma nova fase 2021 – 2030. **Agroicone**, 1, 35.

LIMBERGER E.; FIDALSKI J.; SOUZA W.De; BALISCEI M.A.; CALONEGO J.C... Umidade e água disponível no solo em monocultivo de pastagem e sistema silvipastoril com fileiras duplas de eucalipto **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente , v .16 , n .3 , p .104-114 , jul./set .2020.

MARTINEZ G.; DE AZEVEDO C.M.B.C.; SILVA A.; BOTELHO F.; DE OLIVEIRA T.K.; GODINHO V... Integração lavoura pecuária floresta na região Norte do Brasil In: BARCELLOS A.de O.; MEDRADO M.J.S.; GRISE M.M.; SKORUPA L.A.; ROCHA W.S.D (Ed.). **Base conceitual, sistemas e benefícios da ILPF** Brasília: Embrapa , 2018 . p .55-69.

MAZOCCO L.A... **Sistema de Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF) no Cerrado** In: VII Congresso Brasileiro de Biometeorologia, Ambiência, “Responsabilidade Ambiental e Inovação” **Anais...**Cuiabá : UFMT , 2017.

MONTEIRO L.C.; JUNIOR E.J.; JUNQUEIRA P.H.; TOMAZI M.; FLUMIGNAN D.L.; SALTON J.C... **Efeito do sombreamento de árvores de eucalipto sobre gramíneas forrageiras em sistema integrado** In: Jornada de Iniciação à Pesquisa da Embrapa , 1., 2019 , Dourados . **Resumos...** Brasília : Embrapa , 2019 . p .1.

MOREIRA J.M.M.A.P.; SIMIONI F.J.; DE OLIVEIRA E.B... **Importância e desempenho das florestas plantadas no contexto do agronegócio brasileiro Floresta** , Curitiba , v .47 , n .1 , p .85-94 , jan./mar .2017.

MÜLLER, M. D.; CALSAVARA, L. H. F.; BRIGHENTI, A. M.; MARTINS, C. E.; PACIULLO, D. S. C. **Manejo silvicultural em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2018. (Documentos, 215).

NAVROSKI, D.; MOREIRA, A.; COLOZZI-FILHO, A.; GRANGE, L. Atributos microbiológicos do solo em diferentes sistemas de manejo no oeste paranaense. **Agrotropica**, Cruz das Almas , v .29 , n .2 , p .127-134 , jul./dez .2017 . Disponível em : <https://www.agrotropica.org.br/agrotropica/article/view/473>. Acesso em : 17 jun .2023.

NICODEMO, M. L. F., SILVA, V. P. da, THIAGO, L. R. L. de S., GONTIJO N., M. M., & LAURA, V.A. **Sistemas silvipastoris - introdução de árvores na pecuária do Centro-Oeste brasileiro**. Embrapa Gado de Corte - Documentos, 146. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2015.

OLIVEIRA, Y. M. M. de; OLIVEIRA, E. B. de. **Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental** Colombo : Embrapa Florestas , 2017.

ONU. **Fome cresce no mundo e atinge 9,8% da população global**. 2022. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2022/07/1794722>; Acesso em: 15 Jun. 2023.

PERISSINOTTO M.; DE MOURA D.J... Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados/evaluation of thermal comfort in dairy cattle using data mining **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas** , Tupã , v .1 , n .2 , p .117-126 , jul./dez .2007.

REIS F.A.; GOMES R.C.; COSTA J.A.A.Da; ÍTAVO C.C.B.F.; ITAVO L.C.V... **Sistemas integrados e a produção de ovinos de corte** In: SIMPÓSIO DE OVINOCULTURA , 1., 2015 , Campo Grande . **Anais...** Campo Grande : Embrapa Gado de Corte , 2015 . p .50-61.

RIBASKI J. **Avaliação do desempenho silvicultural e econômico de cinco materiais genéticos de Eucalyptus em sistema silvipastoril, no bioma Pampa do Rio Grande do Sul** Colombo : Embrapa Florestas , 2019 . (Comunicado Técnico , 427).

RIBEIRO A.; FILHO A.C.F.; SCOLFORO J.R.S. O Cultivo do Mogno Africano (*Khaya* spp.) e o Crescimento da Atividade no Brasil **Floresta e Ambiente** , Seropédica , v .24 , 2017.

RIBEIRO G.B.de D.; ISBAEX C.; VALVERDE S.R.; RIBEIRO M.R... Produção de biomassa florestal para energia em sistemas agroflorestais **Pesquisa Florestal Brasileira** , Colombo , v .37 , n .92 , p .605–618 , out./dez .2022.

SAIBRO J.C.de; GARCIA R... Sistemas silvipastoris integram árvores, pastos e animais **Visão agrícola** , Piracicaba , n .3 , p .94–96 , jan./jun .2005.

SCHMITZ H... A Transição da agricultura Itinerante na Amazônia para novos sistemas **Revista Brasileira de Agroecologia** , Porto Alegre , v .2 , n .1 , p .46–59 , 2007.

SERRA A.D.; BUNGENSTAB D.J.; ALMEIDA R.G.; LAURA V.A.; FERREIRA A.D... **Fundamentos técnicos para implantação de sistemas de integração lavoura–pecuária-floresta com eucalipto** In: BUNGENSTAB D.J.; ALMEIDA R.G.de; LAURA V.A.; BALBINO L.C. (Ed.). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta** Brasília : Embrapa , 2019. p .97-120.

SILVA A.R.; SALES A.; VELOSO C.A.C... Atributos físicos e disponibilidade de carbono do solo em sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), Homogêneo e Santa Fé, no estado do Pará, Brasil **Revista AGROTEC** , Belém , v .37 , n .1 , p .96-104 , jan./jun .2016.

SKORUPA L.A.; MANZATTO C.V... **Avaliação da adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no Brasil** Jaguariúna : Embrapa Meio Ambiente, 2019.

SNIF. Sistema Nacional de Informações Florestais. **Cadeia Produtiva**. Disponível em: <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/cadeia-produtiva>. Acesso em: 17 jun. 2023.

SOUZA G.C.; FRAZÃO L.A.; DIAS R.F.; LUCAS C.S.G.; RODRIGUES C.H.O.; CAMARGO P.B... Respostas fisiológicas e produtividade de feijoeiro cultivado em sistema silviagrícola com diferentes manejos de adubação **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas** , Cáceres , v .10 , n .2 , p .50-67 , jul./dez .2018.

TELLES T.S.; VIEIRA FILHO J.E.R.; RIGHETTO A.J.; RIBEIRO M.R... **Desenvolvimento da agricultura de baixo carbono no Brasil** Brasília : Ipea , 2021.

TORRES J.L.R.; ASSIS R.L.; LOSS A... Evolução entre os sistemas de produção agropecuária no Cerrado: convencional, Barreirão, Santa Fé e Integração Lavoura-Pecuária **Informe Agropecuário , Belo Horizonte** , v .39 , n .302 , p .7-17 , jan./fev .2018.

UAGRO. **Integração Lavoura-Pecuária em pequenas propriedades: o que o produtor precisa saber**: Recuperar a capacidade produtiva do solo e intensificar o uso da terra estão entre as vantagens de utilizar esse sistema. 2017. Disponível em: . Acesso em: 07 jun. 2023.

UNEP – United Nations Environment Programme. (Fevereiro 2011). *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*. Acesso 13 Junho 2023.

VARELLA, A. C. (2008). Escolha e manejo de plantas forrageiras para sistemas de integração floresta-pecuária no Sul do Brasil. **Seminários de Pecuária de Corte**, 5(1), 67-83.

VILELA, L. et al. **Integração Lavoura-Pecuária**. In: FALEIRO, F. G.; NETO; A. L. de F. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

PASTAGENS DEGRADADAS E EM DEGRADAÇÃO: MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO E RENOVAÇÃO DO PASTO

TALLYS HENRIQUE BONFIM-SILVA

JOYCE DA COSTA CRUZ

PRISCILA PINTO MOREIRA

NATHALIA CHAGAS DE BRITO GOMES

LUANA GLAUP ARAÚJO DOURADO

**LUANA APARECIDA MENEGAZ
MENEGHETTI**

EDNA MARIA BONFIM-SILVA

RESUMO: A degradação das pastagens no território brasileiro tem sido um obstáculo para o setor e iniciativas de recuperação dessas áreas encontram dificuldades no que diz respeito a implantação, o principal empecilho é a falta de informações atualizadas e detalhadas que são fundamentais para a política de recuperação e manejo das pastagens em degradação. Neste capítulo foi realizado uma revisão bibliográfica de artigos e textos científicos que envolvem estudos sobre pastagens degradadas e em degradação, além dos conceitos, identificação, métodos de recuperação e renovação do pasto. No cerrado brasileiro, soluções como estudos com detecção de processos de degradação em áreas de pastagens baseada em dados de sensoriamento remoto de resolução espacial moderada possibilita mapear a qualidade das pastagens em classes bem definidas, combinando a condição inicial e a perda ou ganho de

produtividade durante o período avaliado. Neste contexto, é fundamental entender os graus de degradação das pastagens, além do uso adequado do manejo para recuperação já que pastagens degradadas geralmente apresentam problemas no solo, como erosão, compactação, acidez e baixa fertilidade. Ademais, a recuperação e renovação de pastagens são práticas essenciais para melhorar a produtividade e a sustentabilidade das áreas de pastagem. **Palavras-chave:** Pastagem; Degradação; Métodos de recuperação.

1 INTRODUÇÃO

A pecuária no Brasil é uma das práticas mais relevantes no agronegócio nacional, sendo as atividades relativas à pecuária bovina de corte de maior destaque. Carvalho & Zen (2017), descrevem em seus estudos que o futuro do mercado de gado de corte é promissor devido a disponibilidade de terras e água no território brasileiro para produção de carne bovina.

O crescente desenvolvimento populacional promove o aumento no requerimento de alimento e dessa forma reflete no crescimento da produção de ruminantes por hectare, impactando no maior desgaste e degradação das áreas como as pastagens, principal fonte de alimento na produção dentro do setor pecuário.

O território brasileiro tem uma área total aproximada de 851 milhões de hectares (IBGE, 2023). No qual segundo Peixoto (2023), possui uma área total de pastagem de 159 milhões de hectares, onde 66 milhões estão em estado de degradação intermediária e 35 milhões em situação de degradação severa. Em resumo cerca de 63,52% da pastagem total do país está em algum estado de degradação.

O efeito da degradação das pastagens no território brasileiro tem sido um obstáculo para o setor e iniciativas de recuperação dessas áreas encontram dificuldades no que diz respeito a implantação, o principal empecilho é a falta de informações atualizadas e detalhadas que são fundamentais para a política de recuperação e manejo das pastagens em degradação (EMBRAPA, 2014).

No cerrado brasileiro, soluções como estudos com detecção de processos de degradação em áreas de pastagens baseada em dados de sensoriamento remoto de resolução espacial moderada possibilita mapear a qualidade das pastagens em classes bem definidas, combinando a condição inicial e a perda ou ganho de produtividade durante o período avaliado (OLIVEIRA-SANTOS et al., 2019).

Neste capítulo será apresentado uma revisão sobre pastagens degradadas e em degradação, além dos conceitos, identificação, métodos de recuperação e renovação do pasto.

2 DEGRADAÇÃO DAS PASTAGENS

No Brasil a pastagem contempla uma área com cerca de 159 milhões de hectares, sendo que destes hectares 66 milhões se encontram em estado de degradação intermediária e 35 milhões em degradação severa (MAPBIOMAS, 2023). A degradação do solo acontece em decorrência da perda de nutrientes e da estrutura e avança no decorrer do tempo, resultando na perda atual ou potencial da produtividade ou utilidade em resultado de fatores naturais ou antropogênicos.

Macedo & Zimmer (1993), define a degradação de pastagem como “um processo evolutivo da perda do vigor, de produtividade, da capacidade de recuperação natural das pastagens para sustentar os níveis de produção e a qualidade exigida pelos animais, bem como o de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e invasoras, culminando com a degradação avançada dos recursos naturais em razão de manejos inadequados”.

Segundo a Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação (UN, 1994), “desertificação significa a degradação da terra nas regiões áridas, semiáridas e sub úmidas secas, resultante de vários fatores, entre os quais as variações climáticas e as atividades humanas”, e a “Degradação da terra significa a redução ou perda, nas zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, da produtividade biológica ou econômica e da complexidade das áreas de sequeiro, regadio, ou pastagens, florestas e bosques em resultado do uso da terra ou de um processo ou combinação de processos, incluindo processos decorrentes de atividades humanas e padrões de habitação, tais como: Erosão do solo causada pelo vento e/ou água; Deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas ou econômicas do solo; e perda a longo prazo da vegetação natural”.

2.1 Principais degradações das pastagens

Conforme Dias-Filho (2017), na degradação de pastagem existem dois tipos extremos e principais, que são: “Degradação agrícola” e a “degradação biológica”.

Na degradação agrícola, a pastagem degradada é ocasionada pela infestação do percentual de plantas invasoras em solos descobertos (ausente de pastagem), ocasionando a diminuição de forragem na área de pastagem ou até mesmo tornando inviabilizável, devido a competição das plantas espontâneas no capim e nas leguminosas forrageiras, fazendo com que o gado tenha dificuldade de selecionar e consumir a forragem devido à presença excessiva de plantas espontâneas.

Na degradação biológica, pode ser classificada como a mais drástica das degradações de pastagens e é ocasionada a deterioração do solo, há um aumento do solo descoberto e pode ser verificada acompanhando a “capacidade suporte”, levando em consideração o número de animais suportado em uma determinada área sem afetar a produção e o desenvolvimento do pasto.

2.2 Caracterização de níveis de degradação de pastagens

Dias-Filho (2017), na cartilha Degradação de pastagens - como é e como evitar da Embrapa, classifica os quatros níveis de degradação de pastagens, como:

Nível I: Leve

Pastagem ainda produtiva, mas já com algumas áreas de solo descoberto ou plantas espontâneas. A rebrota do capim, após o pastejo é lenta. Capacidade de suporte cai cerca de 20% (em relação a pastagem não degradada) (Figura 1).

Figura 1. Pastagem com degradação leve.



Fonte. DIAS-FILHO (2017).

Nível II: Moderado

Aumento na infestação de plantas espontâneas ou no percentual de solo descoberto (em relação ao nível 1). Capacidade de suporte cai entre 30% a 50% (Figura 2).

Figura 2. Pastagem com degradação moderada.



Fonte. DIAS-FILHO (2017).

Nível III: Forte

Aumento excessivo na infestação de plantas espontâneas (degradação agrícola) ou no percentual de solo descoberto (em relação ao nível 2). Muito baixa proporção de forrageiras. Capacidade de suporte cai entre 60% e 80% (Figura 3).

Figura 3. Pastagem com degradação forte.



Fonte. DIAS-FILHO (2017).

Nível IV: Muito forte

Predominância de solo descoberto, com sinais evidentes de erosão (degradação biológica). Proporção de forrageiras muito baixa ou inexistente. Capacidade de suporte cai acima de 80% (Figura 4).

Figura 4. Pastagem com degradação muito forte.



Fonte. DIAS-FILHO (2017).

Nascimento et al. (2006), caracteriza a pastagem em: pastagem no nível de degradação moderado (pastagem 2- Baixo vigor, qualidade e baixa população Moderada), pastagem no nível de degradação forte (pastagem 3 - Baixo vigor, qualidade e baixa população, associado com a presença de invasoras e/ou cupins Forte) e pastagem no nível de degradação muito forte (pastagem 4 - Baixo vigor, qualidade e baixa população, associado com a presença de invasoras, cupins e solo descoberto, muito forte).

2.3 Recuperação e renovação de pastagens degradadas

A recuperação e renovação de pastagens são práticas essenciais para melhorar a produtividade e a sustentabilidade das áreas de pastagem. Segundo Carvalho et al. (2017) a degradação das pastagens é um grande problema para a pecuária brasileira, em que o uso dela se torna a forma mais econômica na alimentação de ruminantes. Existem várias estratégias e técnicas que podem ser adotadas para revitalizar as pastagens degradadas, promover o crescimento do capim e melhorar a qualidade do solo. Com isso, visam melhorar a qualidade e quantidade de forragem, aumentando a capacidade de suporte do sistema de produção e proporcionando melhores condições nutricionais para o gado refletindo no aumento da produtividade.

Pastagens degradadas geralmente apresentam problemas no solo, como erosão, compactação, acidez e baixa fertilidade. Uma prática adotada como estratégia é a reforma de pastagens que consiste em técnicas que envolvem a correção do solo, o controle de plantas invasoras e a melhoria da composição botânica da pastagem (DIAS-FILHO, 2011).

No entendimento do autor, isso pode incluir práticas como o controle de erosão, a calagem para ajustar o pH do solo, a adubação com nutrientes deficientes, a semeadura de espécies forrageiras mais produtivas e resistentes, entre outros. Isso resulta em um solo mais saudável e fértil, o que favorece o crescimento das plantas forrageiras (MULLER et al., 2001).

Outra prática utilizada é a integração lavoura-pecuária em que envolve a integração de culturas agrícolas com a pecuária em uma mesma área, promovendo a rotação de culturas e o aproveitamento mais eficiente dos recursos naturais (COBUCCI et al., 2007). A combinação de pastagens com culturas agrícolas pode contribuir para a melhoria da qualidade do solo e o aumento da produtividade (SILVA et al., 2018), com o manejo adequado do sistema.

O manejo rotacionado de pastagens consiste na divisão da área de pastagem em piquetes menores, nos quais o gado é movido regularmente (MENDES & MARTINS, 2022). Isso permite que as áreas utilizadas sejam descansadas, permitindo a recuperação da vegetação e evitando o superpastejo. O manejo rotacionado também ajuda a melhorar o controle de pragas e doenças e a distribuição de nutrientes.

Adubação e manejo de nutrientes para recuperação e restauração utiliza a aplicação estratégica de fertilizantes pode ser utilizada para corrigir deficiências nutricionais no solo e promover o crescimento saudável das plantas forrageiras (COSTA et al., 2009). O manejo adequado de nutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio, é fundamental para o desenvolvimento da pastagem. Outro ponto importante é o controle de plantas invasoras, onde o manejo eficiente de plantas espontâneas é crucial para a renovação das pastagens (MARTINS et al., 2022). O controle mecânico, químico ou biológico de plantas espontâneas pode ser realizado, dependendo das espécies presentes e das características da área (FONTOURA et al., 2007).

Estratégias que visam a recuperação de pastagens ajudam a minimizar esses impactos negativos, promovendo a conservação dos recursos naturais, como solo, água e biodiversidade. No qual, pastagens degradadas podem contribuir para a degradação ambiental, incluindo a perda de biodiversidade, a compactação do solo e a contaminação da água por meio do escoamento de nutrientes e agroquímicos (CARVALHO et al., 2017). Além disso, é possível reduzir os custos de produção, pois o gado terá acesso a uma alimentação de melhor qualidade no próprio pasto.

Para se ter elevadas produtividades exigem maiores investimentos em insumos, como suplementação alimentar e medicamentos para o gado, devido à baixa qualidade e disponibilidade de forragem, quando o pasto se encontra degradado (DIAS-FILHO, 2016). Desse modo, é necessário manejo adequado para que ocorra a renovação e recuperação dos pastos. Pastagens recuperadas e renovadas permitem uma melhor utilização dos recursos disponíveis, aumentando a produção de carne ou leite por área, reduzindo os custos e aumentando os lucros (DIAS-FILHO, 2011). Sendo assim, ocorre a melhoria da produtividade e da qualidade das pastagens o que resulta em maior rentabilidade para os produtores.

As pastagens podem ser degradadas de diferentes maneiras, resultando em diferentes graus de degradação. Segundo Borghi et al. (2018), a degradação de pastagens ocorre quando a qualidade e a produtividade do pasto diminuem ao longo do tempo, afetando negativamente o desempenho animal e a sustentabilidade do sistema de produção. Segundo

o mesmo autor, existem vários graus de degradação de pastagens, e eles podem variar dependendo da região, do manejo e das condições ambientais. No entanto, é comum identificar quatro principais graus de degradação: I, II, III e IV.

Pastagens degradadas têm baixa produtividade de forragem, o que resulta em menor disponibilidade de alimento para os animais. A recuperação e renovação das pastagens visam melhorar a qualidade e quantidade de forragem, aumentando a capacidade de suporte do sistema de produção e proporcionando melhores condições nutricionais para o gado (BENEDITO, 2022). Portanto, as estratégias de recuperação e renovação de pastagens desempenham um papel crucial na sustentabilidade e eficiência dos sistemas agropecuários, promovendo a produtividade, conservação dos recursos naturais e melhorando a rentabilidade para os produtores.

- **Recuperação da pastagem** envolve a restauração da sua capacidade de produção, mantendo-se a mesma espécie ou cultivar original;
- **Renovação de uma pastagem** implica no restabelecimento da produção por meio da introdução de uma nova espécie ou cultivar.

Segundo a Macedo et al. (2000), as estratégias de recuperação ou renovação de pastagens podem ser classificadas em duas formas distintas:

Forma Direta:

- Envolve a utilização exclusiva de práticas mecânicas, químicas e agronômicas;
- Não inclui o cultivo de pastagens anuais ou culturas anuais de grãos.

Forma Indireta:

- Inclui o uso intermediário de lavouras ou pastagens anuais;
- Incorpora a introdução de culturas anuais de grãos;
- Caracteriza-se pela combinação de práticas mecânicas, químicas e agronômicas com cultivos adicionais.

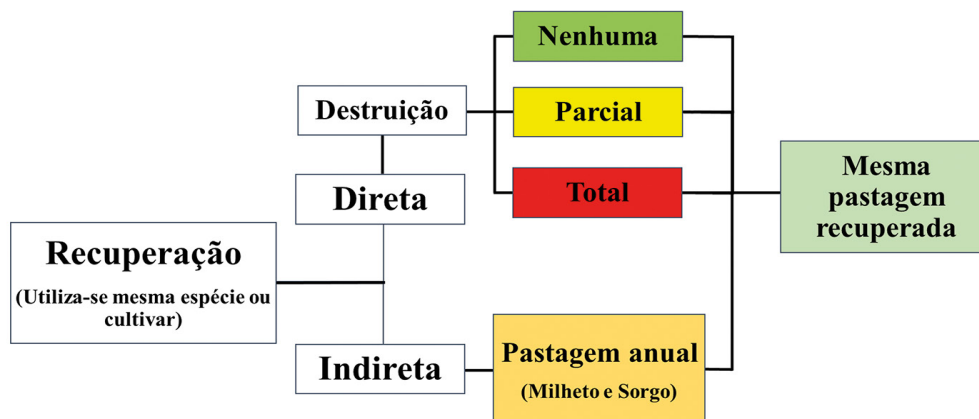
2.4 Recuperação Direta

A abordagem de recuperação direta de pastagens degradadas é aconselhada em cenários de risco reduzido para produtores, especialmente em regiões com clima e solo desfavoráveis para cultivos de grãos, e onde a infraestrutura e recursos são limitados. Essa prática se adapta a situações de pouca disponibilidade financeira, falta de infraestrutura de máquinas e estradas, e quando parcerias ou arrendamentos são difíceis (MACEDO et al., 2000).

A seleção do método de recuperação direta varia de acordo com o nível de degradação da pastagem, com intervenções mais intensas para casos avançados, acarretando custos

mais altos. Em geral, essa abordagem pode ser categorizada pela forma como a vegetação é tratada: sem destruição, com destruição parcial ou com destruição total da vegetação (Figura 5).

Figura 5. Esquema de recuperação de pastagens.



Fonte: Adaptado de (Macedo & Araújo, 2019; Cordeiro et al., 2022).

2.4.1 Recuperação direta sem destruição da vegetação

A recuperação direta sem destruição da vegetação, também conhecida como recuperação direta sem reforma, é uma abordagem que busca revitalizar áreas de pastagens degradadas sem a necessidade de remover totalmente a vegetação existente. Essa estratégia é especialmente útil quando a área possui remanescentes de plantas forrageiras desejáveis ou quando a remoção completa da vegetação seria impraticável ou custosa.

Nesse tipo de recuperação (degradação existente é de grau I até início do grau II), são adotadas medidas específicas para melhorar as condições de crescimento das espécies forrageiras existentes, promovendo sua regeneração e fortalecimento (BORGHI et al., 2018). Algumas técnicas comuns utilizadas na recuperação direta sem destruição da vegetação incluem: Manejo adequado do pasto, adubação e correção do solo, controle de invasoras e implementação de sistemas agrossilvipastoris (MOUZINHO et al., 2022).

Vale ressaltar que a recuperação direta sem destruição da vegetação requer um planejamento adequado, levando em consideração as características da área, as espécies forrageiras presentes e as necessidades do sistema produtivo.

2.4.2 Recuperação direta com destruição parcial da vegetação

A recuperação direta com destruição parcial da vegetação é uma estratégia que envolve a remoção seletiva de partes da vegetação degradada, com o objetivo de promover a regeneração das espécies forrageiras desejáveis e melhorar a produtividade da pastagem. Essa abordagem é adotada quando a vegetação degradada está excessivamente densa, onde as pastagens estão em estágios intermediários de degradação (Graus II e III), com espécies indesejáveis predominantes ou quando a remoção completa da vegetação não é viável (BORGHI et al., 2018).

Nesse método, a destruição parcial da vegetação é executada através de abordagens como a roçada seletiva ou corte seletivo. Esta técnica envolve a remoção criteriosa de partes específicas da vegetação, frequentemente utilizando equipamentos mecânicos, conforme mencionado em Oliveira et al. (2022). O propósito principal é eliminar as espécies indesejáveis, abrindo espaço e recursos para o crescimento das espécies forrageiras desejáveis.

Outra estratégia é a gradagem superficial, que utiliza ferramentas agrícolas como gradas ou escarificadores para revolver levemente o solo e romper a camada compactada da superfície, como discutido por Silva et al. (2004). Isso contribui para expor o banco de sementes do solo e estimular a germinação das espécies forrageiras desejáveis. Em um estudo realizado em Campo Grande, Santos et al. (2016), avaliaram a recuperação de pastagens de braquiária (*Brachiaria decumbens*). Eles constataram que a combinação de adubação fosfatada e estilosantes (*Stylosanthes spp. cv.*), associados à gradagem, resultou em uma recuperação mais rápida da pastagem.

Em resumo, essa abordagem visa aprimorar a vegetação degradada ao remover seletivamente partes indesejáveis e estimular o desenvolvimento das espécies forrageiras desejáveis. Isso é feito por meio de técnicas como a roçada seletiva e a gradagem superficial, as quais têm mostrado resultados promissores, conforme evidenciado por Santos et al. (2016) e Oliveira et al. (2022).

Segundo Carvalho et al. (2017), o fogo controlado pode ser aplicado também para promover a destruição parcial da vegetação. Essa técnica ajuda a eliminar a vegetação indesejável e estimular a regeneração das espécies forrageiras. No entanto, é importante respeitar as regulamentações e tomar precauções para evitar danos excessivos ao ecossistema.

2.4.3. Recuperação direta com destruição total da vegetação

A recuperação direta com destruição total da vegetação, também conhecida como reforma de pastagens, é uma estratégia que envolve a remoção completa da vegetação degradada e sua substituição por novas espécies forrageiras. Segundo Borghi et al. (2018) é indicada quando a pastagem está no estágio mais avançado de degradação (Grau IV). Essa abordagem é utilizada quando a pastagem está severamente degradada, com a presença de espécies indesejáveis, baixa produtividade e/ou baixa qualidade da forragem.

Nesse processo, a destruição total da vegetação pode ser realizada por meio de técnicas como a aração e gradagem profunda que faz uso de implementos agrícolas, como arados e gradas pesadas (SANTOS et al., 2016), para remover completamente a vegetação e promover a incorporação da matéria orgânica no solo. Esse processo ajuda a eliminar as espécies indesejáveis e preparar o solo para o estabelecimento das novas espécies forrageiras.

O uso de herbicidas seletivos também pode ser aplicado para eliminar a vegetação indesejável, permitindo a implantação das novas espécies forrageiras (OLIVERIA & WENDLING, 2013). É importante seguir as recomendações de aplicação dos herbicidas e considerar os aspectos ambientais e de segurança. Outra prática é o preparo do solo

e plantio direto, onde em algumas situações, é possível realizar um preparo mínimo do solo, utilizando técnicas como o plantio direto (RIBEIRO & ANDRADE, 2017). Nesse caso, a vegetação degradada é dessecada e, posteriormente, semeiam-se as novas espécies forrageiras diretamente sobre o solo. Isso ajuda a evitar a erosão e a preservar a estrutura do solo.

A preparação do solo é utilizada na recuperação indireta uma vez que o processo degradante é mais extenso. Isto permite restaurar a pastagem de forma integrada com uma componente floral e/ou agrícola através da preparação e adubação prévia do solo.

Apesar de ser uma prática que normalmente apresenta custo cinco vezes mais elevado que a recuperação direta, tem-se a possibilidade de recuperação do capital a curto prazo pois neste processo à interrupção no uso da pastagem durante um período prolongado se tornando uma prática que é usada com mais frequência para o pecuarista (DIAS-FILHO, 2017).

2.5 Recuperação indireta com destruição total da vegetação e uso de pastagem anual ou agricultura

Segundo Macedo et al. (2000), o critério de aplicação do sistema é o mesmo das condições de pastagem anteriores, porém nesse método para recuperar pastagens degradadas, uma cultura anual é introduzida como parte do processo. Isso pode ser feito ao mesmo tempo que a replantação da espécie forrageira, fortalecendo o banco de sementes do solo. Alternativamente, o uso da agricultura pode ser dividido em sistema de consórcio com culturas anuais, tais como o arroz, milho, sorgo e outras culturas similares ou em plantio de culturas anuais solteiras (KICHEL et al., 1999).

Após o ciclo dessas culturas, a pastagem pode ser reintroduzida, proporcionando vantagens como melhoria da fertilidade do solo, amortização de custos através de vendas temporárias de grãos ou pastejo, quebra de ciclos indesejados e diversificação da produção. No entanto, vale ressaltar que essa abordagem demanda maiores investimentos financeiros, infraestrutura e conhecimento técnico por parte do produtor.

Principais características da área para implantação do método:

- Produtividade baixa de forragem;
- Solo sem cobertura vegetal;
- Plantas invasoras;
- Presença de pragas como cupins e formigas no pasto;
- Solo com a química e física alterada;
- Compactação e ou erosão do solo;
- O produtor deseja manter a mesma espécie ou cultivar.

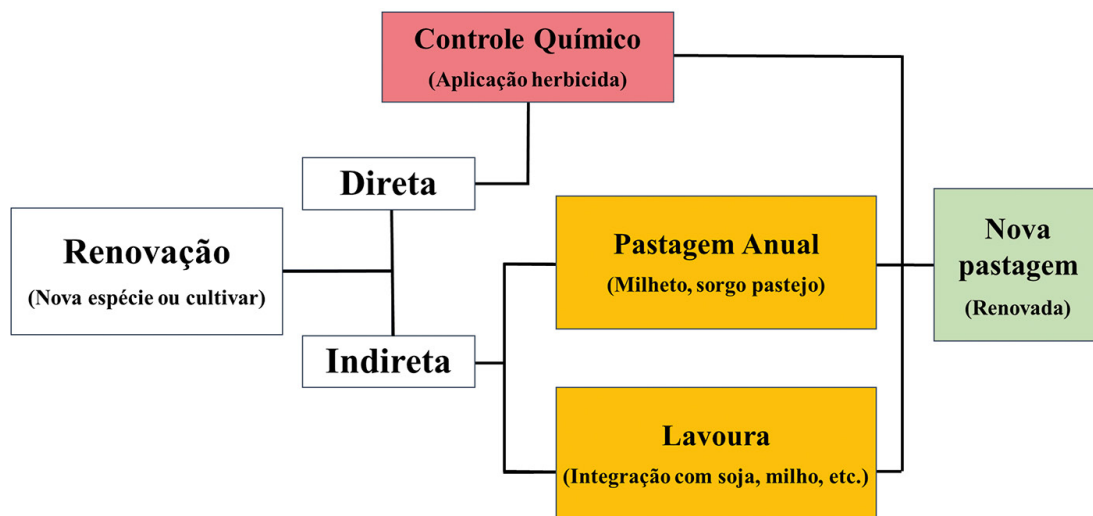
2.6 Renovação Direta

Esse é um método que deve ser realizado em situações em que o grau de degradação é considerável, tornando inviável a recuperação, como nas áreas com degradação agrícola

mais intensa ou com degradação biológica (WADT et al., 2003). Baseia-se principalmente no uso de processos mecânicos e químicos, como o uso de produtos herbicidas, para controlar a planta que se deseja eliminar. Um exemplo comum é substituir plantas do gênero *Brachiaria* por variedades de *Panicum*, que são amplamente desejadas. No entanto, essa troca nem sempre funciona bem devido à grande quantidade de sementes do primeiro tipo de planta presentes no solo (MACEDO et al., 2000). O uso repetido de herbicidas e processos mecânicos pode tornar o processo muito caro.

Essa abordagem busca trocar uma planta (pastagem) por outra, usando métodos químicos e mecânicos (Figura 6), mas seu sucesso pode variar dependendo das plantas envolvidas e das condições do solo.

Figura 6. Esquema de renovação de pastagens.



Fonte: Adaptado de (Macedo & Araújo, 2019; Cordeiro et al., 2022).

2.7 Renovação Indireta com uso de pastagem anual ou agricultura

Neste sistema, o estágio de degradação encontra-se bem avançado tendo as seguintes características:

- Produtividade baixa de forragem;
- Solo sem cobertura vegetal;
- Plantas invasoras em grande quantidade;
- Presença de pragas (cupins e formigas no pasto);
- Solo com a química e física alterada;
- Compactação e ou erosão do solo e,
- O produtor deseja a troca de espécie ou cultivar.

O custo para essa prática é elevado e é necessário conhecimento tecnológico, maquinários adequados para a prática e elevada mão de obra. Pode ser implementado através da alternância entre pastagens anuais, como milheto, aveia e sorgo, e culturas anuais como soja, milho e arroz durante a estação de verão, seguido por pastagens anuais durante o outono/inverno. O período de rotação pode ser ajustado com base nas condições econômicas locais e nas preferências do agricultor. Após ciclos sucessivos de cultivo de pastagens e

lavouras, com a devida gestão da forrageira a ser substituída, é possível implantar a nova espécie ou variedade (MACEDO et al., 2000).

3 TECNOLOGIA APLICADA À RECUPERAÇÃO E RENOVAÇÃO DE PASTAGENS

3.1 Integração lavoura e pecuária

O sistema integração lavoura e pecuária é recomendado quando a pastagem original atinge um estágio de degradação onde aplicação de outras técnicas torna-se economicamente inviável para sua recuperação. Em situações assim, a percentagem da gramínea é inferior a 25% e a ocorrência de plantas invasoras é maior que 60%, juntamente com a grande quantidade de áreas descobertas, ausência de banco de sementes e sinais bem definidos de processos erosivos (TOWNSEND et al., 2012).

Neste sistema, podemos defini-lo como uma tecnologia associada à recuperação e renovação de pastagens sendo utilizada na forma intermediária a lavoura e pastagens anuais mostrando ser eficiente na melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, quebra de ciclo de pragas e doenças, controle de invasoras, aproveitamento de subprodutos, pastejo de outono em pastagens anuais, melhorando e mantendo a produção animal e de grãos, com fluxo de caixa mais frequente ao produtor, criando novos empregos, e melhor sustentabilidade da produção agropecuária (MACEDO, 2000).

3.2 Plantio direto de pastagem anual ou lavouras na recuperação e renovação do pasto

Nesta prática, recomenda-se realizar em manutenção da produção de pastagens em perda de vigor ou queda de produtividade ou em estágio inicial de degradação.

4 COMO EVITAR DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS

Um conjunto de medidas precisam ser adotadas com manejo adequado acompanhadas a um conjunto de medidas. Primeiramente, deve-se sempre observar os primeiros sinais de degradação, diminuição da massa verde do pasto, início de erosões e perda de peso do gado.

É necessário a definição da forrageira adequada ao tipo de solo, uso de solos inapropriados do ponto de vista da sua aptidão agrícola, ter sempre sementes de boa qualidade com manejo ideal para área, não menos importante ter um bom sistema de irrigação para contribuir com a qualidade da forrageira com maior valor nutricional e ajuda a evitar a salinização do solo, o que o torna improdutivo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A recuperação, renovação de pastagens com o uso de práticas de manejo são essenciais para melhorar a produtividade e a sustentabilidade das áreas degradadas, tais como: Recuperação direta, sem destruição da vegetação, com destruição parcial da

vegetação, com destruição total da vegetação, Recuperação Indireta, com destruição total da vegetação e uso de pastagem anual ou agricultura, Renovação Direta, indireta com uso de pastagem anual ou agricultura, Sistemas de integração lavoura – pecuária e Plantio direto de pastagem anual ou lavouras na recuperação e renovação de pastagens.

Além disso é de suma importância realizar a manutenção e traçar a melhor estratégia em relação ao tipo e nível de degradação do pasto, a identificação precoce ajuda no melhor manejo do pasto e escolha da forrageira mais adequada, tornando as práticas economicamente viáveis em relação ao benefício.

REFERÊNCIAS

- BENEDITO ALVES, R. . Recuperação de pastagem degradadas através da utilização de biofóssido e Moringa oleifera: Revisão. **Pubvet**, [S. l.], v. 16, n. 02, 2022. DOI:10.31533/pubvet.v16n02a1031.1-17. Disponível em: <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/121>. Acesso em: 31 ago. 2023.
- BORGHI, E.; GONTIJO NETO, M. M.; RESENDE, R. M. S.; ZIMMER, A. H.; ALMEIDA, R. G. de.; MACEDO, M. C. M. Recuperação de pastagens degradadas. Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação. Embrapa, v. 4, p. 105-138, 2018.
- CARVALHO, T.B; ZEN, S. A cadeia pecuária de corte no brasil: evolução e tendências. **Revista iPecege**, p. 85-99, 2017. DOI: 10.22167/r.ipecege.2017.1.85.
- CARVALHO, W.T.V.; MINIGHIN, D.C.; GONÇALVES, L.C.; VILLANOVA, D.F.Q.; MAURICIO, R.M.; PEREIRA, R.V.G.. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. **Pubvet**, v. 11, p. 0947-1073, 2017.
- COBUCCI, T. et al. Opções de Integração Lavoura-Pecuária e alguns de seus aspectos econômicos. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 240, p. 64-79, 2007.
- CORDEIRO, L.A.M; VIELA, L; MACEDO, M.C.M; ZIMMER, A.H; RAMOS, A.K.B; BRAGA, G.J; ALCÂNTARA MACIEL, G; MARCHÃO, R.L; ALMEIDA, R.G; KICHEL, A.N. **Estratégias para recuperação e renovação de pastagens degradadas no Cerrado** – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2022.
- COSTA, A. M.; BORGES, E. N.; SILVA, A. A.; NOLLA, A.; GUIMARÃES, E. C. Potencial de recuperação física de um Latossolo Vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 1991-1998, 2009.
- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação das pastagens: o que é como evitar**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 19 p.
- DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. Belém-PA: Edição do autor, 2011. 190 p.
- DIAS-FILHO, M.B. **Manejo da pastagem para uma pecuária empresarial. Anais do II Simpósio de pecuária integrada**, Recuperação de pastagens. Cuiabá, MT: Uniselva. p. 36-53, 2016.
- EMBRAPA. Notícias: **Embrapa mapeia degradação das pastagens do Cerrado, Parque Estação Biológica** - PqEB, s/nº, Brasília, DF, 2014. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2361250/embrapa-mapeia-degradacao-das-pastagens-do-cerrado> >. Acesso em: 10 jun. 2023.

FONTOURA, J. A. S.; CARVAHO, P.C.F.; NABINGER, C.; SILVA, J. L. S. S.; PINTO, C. E.; CRANCIO, L. A. Produção animal em pastagem nativa submetida ao controle de plantas indesejáveis e a intensidades de pastejo. **Ciência Rural**, v. 37, n. 1, p. 247-252, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000100040>.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Áreas Territoriais**, 2023. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=acesso-ao-produto&c=11> >. Acesso em: 10 jun. 2023.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B.; ZIMMER, A. H. **Degradação de pastagens e produção de bovinos de corte com a integração agricultura x pecuária**. In: 10 SIMPOSIO DEPRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1., 1999, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV, 1999. p.201-234.

MACEDO M. C. M. **Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens**. Embrapa, 2000.

MACEDO, M. C. M; ARAUJO, A.R. de. **Sistemas de produção em integração: alternativa para recuperação de pastagens degradadas**. Embrapa, p.1-23, 2019.

MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H. Sistemas pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: FAVORETTO, V.; RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A. (Eds.) Simpósio Sobre Ecossistemas das Pastagens, 2, 1993. Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: FUNEP: UNESP, 1993, p.216-245.

MAPBIOMAS. **Pastagens Brasileiras**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/pastagens-brasileiras-ocupam-area-equivalente-a-todo-o-estado-do-amazonas>. Acesso em: 15 de maio de 2023.

MARTINS, D.; MARCHI, S.R.; MARQUES, R.F. Biologia e manejo de plantas daninhas em pastagens no Brasil. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 43, n. 1, p. 459–482, 2022.

MENDES, L. R.; MARTINS, A. D. Manejo de pastagem rotacionado na pecuária de corte com ênfase no bem-estar do animal: revisão de literatura. **Facit Business and Technology Journal**, v. 1, n. 37, 2022.

MOUZINHO, J. S.; GIOCONDO, J. F. S.; AGUIAR, T. S. N. S. Recuperação de pastagens degradadas na amazônia no sistema agrosilvilpastoril. Revista Ibero-Americana De Humanidades, **Ciências E Educação**, v. 8, n. 10, p. 4698–4710, 2022. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v8i10.7779>.

MULLER, Marcelo Marques Lopes et al. **Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 36, p. 1409-1418, 2001.

NASCIMENTO, M. C.; RIVA, R. D. D.; CHAGAS, C. S.; OLIVEIRA, H.; DIAS, L. E.; FERNANDES FILHO, E. I.; SOARES, V. P. Uso de imagens do sensor ASTER na identificação de níveis de degradação em pastagens. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.196-202, 2006.

OLIVEIRA, M. F.; WENDLING, I. J. **Uso e manejo de herbicidas em pastagens**. 2. ed. Embrapa, 2013.

OLIVEIRA, P. P. A.; GODOY, R.; OLIVEIRA, B. A.; PEDROSO, A. de F.; BONANI, W. L.; RODRIGUES, P. H. M.; LELIS, A. L. J. **Avaliação de diferentes materiais genéticos de feijão-gandu em consórcio com capim-marandu na recuperação de pastagens degradadas**. 21. ed. Embrapa, 2022.

OLIVEIRA-SANTOS, C.; PARENTE, L.L.; FERREIRA, L.G. **Deteção de processo de degradação em áreas de pastagens no bioma cerrado: uma análise baseada em dados de sensoriamento remoto de resolução espacial moderada**. Santos - SP, 2019. Disponível em: < <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2019/08.30.11.10/doc/97160.pdf> >. Acesso em: 10 jun. 2023.

PEIXOTO, R. S. **Recuperação de pastagens degradadas, aproveitamento de palhadas e subprodutos agroindustriais na alimentação de bovinos de corte**. p.34, Goiânia, GO, 2023.

RIBEIRO, M. J.; ANDRADE, C. M. S. **Plantio direto de pasto: alternativa para renovação de pastagens na Amazônia Ocidental**. Tópicos em Biotecnologia e Biodiversidade: Pesquisas e Inovação na Amazônia Sul Ocidental, 2017.

SANTOS, D. C.; GUIMARÃES JR, R.; VILELA, L.; PULROLNIK, K. Forage dry mass accumulation and structural characteristics of Piatã grass in silvopastoral systems in the Brazilian savannah. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 233, p. 16-24, 2016.

SILVA, A.; SANTOS, F.L.S.; BARRETTO, V.C.M.; FREITAS, R.J.; KLUTHCOUSKI, J. Recuperação de pastagem degradada pelo consórcio de milho, *Urochloa brizantha* cv. marandu e guandu. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 2, p. 39-47, 2018.

SILVA, M. C.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JR, J. C. B.; LIRA, M. A.; SANTANA, D. F. Y., FARIAS, I.; SANTOS, V. F. Avaliação de métodos para recuperação de pastagens de braquiária no agreste de Pernambuco: 1. Aspectos quantitativos. **Revista Brasileira De Zootecnia**, 33(6), 1999–2006, 2004. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000800011>

TOWNSEND, C.R; COSTA, N.L; PEREIRA, R.G.A. **Recuperação e práticas sustentáveis de manejo de pastagens na Amazônia**, Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2012.

UN. 1994. **United Nations Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification**, Particularly in Africa. A/AC.241/27 (12 September 1994). General Assembly. United Nations. (Consulta em 12/01/2013) <http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/conventionText/conveng.pdf>.

WADT, P. G. S; PEREIRA, J. E. S; GONÇALVES, C; SOUZA, C. B. C; ALVES, L. S. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Rio Branco - AC: Embrapa, 2003. 29 p. il. (Embrapa Acre. Documentos, 90).

ADUBAÇÃO E NUTRIÇÃO DE PALMA FORRAGEIRA

CAROLINE FRANÇA COVATTI

JARLIANE NASCIMENTO SOUSA

JULIANA MARIA SILVA DE SOUZA

LUANA GLAUP ARAÚJO DOURADO

**LUANA APARECIDA MENEGAZ
MENEHETTI**

EDNA MARIA BONFIM-SILVA

plantios com maior densidade de plantas, entretanto exige maior incremento de nutrientes no solo, com adoção de práticas de adubação e nutrição das plantas. O objetivo deste capítulo é abordar sobre o manejo da adubação e nutrição de palma forrageira.

Palavras-chave: *Opuntia ficus indica* (L.) Mill.; Manejo de palma forrageira; Fertilidade do solo.

RESUMO: A palma forrageira está se destacando nos últimos anos em regiões de clima seco ou de baixa pluviosidade, por se adaptar a longos períodos de estiagem e sua alta eficiência no uso da água, devido principalmente ao fato de possuir metabolismo ácido das crassuláceas (MAC). Está difundida por diversas áreas devido a seu potencial para a indústria alimentícia, de medicamentos e cosméticos, além do potencial para nutrição animal. Como outras culturas, sua produtividade varia de acordo com as características da planta e condições climáticas, além das condições de implantação, manejo no solo e controle de pragas. Pode ser cultivada em consórcio com outras culturas agrícolas variando o adensamento do plantio, e pesquisas têm demonstrado maiores produtividades em

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui um rebanho bovino de aproximadamente 187,55 milhões de cabeças, sendo o país com o maior rebanho bovino, além de ser o segundo maior produtor e o maior exportador de carne bovina (ABIEC, 2022). Contudo, por cerca de 80% do território nacional estar em zona tropical, ocorre variação da precipitação pluviométrica ao longo do ano, com isso, a produção forrageira sofre alteração causada pelo déficit hídrico, afetando a produção animal.

As chuvas estão distribuídas entre os meses de outubro a março, onde há de 75 a 85% da produção de matéria seca (MS) nesta época do ano (SOUZA et al., 2003). Além disso há também regiões áridas e semiáridas no país, que representa, 48% da área da região Nordeste e 10% do território

nacional, onde as mesmas passam por períodos de estiagem longos levando ao mesmo fator de estacionalidade da produção forrageira (SILVA et al., 2014). Isso acarreta a diminuição do crescimento, do valor nutritivo e menor oferta de forragem no período de estiagem, gerando déficit forrageiro, levando a danos econômicos e sociais no Brasil e sobretudo nestas regiões, tornando necessário a adoção de manejos para manter a produção animal constante ao longo do ano.

Em busca de amenizar este desafio na produção animal, tem se aumentado o número de pesquisas visando aumentar a possibilidade de utilização de forrageiras alternativas nestas condições, onde os materiais são capazes de atender a demanda nutricional dos animais e ainda serem adaptados a região suportando períodos críticos de estiagens prolongadas (BISPO et al., 2007). A implementação destas forrageiras aumenta a capacidade de sucesso e possibilidade de produção animal nas regiões áridas e semiáridas, uma vez que possuem potencial de produção e suportam as condições edafoclimáticas como o déficit hídrico (CÂNDIDO et al., 2013).

A palma forrageira (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill.) é uma das alternativas que vem sendo amplamente utilizada nos últimos anos. É uma cactácea exótica originária do México (HOFFMANN, 1995) e se espalhou para todos os continentes, possui diferentes finalidades de uso, onde a principal é na alimentação animal, destacando-se pelo fato de ter características morfofisiológicas adaptadas a longas estiagens (SANTOS et al., 1997). Além disso, possui alta aceitabilidade pelos animais, supre parte da necessidade hídrica animal, baixo custo de produção e alta eficiência no uso da água (SANTOS et al., 2011; MACEDO et al., 2017).

Apesar de sua adaptação, a produtividade da palma sofre influência de diversos fatores como a fertilidade, tratos culturais, qualidade das mudas, índice pluviométrico, além da incidência e controle de pragas e doenças (SANTOS et al., 2008). Podendo apresentar variabilidade de produção de massa verde a partir da cultivar utilizada, tendo produtividades que variam de 379,83, 392,83 e 480,17 toneladas de massa verde ha⁻¹ no ciclo de 2 anos para as cultivares Gigante, Redonda e Miúda respectivamente (CAVALCANTE et al., 2014).

Esta forrageira é rica em carboidratos não-fibrosos e baixa concentração de compostos da parede celular (WANDERLEY et al., 2002). No entanto, apresenta baixo teor de MS e de PB, variando de 10 a 13% e de 4,2 a 6,2%, respectivamente, o que leva a necessidade de utilização de suplementos alimentares para atender aos requisitos nutricionais dos animais (LEITE et al., 2018).

Neste capítulo será abordado sobre o manejo da adubação e nutrição da palma forrageira, bem como estes fatores afetam sua produção.

2 PALMA FORRAGEIRA

O nome “palma forrageira” é empregado no Brasil para se referir tanto às espécies de *Opuntia ficus indica* e *Nopalea cochenillifera*, que são espécies nativas do México, que foram introduzidas no Brasil com o intuito de produzir o corante natural carmim da cochonilha. Sua utilização como opção de planta forrageira a ser fornecida aos animais na região nordeste do país ocorreu posteriormente, sendo amplamente cultivada, difundindo-se como cultura

economicamente relevante (SIMÕES et al., 2005). A palma forrageira é utilizada pelo homem no México desde o período pré-hispânico, assumindo papel importante na economia agrícola do Império Asteca, juntamente com o milho e a agave, onde as últimas são consideradas como sendo as espécies vegetais mais antigas cultivadas no território. No país, mesmo antes da colonização espanhola, era comum o uso da fruta da palma na alimentação humana, já após a conquista, o consumo se espalhou para o Sul da Itália e na Sicília (NUNES, 2011b).

A palma forrageira apesar de ser nativa do México, está bem adaptada ao Brasil e à maioria das regiões semiáridas do mundo graças às suas características morfológicas, fisiológicas, anatômicas e bioquímicas resultantes da adaptação às condições climáticas. No Nordeste brasileiro são cultivadas em mais de 500 mil hectares, predominantemente as espécies dos gêneros *Opuntia*, com as variedades Redonda e Gigante, e *Nopalea*, com a variedade palma miúda ou doce (SILVA et al., 2010). As plantas de ambos os gêneros, *Opuntia* e *Nopalea*, pertencem à família das Cactaceae, sendo então suculentas, as folhas apresentam-se reduzidas em forma de pequenos apêndices, não têm caule, mas um pseudocaule em forma de raquetes, que varia em forma e quando saudável, é sempre de cor verde (SCHULTZ, 1943).

A variedade de palma sem espinhos foi introduzida no Brasil em meados de 1880, no estado de Pernambuco, por meio de sementes vindas do Texas - EUA (SILVA & SANTOS, 2007). Primeiramente, a possibilidade de uso da palma como recurso forrageiro na região Nordeste brasileiro não foi reconhecida, só vindo a ocorrer em 1902 em Pernambuco e Alagoas (LIRA et al., 2006). Nas últimas décadas houve o aumento e desenvolvimento de tecnologias voltadas para aumentar e melhorar a produção de forrageiras que possuem adaptação a condições de regiões que passam déficit hídrico, condições em que a palma forrageira possui alta adaptação (CAVALCANTI et al., 2008).

Atualmente, a palma é cultivada nas zonas áridas e semiáridas do mundo inteiro, pois pode ser utilizada em diversos sistemas, proporcionando altos rendimentos e baixa demanda de energia. Está sendo cultivada em todos os continentes, no nordeste brasileiro, a maior área de cultivo da palma forrageira se concentra no agreste e sertão dos estados de Alagoas e Pernambuco (NUNES, 2011b). Possuindo muitas finalidades, desde alimentação humana e de ruminantes, na indústria pode ser utilizada para produzir cosméticos, corantes e medicamentos, sendo também uma opção na recuperação de solo, cercas vivas, produção de biogás, é a planta mais explorada nas zonas áridas e semiáridas do mundo (LEITE, 2006).

O Nordeste brasileiro é a região de maior cultivo de palma forrageira no mundo, onde a escolha da cultivar a ser plantada é determinada pelas condições edafoclimáticas dos locais de cultivo, em que as cultivares com maior utilização são a Gigante (*Opuntia ficus indica* Mill), a Redonda (*Opuntia* sp.), Orelha de elefante (*Opuntia* sp.) e Doce ou Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck), na qual a última é implantada em larga escala no estado de Alagoas, já nos estados de Pernambuco, Paraíba e em algumas regiões do Ceará e Rio Grande do Norte predominam as cultivares de *Opuntia ficus indica* (FARIAS et al., 2005; LOPES et al., 2007; SANTOS et al., 2011).

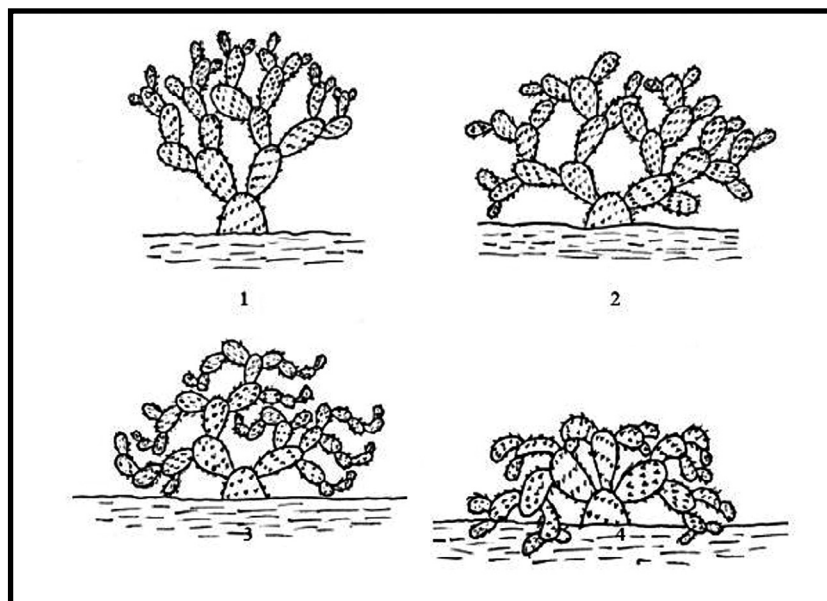
3 CARACTERÍSTICAS DA PALMA FORRAGEIRA

A palma inclui plantas de diversas espécies dos subgêneros *Opuntia* e *Nopalea*, pertencente à Divisão: Embryophyta; Classe: Dicotyledoneae; Subclasse: Archiclamideae; Ordem: Opuntiales; Família: Cactaceae; Tribu: Opuntiae; Subfamília: Opuntioideae; Gênero: *Opuntia*; Subgênero: *Opuntia* e *Nopalea* (Nunes, 2011a). Foram descritas mais de 300 espécies de cactáceas pertencentes ao gênero *Opuntia* em todo mundo, distribuídas desde o Canadá (latitude 59°) até a Argentina (latitude 52°) (OLIVEIRA et al., 2010).

Segundo Hills 2001, as Cactaceae podem ser caracterizadas por aréolas com pelos e espinhos, caule suculento com casca verde e ausência de lâminas foliares. Os órgãos semelhantes a caules, os cladódios, são suculentos e tipicamente de forma oblonga a espatulada, com 30 a 40 cm de comprimento, às vezes maiores (70-80 cm) e 18 a 25 cm de largura. O cladódio é constituído por: pele, casca, um anel de tecido vascular separado por tecido parenquimatoso, principalmente tecido suculento. A pele consiste em uma camada de células epidérmicas e 6 a 7 camadas de células hipodérmicas com paredes primárias espessas. Estes atuam como a primeira linha de defesa contra fungos, bactérias e danos causados por pequenos organismos (HILLS, 2001). Outra característica importante é a camada de cera que cobre os 5 tecidos, um polímero complexo se encontra fora da cutícula, que é a junção de ácidos graxos de cadeia longa, alcanos e álcoois alifáticos na presença de oxigênio. Aliado a cutina, protegem as plantas do ataque de fungos, bactérias e insetos e também auxiliam contra a perda excessiva de água (APEZZATO & GUERREIRO, 2006).

Em relação ao tamanho da planta e seu crescimento ela pode ser vertical (1), alongada (2), inclinada (3) ou pendente (4) conforme demonstra a Figura 1.

Figura 1. Morfologia da planta relativa ao porte: 1- ereto; 2- estendido; 3- inclinado; 4- pendente.



Fonte. Hills, 2001.

O sistema radicular é formado de raízes carnosas e superficiais, distribuídas de forma horizontal, podem ser de quatro tipos: as estruturais, os absorventes, em esporão e as desenvolvidas de aréolas. As raízes absorventes alcançam uma profundidade máxima de

30 cm e uma dispersão de 4 a 8 cm, sendo as mais importantes para absorção de água e nutrientes pela planta (HILLS, 2001). As cactáceas possuem mecanismos morfofisiológicos relacionados às raízes que propiciam a tolerância a longos períodos de estresse hídrico. Durante períodos de estresse, a planta paralisa o desenvolvimento do sistema radicular, como mecanismo de sobrevivência e reserva de carboidratos. Quando ocorre o restabelecimento de água ao solo, o sistema radicular passa a utilizar os carboidratos de reserva para o desenvolvimento radicular, permitindo a recuperação do fluxo de nutrientes, resultando no crescimento acelerado deste sistema (DUBEUX et al., 2010).

A palma forrageira apresenta mecanismo fotossintético denominado metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), que lhes confere melhor uso da água e resistência a estiagens. Essas plantas possuem as duas enzimas aceptoras do CO₂, a Rubisco durante o dia e a PEPcase durante a noite. Os estômatos são abertos durante a noite, onde é realizada a captação e fixação do CO₂, ocorrendo acúmulo de ácido málico no vacúolo, fenômeno conhecido como acidificação da folha. Durante o dia os estômatos estão fechados e não ocorrem trocas gasosas, nessa fase há a descarboxilação do malato e refixação do carbono interno, ocorrendo então a desacidificação. Sendo importante lembrar que as reações durante o dia ocorrem nos cloroplastos e a noite no citoplasma (FERREIRA et al., 2009).

Dentre as espécies de palma, as que possuem maior destaque são:

Palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill)

Também chamada de graúda, santa ou azeda, é bem desenvolvida com caule menos ramificado, conferindo-lhe um aspecto mais ereto e um crescimento vertical ligeiramente frondoso (SILVA & SANTOS, 2007). É caracterizada pelo tamanho da árvore com uma altura de 3 a 5 m, uma copa ampla e nua e uma largura de tronco de 60 a 150 cm (SCHEINVAR, 2001). A raquete pesa aproximadamente 1 kg, comprimento até 50 cm, oval ou oval, verde fosco. As flores são hermafroditas, possuem um tamanho médio e coloração amarelo brilhante, onde a corola se abre na inflorescência. A fruta é uma baga grande, ovóide e a coloração inicial é amarela, porém quando amadurece fica roxa. São consideradas as mais produtivas e tolerantes das regiões áridas, mas são menos palatáveis, menos nutritivas e suscetíveis à cochonilha do carmim (VASCONCELOS et al., 2009).

Palma redonda (*Opuntia* sp.)

A palma redonda possui porte médio e é descendente da gigante, com caules laterais muito ramificados, afetando o crescimento vertical. A raquete pode pesar em torno de 1,8 kg e aproximadamente 40 cm de comprimento e tem formato redondo e oval. Produz maiores rendimentos de material mais macio e palatável que os cactos gigantes (SILVA & SANTOS, 2007). No entanto, não é resistente à cochonilha do carmim (VASCONCELOS et al., 2009). Seu crescimento lateral dificulta a consorciação com culturas anuais, por isso, é uma variedade utilizada em menor escala nos palmiais (ROCHA, 2012).

Palma doce (*Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck)

Também chamada de miúda, é pequena com caule ramificado. Sua raquete possui peso aproximado de 350 g e comprimento médio de 25 cm, o formato é oval pontiagudo em que o topo é mais largo que a base, e uma cor verde escuro brilhante. As flores possuem coloração avermelhada e a corola fica meio fechada durante o ciclo reprodutivo. O fruto é do tipo baga com coloração roxa, além disso é mais nutritivo e menos tolerante à seca do que as outras espécies supracitadas. Possui maior exigência de fertilidade do solo e mais sensível à cochonilha de escama (SILVA & SANTOS, 2007), no entanto, é resistente à carmim (NEVES et al., 2010; VASCONCELOS et al., 2009).

Palma elefante (*Opuntia* sp)

É uma espécie importada do México e África e tem com isso é tolerante à cochonilha do carmim (VASCONCELOS et al., 2009). A planta possui menor exigência de fertilidade do solo, mas apresenta muitos espinhos que podem afetar o manejo e a aceitabilidade pelos animais (CAVALCANTI et al., 2008). Para maior facilidade de manuseio e consumo pelos animais, pode ser queimada após o corte para retirada dos espinhos (ROCHA, 2012).

4 UTILIZAÇÃO DA PALMA FORRAGEIRA

A palma forrageira possui diversas finalidades de utilização, indo desde seu uso na alimentação humana, como medicamentos, para obtenção de corantes, produção de biogás e decosméticos, antitranspirante, e principalmente, na alimentação animal, podendo ser incluída a palhadas e subprodutos industriais para fornecimento a ruminantes podendo compor até 80% da dieta dos animais, sobretudo no período de estiagem (SOARES II E SILVA JÚNIOR, 2012). Na alimentação humana são utilizados os frutos e os brotos de plantas jovens, podendo ser consumidos de forma in natura ou passar por processamento (REINOLDS E ARIAS, 2001). Na América Latina há o maior consumo das raquetes frescas ou processadas, enquanto na Europa e América do Norte há o maior consumo dos frutos (FEUGANG et al., 2006), já no Brasil o consumo ainda não é comum, mas estão sendo desenvolvidas receitas para incentivar o consumo desta planta (GUEDES, 2004).

Já sua utilização como medicamento ocorre principalmente na medicina mexicana, atribuindo a cura de doenças (SÁENZ HERNÁNDEZ, 2001). As propriedades medicinais do fruto estão ligadas, por exemplo, aos efeitos antidiabéticos, anti-inflamatório, anti diarreico, diurético e proporciona alívio das dores causadas por cistite e uretrite (BARBERA, 2001). O uso na produção do corante “Corante natural carmim de Cochonilha” está ligado ao cultivo da cochonilha (*Dactylopius coccus* Costa). Este inseto é nativo do México, sendo parasita das espécies dos gêneros *Opuntia* sp. e *Nopalea* e possui coloração amarela ou marrom, e em determinada fase as fêmeas apresentam de 19 a 24% de ácido carmínico (CHIACCHIO, 2006). Este ácido é componente de corante vermelho estável a altas temperaturas e oxidação,

que possui utilização na produção de cosméticos, alimentos, medicações e roupas (FLORES-FLORES ETAKELBURG, 2001; MORAES, 2007).

Há também a possibilidade de utilização para a produção de energia na forma de biogás, principalmente devido a possibilidade de alta produção de biomassa em sistemas intensivos de produção de palma forrageira, possibilitando maior sustentabilidade nos sistemas produtivos (CORTÁZAR E VARNERO, 2001). Apesar de todas as possibilidades de utilização, o principal uso da palma no Brasil é no fornecimento para a alimentação de animais ruminantes. Este uso tem aumentado nos últimos anos principalmente nos estados do nordeste brasileiro, por apresentar adaptação às condições edafoclimáticas da região e boa produção de massa verde, porém, não é fornecida exclusivamente aos animais devido a sua composição químico-bromatológica não atender aos requisitos nutricionais do rebanho (SILVA & SANTOS, 2007).

A forma mais comum de utilização deste material é como forragem fresca, no entanto, pode ser preservada e fornecida na forma de silagem e feno (FAO, 2011). Há dificuldade nestes últimos métodos de fornecimento devido há maior necessidade mão-de-obra e elevação dos custos referentes ao corte, transporte e no caso da ensilagem, a alta umidade da palma (DUBEUX JR et al., 2021). Estudos sobre a desidratação da palma surgiram pela possibilidade de redução de custos em situações de transportes longos (AGUILAR-YÁÑEZ et al., 2011; ANDRADE et al., 2016). Após o corte de desidratação pode ser obtida a farinha de palma, que tem possibilidade de uso como ingrediente em rações ou pode ser fornecida juntamente com algum aditivo que aumenta sua quantidade de proteína (SILVA et al., 2017). No entanto, este uso entra em conflito pois nestas situações a água presente na palma é perdida no processo, e serviria como fonte de água para o rebanho que a consumirá na seca.

A conservação através da ensilagem, é uma estratégia eficaz para preservar o alimento e a água nestas condições, podendo ainda ser combinada com outras forrageiras no processo. A combinação com leguminosas na ensilagem de palma melhora o valor nutritivo e o processo fermentativo, uma vez que a palma possui quantidades elevadas de carboidratos e a leguminosa de proteína e eleva a matéria seca final (BRITO et al., 2020).

5 VALOR NUTRITIVO DA PALMA FORRAGEIRA

A palma forrageira é uma fonte importante de compostos bioativos, por exemplo, polifenóis, carotenóides e minerais, há uma alta diversidade genética nos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* (ALVES et al., 2017). É uma alternativa alimentar muito eficaz para animais de produção em regiões áridas e semiáridas, como o nordeste brasileiro, pois é uma região com temperatura média elevada e uma precipitação média anual de 300-700 mm, que ocorre de forma concentrada, formando um cenário onde a maior limitação da produção animal está ligada à disponibilidade e produção de forragem (SILVA, 2012).

A palma pode ser fornecida de maneira isolada, mas recomenda-se a estratégia alimentar de fornecê-la juntamente com os demais componentes da dieta pois irá promover a melhora no consumo de fibra (SOUZA et al., 2010). Os níveis de inclusão da palma pode ser de até 50% da matéria seca (MS) total da de bovinos, possuindo alta digestibilidade, com valores que podem ser superiores ao da digestibilidade da silagem de milho que é um

dos volumosos mais utilizados, no entanto, contém baixa quantidade de proteína bruta e de fibra (SOUSA E SOUSANETO, 2012).

O valor nutritivo e a produtividade da palma dependem das condições de cultivo e da espécie utilizada. A palma Miúda/Doce apresenta valor nutritivo mais elevado do que a Redonda e Gigante, e sua produtividade anual varia de 10,6 toneladas MS ha⁻¹ a 77,8 toneladas MS ha⁻¹ (SANTOS et al., 2002). Além disso, pode ser realizada a colheita com intervalos anuais por possuir multiplicação e crescimento mais rápidos do que as outras espécies supracitadas (VASCONCELOS et al., 2007). Na tabela 1 estão apresentados os valores da composição químico-bromatológica de diferentes cultivares de palma forrageira que são utilizadas no nordeste brasileiro, nela podemos observar a variabilidade do valor nutritivo de cada uma, principalmente quanto a quantidade de FDA e lignina.

Tabela 1. Diferença na composição química de cladódios de cactáceas de diferentes espécies/cultivares no Nordeste do Brasil

Variável	Gigante	Miúda	IPA-20	IPA-90-92	IPA-90-155	Additional 1258	1267 Algeria	1317 Chile	SEM
.....g kg ⁻¹									
MS	153 bc	187 a	156 bc	165 ab	170 ab	148 bc	126 c	138 bc	7.1
MM	81 b	81 b	72 bc	78 bc	68 c	76 bc	94 a	79 bc	2.6
EE	24	20	20	23	23	19	17	23	1.9
FDN ^x	248	241	247	255	263	241	246	249	6.3
FDA ^x	179 ab	148 c	185 ab	178 ab	207 a	162 bc	183 ab	158 bc	7.1
Lignina	13 ab	13 ab	13 ab	12 ab	13 ab	17 ab	7 b	10 b	1.4
Amido	207	205	198	194	204	190	193	195	14.2
CHSA ^x	154	146	166	150	153	161	141	165	12.2
PB	44 a	33 b	33 b	34 b	37 b	36 b	44 a	39 b	1.3

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem ($P > 0,05$) pelo Teste de Tukey.

^x: FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido; CHSA = carboidrato solúvel em água.

Fonte. Adaptado de Batista et al. (2009).

Além da variabilidade entre as espécies utilizadas há também a variabilidade quanto a estação de cultivo, que poderia representar o desempenho da palma de acordo com a disponibilidade de água, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Composição química (em g kg⁻¹ MS) de cladódios de palma forrageira cultivadas em diferentes estações do ano

Variável	Cacto sem espinhos (<i>O. ficusindica</i> f. <i>inermis</i>)		Cacto com espinhos (<i>O. amyclae</i>)	
	Chuva	Seca	Chuva	Seca
MS	66	191	67	157
MO	856	697	742	740
PB	58,5	29,7	71	42,8
FDN	248	270	253	246
FDA	205	155	196	166
Mucilagem (g kg ⁻¹ MV)	6,0	13,0	6,4	14,0

Fonte. Adaptado de Abidi et al. (2009).

De modo geral, fatores como o germoplasma/espécie/cultivar, manejo de cultivo e colheita, ambiente e preservação utilizada para a produção e fornecimento da palma forrageira irão afetar o seu valor nutritivo, mas ao utilizar técnicas adequadas esta planta se torna uma alternativa potencial no fornecimento de volumoso para alavancar a produção pecuária, sobretudo em regiões áridas e semiáridas (DUBEUX JR et al., 2021).

6 IMPLANTAÇÃO E TRATOS CULTURAIS

A palma é uma cultura relativamente exigente em termos de propriedades físicas e químicas do solo. Desde que férteis, podem ser indicadas em áreas com textura arenosa a argilosa, mas solos argilo-arenosos são mais indicados. Além da fertilidade, também é importante que tenham boa drenagem, pois áreas alagadas não são adequadas para o cultivo. O plantio é feito por meio das raquetes-semente que devem ser de plantas saudáveis, livres de ferimentos e pragas, com idade de 14 meses acima e conter características da variedade escolhida (SANTOS et al., 2002).

A forma de distribuir a palma pode ser utilizada como estratégia de manejo, sendo uma das principais etapas durante o estabelecimento da cultura, pois com ela irá definir a população total de plantas, que irá variar dependendo das condições edafoclimáticas e tratos culturais, como a fertilidade, pluviosidade, finalidade do levantamento e da utilização ou não de consórcios (OLIVEIRA JR. et al., 2009). O uso de espaçamento em duas fileiras, mais espaçadas, pode permitir que o consórcio seja utilizado durante todo o ciclo de produção da planta, o que favorece a produção de grãos e resíduos vegetais nesse sistema.

Farias et al. (2005), explicam que o adensamento no plantio proporciona maiores rendimentos, mas requer mais investimentos para implantação e há dificuldades nas práticas

culturais. Dubeux Júnior et al. (2006) e Ramos et al. (2011) apontam que o uso desta técnica pode ter efeitos sobre a produção de MS e aproveitamento das águas da chuva. Dados de produtividade da palma forrageira em resposta a densidade de plantio são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Produtividade da palma forrageira em diferentes densidades de plantio

Cultivar	Espaçamento (m)	Densidade (Plantas/ha)	Matéria Verde (kg/ha)	Matéria Seca (kg/ha)
Miúda	2	10.000	118.000	8.500
		80.000	639.000	44.700
Gigante	2	10.000	100.000	5.800
		80.000	400.000	20.200
Redonda	2	10.000	113.000	5.800
		80.000	518.000	26.500

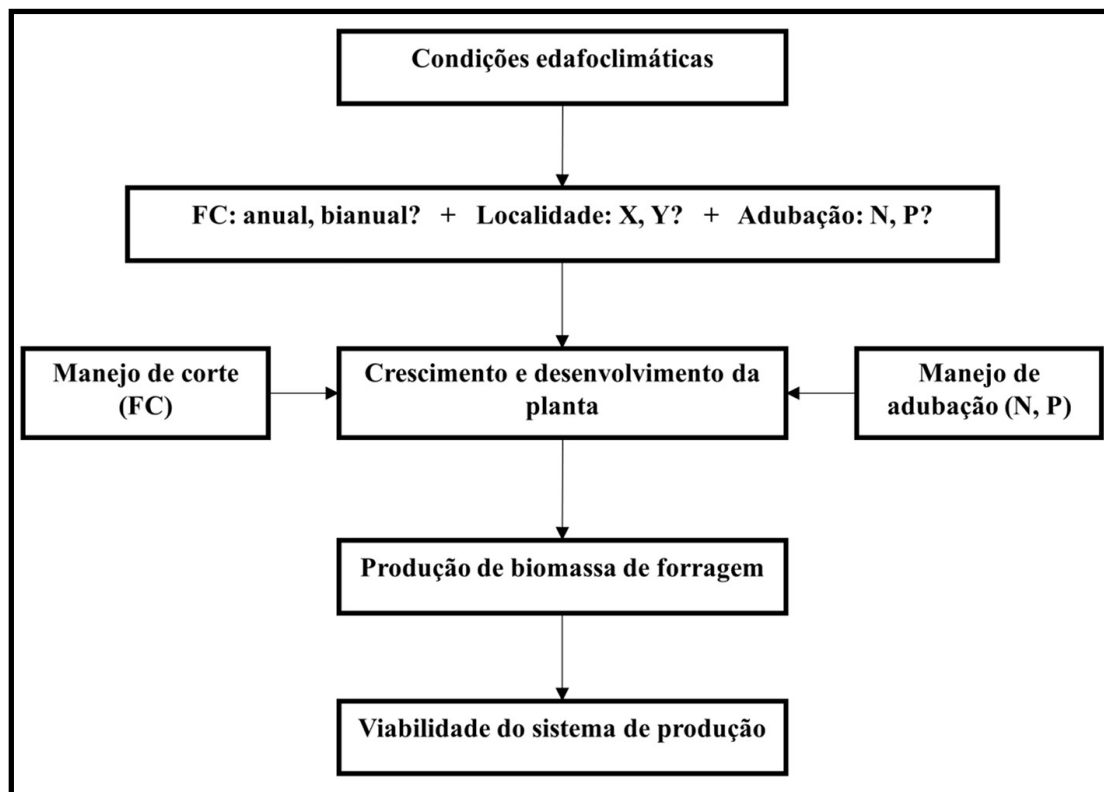
Fonte. Adaptada de Silva et al. (2014).

Pode-se observar que todas as cultivares obtiveram maior produtividade de matéria verde e matéria seca devido ao aumento da densidade da cultura, que pode ser explicado segundo os autores pela maior produção de cladódios de acordo com o maior adensamento. O adensamento demonstrou que o aumento na produtividade está diretamente ligado ao maior número de plantas/ha (SILVA et al., 2014).

A colheita inicial varia, mas ocorre em média após 1,5 a 2 anos ou mais, variando de acordo com o desenvolvimento da palma, após pode ser feito um corte anual ou bianual. A colheita pode ser feita manualmente, apesar do aumento dos custos de produção. As raquetes podem ser colhidas para fornecimento diário aos animais em cochos, também podem ser ofertadas para pastejo (SILVA & SANTOS, 2007). A possibilidade de armazenamento da palma após a colheita é um fator relevante, estudos mostram que o tempo que ela pode ficar armazenada após a colheita é em torno de 16 dias sem alterar o consumo de MS e a produção de leite (NEVES et al., 2010).

O crescimento e desenvolvimento da palma forrageira após sua implantação, bem como a produção de MV, irá variar de acordo com as condições edafoclimáticas do local e do manejo de colheita e adubação utilizado no sistema de produção, como por exemplo a frequência de colheita (FC) e adubação fosfatada e nitrogenada (N + P), o que irá garantir a viabilidade do sistema produtivo, como apresentado na Figura 2.

Figura 2. Modelo das hipóteses de respostas da palma forrageira em função das condições edafoclimáticas e do manejo adotado.



Fonte. Adaptado de Lopes, 2016.

7 NUTRIÇÃO DE PALMA FORRAGEIRA

Associado às condições edafoclimáticas e de manejo, a adequada nutrição da palma forrageira irá garantir o desenvolvimento e produção adequada da planta, pois como as demais culturas, necessita de adequado suprimento de macro e micronutrientes para ter uma nutrição equilibrada, que atende a todas as necessidades da planta e maximiza a resposta biológica e produtiva da mesma (Lopes, 2016). Para sabermos o status nutricional da palma, utiliza-se a análise foliar, que através da análise e monitoramento da concentração de nutrientes, onde estes valores variam de acordo com o manejo empregado na cultura, como uso e taxas de adubação, forma e condições de plantio e frequência de colheita (DUBEUX JR. et al., 2010. SILVA et al., 2012).

Teles et al. (2004) ao avaliarem o efeito de diferentes manejos de adubação sobre a palma gigante constataram que a adubação não afetou os valores de K, Ca e Mg, apenas para os de N, P e S, com médias, respectivamente, de 11,9, 1,7, 33,1, 18,4, 5,9 e 17 g kg⁻¹. Silva et al. (2012) com a Gigante em três espaçamentos de plantio e quatro manejos de adubação, sendo controle (sem adubação), P, NP e NPK, a adubação com NPK proporcionou maior concentração de macronutrientes na palma, sendo para N, P, K, Ca, Mg e S de 14,7, 0,9, 25,3, 17,4, 7,7 e 4,3 g kg⁻¹, respectivamente, no dia 390 após plantio e de 21,9, 1,2, 27,5, 25,0, 11,6 e 5,6 g kg⁻¹ no dia 620 após plantio.

Dubeux Jr. et al. (2010) ao avaliarem a palma IPA-20 sob condições de cultivo de quatro doses de adubação de P e K, puderam constatar que em condições sem adubação (0 g kg⁻¹ de P e K) a concentração dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S foi de 20,20,

4,30, 43,30, 48,60, 8,40 e 5,10 g kg⁻¹, respectivamente, enquanto com adubação em doses de 800 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O a concentração dos macronutrientes foi de 22,30, 4,80, 29,60, 32,90, 7,20 e 6,10 g kg⁻¹ e para os micronutrientes nesta dose foi de 89,03, 104,15, 623,40 e 6.58 mg kg⁻¹ para Fe, Zn, Mn e Cu. Para a *Opuntia ficus-indica*, Dessimoni et al. (2014) encontraram os teores de macro e micronutrientes de 8,08, 11,35, 28,36, 10,25, 1,89 g kg⁻¹ e de 86,4, 91,0, 9,5 e 114,7 mg kg⁻¹ para, respectivamente, N, K, Ca, Mg, S, Zn, Fe, Cu e Mn.

Nas tabelas 4 e 5 são compilados alguns dados sobre a concentração de macro e microminerais nos cladódios de diferentes espécies de palma e sobre diferentes manejos de cultivo, mostrando como esses fatores afetam a quantidade de minerais extraídos do solo e retidos pela planta.

Tabela 4. Variação da concentração de macrominerais (g kg⁻¹) do cladódio de palma forrageira em função da cultivar, manejo e tratos culturais empregado

Variedade	N	P	K	Ca	Mg	S	Referência
Gigante	18,4	5,9	11,9	1,7	33,1	17	Teles et al. (2004)
IPA-20	20,2 - 22,3	4,3 - 4,8	29,6 - 43,3	32,9 - 48,6	7,2 - 8,4	5,1 - 6,1	Dubeux Jr. et al. (2010)
Gigante	14,7 - 21,9	0,9 - 1,2	25,3 - 27,5	17,4 - 25,0	7,7 - 11,6	4,3 - 5,6	Silva et al. (2012)
<i>Opuntia ficus-indica</i>	8,08	-	11,35	28,36	10,25	1,89	Dessimoni et al. (2014)

Tabela 5. Variação da concentração de microminerais (mg kg⁻¹) do cladódio de palma forrageira em função da cultivar, manejo e tratos culturais empregado

Variedade	Fe	Zn	Mn	Cu	B	Referência
IPA-20	86,9 - 89,0	120,8 - 104,1	804,6 - 623,40	7,3 - 6,6	-	Dubeux Jr. et al. (2010)
<i>Opuntia ficus-indica</i>	91,0	86,4	114,7	9,5	-	Dessimoni et al. (2014)
Gigante	37,1 - 48,5	41,9 - 67,1	314,5 - 2006,1	4,1 - 13,3	15,0 - 23,4	Silva et al. (2012)

Os dados referentes a este monitoramento ainda são escassos, necessitando de mais estudos que irão fundamentar esta análise nas diferentes condições produtivas. No entanto, o uso do método de análise foliar e dos cladódios, no caso da palma, é uma ferramenta promissora e que pode ser utilizada para planejar e monitorar os manejos de adubação da cultura.

Os resultados obtidos são interpretados através do nível crítico (NC), índice de balanceamento de Kenworthy (IBK) e faixa de suficiência (FS) e a partir disso é identificado o status nutricional na planta, onde através do IBK é possível fazer a análise de cada um dos nutrientes e estabelecer o balanço da quantidade absorvida e da necessária pela cultura (KENWORTHY, 1961; CAMACHO et al., 2012; COELHO et al., 2013). Desta forma, a exigência nutricional pode ser definida como a quantidade de nutrientes que a cultura extrai do solo durante seu ciclo produtivo e que é necessária para atender a necessidade para o seu crescimento e desenvolvimento, e estes valores podem ser estimados de acordo com a concentração dos mesmos nos cladódios e associados à produção de massa verde, onde a diminuição do fornecimento e a disponibilidade desbalanceada dos nutrientes leva a redução da produtividade da cultura (LOPES, 2016).

A cultura absorve grandes quantidades de nutrientes do solo. Em que dietas que são compostas em sua maioria por palma possuem alto teor de matéria mineral pois esta cultura possui elevada concentração de macronutrientes (MELO et al., 2003). Por exemplo, em condições em que a produção é de 40 Mg ha⁻¹, a cada dois anos são extraídos em torno de 360,64, 1032 e 940 kg ha⁻¹ de N, P, K e Ca, respectivamente (Dubeux Júnior & Santos, 2005). Para definir a adubação devemos considerar a capacidade de extração dos nutrientes do solo pela planta, onde a palma possui um elevado potencial de extração, fato evidenciado em estudos, e ainda há diferenças na intensidade de extração de acordo com as diferentes doses de adubação, manejo de colheita, espécie e condições edafoclimáticas (NOBEL et al., 1987; DUBEUXJR. et al., 2010; SILVA et al., 2012; CAVALCANTE et al., 2014).

Na palma Gigante a adubação combinada de NPK ou de NP causam efeito na concentração de nutrientes nos cladódios, reduzindo os teores de Ca e Na e aumentam os teores de N, P, S e Mn, já a adubação NP reduz a concentração de K, e de forma geral, o uso de adubação elevou as concentrações dos minerais, sobretudo N e P (SILVA et al., 2012). De acordo com Alves et al. (2007), a ordem de extração dos nutrientes pela palma Gigante é Ca > N > Mg > K > P, além de que houve maior intensidade de extração quando os cladódios secundários foram mantidos após a colheita, o que está correlacionado a produtividade da cultura. Para a mesma cultivar, Silva et al. (2012) observaram a ordem de extração com as plantas de 620 dias após o plantio de Ca > K > N > Mg > S > P e Mn > Zn > Fe > B > Cu. Já Lopes (2016) avaliando também a palma Gigante visando a máxima eficiência biológica para produção de massa verde, teve como resultados a ordem K > Ca > N > Mg > S > P e Mn > Fe > B > Zn para macro e micronutrientes em sistemas de colheita anual, e para colheita bianual obteve a ordem Ca > K > S > N > Mg > P e Mn > Fe > B > Zn, respectivamente. Enquanto que Dubeux Jr. et al. 2010, com a palma IPA-20 observaram a ordem de acúmulo dos nutrientes de Ca > K > N > Mg > S > P e Mn > Zn > Fe > Co.

As informações disponíveis na literatura sobre as demandas nutricionais da palma forrageira são limitadas, sobretudo quando se trata de micronutrientes, bem como os efeitos no mesmo na produtividade da cultura, mesmo estes sendo tão importantes quanto os macronutrientes, em que a deficiência dos mesmos também gera prejuízos no desenvolvimento e na produção de biomassa (DUBEUX JR. et al., 2010). De acordo com as informações levantadas, podemos concluir que a exigência nutricional da palma forrageira é o reflexo da extração e fixação dos nutrientes do solo na planta, e que estes valores variam de acordo com a espécie utilizada, manejo de cultivo e colheita, condições edafoclimáticas, fertilidade do solo e produção de massa verde, levando a necessidade de mais estudos que visem estabelecer os valores referência de necessidade nutricional dos nutrientes para a produtividade máxima da palma forrageira.

8 ADUBAÇÃO DE PALMA FORRAGEIRA

A palma, por suas características morfofisiológicas adaptadas às condições do semiárido, é cultivada em larga escala em vários estados do Nordeste, sendo que em muitas áreas o sistema de produção e uso dos palmais ainda é caracterizado por baixos índices de adoção de tecnologia, resultando em uma produtividade abaixo do potencial (SILVA et al., 2021). Como qualquer outra cultura, a palma forrageira necessita de adubação para atingir alta produtividade, fator decisivo na produção de matéria verde. No entanto, as culturas extraem altos níveis de nutrientes do solo, conseqüentemente, com o uso contínuo do solo, os rendimentos tendem a diminuir sem reposição de nutrientes, possivelmente devido à perda de nutrientes por lixiviação ou erosão (SINGH et al., 2018).

O potencial produtivo da palma forrageira é maior quando as relações vegetativas são suficientes e as condições normais para o desenvolvimento da planta. O local ideal para o cultivo da palma deve apresentar topografia plana ou levemente inclinada, além de não ser propício a alagamentos. O solo com textura média (argilo-arenoso) é o mais recomendado, com boa fertilidade e fácil acesso, o mais próximo do centro de manejo dos animais ou da área do beneficiamento (TEIXEIRA et al., 2019).

No caso de sistemas de cultivo adensados, onde a produção de MV é alta, resultando na extração de elevadas quantidades de nutrientes, é necessária uma adubação completa, de macrominerais e microminerais, com ênfase na adubação nitrogenada, pois o nitrogênio é importante para o crescimento e produtividade das plantas forrageiras. Portanto, programas de adubação devem ser elaborados ao longo do ciclo de cultivo com o objetivo de manter a perenidade das palmas em sistemas de cultivo intensivo (CÂNDIDO et al., 2013). Santos (2006), sugeriram que os fertilizantes podem ser orgânicos e/ou minerais, e caso se opte pela adubação orgânica, pode ser utilizado esterco bovino e ovino, sendo a taxa de semeadura de 10 a 30 toneladas ha⁻¹, no ciclo de 2 anos, sendo utilizado próximo ao início das chuvas, recomendando a utilização de 30 ton ha⁻¹ em plantios adensados, mas o valor varia de acordo com espaçamento e fertilidade do solo.

8.1 Adubação orgânica em palma forrageira

As práticas de fertilização têm contribuído muito para o sucesso na produção de palma forrageira, no entanto, o uso de adubação mineral ainda não é tão expressivo, devido à variabilidade hídrica e baixa precipitação em regiões semiáridas (GARRIDO et al., 2008). Como alternativa, são utilizados fertilizantes orgânicos de baixo custo, porém, seu uso ainda está em condições empíricas e são necessários estudos mais precisos de diferentes fontes e dosagens para otimizar o sistema de produção de palma forrageira.

O uso do esterco bovino tem sido eficiente como estratégia de adubação para a cultura da palma forrageira, principalmente por conter grande quantidade de N e P (DONATO et al., 2014a), sendo muito importantes pois participam juntos das reações fotossintéticas e metabólicas nas plantas. A adubação orgânica apresenta diversas vantagens, entre elas estão os benefícios para as propriedades físico-químicas e biológicas do solo, como aumento da permeabilidade e solo e maior agregação de partículas, diminuição dos processos erosivos, maior capacidade de retenção de água, menores temperaturas diurnas do solo, estimulação da atividade biológica (EMBRAPA, 2011).

A utilização de materiais orgânicos em sistemas agrícolas já é bastante difundida, considerando sua importante contribuição tanto em nível econômico quanto ambiental. Do ponto de vista econômico, o aumento da renda do produtor pode ser considerado um fator importante, pois a redução do uso de fertilizantes químicos industriais e defensivos permite que agricultores com menos capital cresçam e possam apresentar resultados promissores em relação à adubação de minerais (MELO et al., 2016). Souza et al. (2019) relatam que os agricultores que cultivam palma forrageira no Cariri-Paraíba geralmente não utilizam fertilizantes químicos devido ao alto custo em relação à adubação orgânica, e o fazem com o menor custo possível.

A adubação orgânica da palma é comumente realizada com esterco de vacas, cabras e ovelhas, que fornece nutrientes (LEITE et al., 2018), e é uma prática agrícola amplamente utilizada para melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (HOLANDA et al., 2021). O esterco animal (principalmente esterco bovino) na maioria das terras agrícolas é uma ferramenta adicional para manter a fertilidade do solo nas regiões semiáridas do Brasil (SOARES et al., 2021). A aplicação contínua e prolongada de adubos orgânicos (esterco) pode aumentar os estoques de nutrientes do solo e esses esterco têm em sua composição quase todos elementos necessários para as plantas, que pode ser usado exclusivamente para fertilização (SOARES et al., 2021). Em geral, a matéria orgânica rica aumenta a produção de matéria seca da palma forrageira (MIRANDA et al., 2019).

Para a aplicação de adubos orgânicos de palma, recomenda-se o uso de esterco bovino e ovino na taxa de plantio de 10 a 30 toneladas/ha a cada dois anos, próximo ao início do período chuvoso (LÉDO et al., 2020). Compostos orgânicos para aumentar a produtividade da palma foram avaliados por vários estudos. Há relatos de que aumentos na dosagem de fertilizantes promoveram aumentos na altura da planta e no comprimento do cladódio da palma (DONATO et al., 2014b; XAVIER et al., 2020). Lima et al. (2018) relataram que os fertilizantes orgânicos são benéficos para o crescimento e desenvolvimento de variedades

de palma forrageira, e a falta de efeitos de outras fontes de adubação no desenvolvimento e produção de palma forrageira pode estar relacionada à dosagem utilizada.

Zúñiga-Tarango et al. (2009) avaliando doses de esterco bovino (100 e 300 Mg ha⁻¹) e fertilização mineral em diferentes profundidades de aplicação (0- 18, 18-36 e 36-54 cm), observaram maiores produções de matéria seca da palma *Opuntia ficus indica* com aplicação de 100 Mg ha⁻¹ de esterco a uma profundidade de 0-18 cm. Estes resultados demonstram que a palma responde a adubação orgânica, mais doses elevadas não podem não resultar em maiores produções.

Nascimento (2020), avaliou duas fontes de adubação orgânica: esterco bovino e cinza com as respectivas doses de 10, 20 e 30 t ha⁻¹ e 4, 8 e 16 t ha⁻¹ + o tratamento controle sem adubação. Para a Produtividade de Matéria Verde e Produtividade de Matéria Seca a dose máxima de esterco apresentou um incremento de 74,05% e 71,96% e cinza de 52,68% e 61,2% respectivamente em relação ao tratamento controle. A autora conclui que a utilização das duas fontes de adubação contribuiu com o rendimento produtivo e eficiência hídrica otimizando a produção da palma forrageira.

Lima et al. (2018), testando três variedades de palma forrageira (Orelha de Elefante Mexicana, Baiana e Miúda/Doce) e quatro tratamentos de adubação (Esterco, Ácido fúlvico, Ácido húmico e Testemunha), verificaram que a adubação com esterco aumentou o peso médio do cladódio em 76, 77 e 87% em relação aos tratamentos testemunha, ácido fúlvico e ácido húmico, respectivamente. A variedade Orelha de Elefante Mexicana com o uso de esterco produziu, em média, cerca de 81 t ha⁻¹ de fitomassa. Já a menor produtividade foi observada na variedade Miúda/Doce com uso de esterco, com aproximadamente 4 t ha⁻¹.

8.2 Adubação mineral em palma forrageira

Nas regiões semiáridas do Brasil há poucas informações sobre o crescimento e desenvolvimento de variedades de palma forrageira devido ao uso de fertilizantes minerais, que são obtidos cientificamente e permitem uma análise conclusiva da cultura (LIMA et al., 2018). Por outro lado, a palma, por ser uma cactácea com características morfofisiológicas adaptadas às condições semiáridas, passou a ser cultivada em larga escala pelos criadores de vacas leiteiras, por isso o uso de adubos minerais foi uma importante prática de manejo e uma estratégia para aumentar a produtividade (DUBEUX JR et al., 2010).

O cultivo da palma forrageira requer boa fertilidade do solo, principalmente em termos de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), sendo o preparo do solo e adubação ferramentas importantes para o resultado final da cultura, sendo que as adubações devem ser feitas de acordo com análise de solo (SOUZA et al., 2019). Silva et al. (2015), relataram o efeito do NPK em características morfológicas, principalmente espessura de cladódios, em estudo de adubação mineral em três cultivares de palma forrageira.

Lédo et al. (2019) relataram que insumos mais elevados de nutrientes (principalmente matéria orgânica e mineral) durante a estabilização da cultura apresentaram valores de rendimento mais altos, sugerindo a importância da fertilização como fator de produção capaz de aumentar a produtividade de MS em plantas de palma. Dubeux Jr. et al. (2010)

testaram o efeito da adubação com P e K na composição química de cladódios de *Opuntia* e concluíram que a adubação com P resultou em menores teores de Ca, N, Mg, K e S. A adubação potássica reduziu Ca e elevou a concentração de S em cladódios de palma (*O. ficus-indica* Mill. cv IPA20).

Silva et al. (2016), também relataram que o crescimento, o número de cladódios e o índice de área de cladódios da palma forrageira dependem de vários fatores, incluindo a adubação NPK. A palma-forrageira é sensível a solos ácidos e exigentes em teores de cálcio e magnésio. Silva et al. (2012) relataram que a fertilização com NPK e NP diminuiu os teores de Ca e Na e aumentou os teores de N, P, S e Mn nos tecidos de cladódios da palma cv. Gigante. Utilizando adubação fosfatada e potássica, Dubeaux Júnior et al. (2010) tiveram uma média de 1,26 kg vaso⁻¹ com o cultivar IPA-20 aos 6 meses de idade.

A aplicação de fertilizantes minerais, orgânicos ou organominerais nas proporções adequadas otimiza a produção de matéria verde, o acúmulo de nutrientes nos cladódios e a produção de matéria seca na palma forrageira. Além disso, pode-se identificar diferenças na quantidade de nutrientes extraídos e exportados pelos cladódios, o que se torna ainda mais importante quando se considera múltiplos ciclos de colheita. Nesse sentido, o balanço de entrada e saída de nutrientes e a taxa de recuperação das plantas aos nutrientes aplicados podem variar dependendo da fonte e/ou dosagem (LÉDO et al., 2021), o que reforça a importância dessa cultura como espécie associada com o semi-árido brasileiro, a prática da convivência regional (SANTOS et al., 2020).

A seguir nas tabelas 6 e 7 são apresentadas algumas sugestões de adubação para palma forrageira.

Tabela 6. Recomendação de adubação genérica da palma forrageira para o estado do Espírito Santo

Adubos	Plantio	Cobertura
		kg/ha
Superfosfato simples *	*500	-
Ureia **	-	440**
Cloreto de Potássio *		160**-
		ton/ha
Matéria orgânica *		30*

*Usar tudo no plantio; ** Realizar adubações estratégicas no início, no meio e no final do período chuvoso.

Fonte: Adaptado de Neves et al., 2020.

Tabela 7. Recomendação de adubação para a palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) para o estado de Pernambuco

Teor no solo	Implantação						2º ciclo em diante		
	Plantio			Crescimento			A	B	C
	A	B	C	A	B	C			
kg ha ⁻¹									
Nitrogênio (N)									
Não considera	-	-	-	40	100	200	40	100	200
mg dm ⁻³ de P									
Fósforo (P ₂ O ₅)									
<11	50	80	100	-	-	-	40	60	80
11-30	-	25	25	-	-	-	40	60	80
>30	-	-	-	-	-	-	40	60	80
Cmol _c dm ⁻³ de K									
Potássio (K ₂ O)									
<0,12	60	100	130	-	-	-	60	100	130
0,12-0,38	30	50	65	-	-	-	60	100	130
>0,38	-	-	-	-	-	-	60	100	130

A – 5000 a 10000 plantas ha⁻¹; B – 20000 plantas ha⁻¹; C – 40000 plantas ha⁻¹.

Obs: A adubação de crescimento deve ser feita no início das chuvas, e se não houver matéria orgânica deve-se dobrar as doses de N e K.

Fonte: Adaptado de Santos et al., 2008.

9 PRAGAS E DOENÇAS

9.1 Principais pragas da palma forrageira

9.1.1 Cochonilha-do-Carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockrell)

Considerada uma praga destrutiva e foi introduzida no nordeste do Brasil, onde foi considerada uma excelente cochonilha para a produção de corantes. A espécie também produz ácido carmínico, mas em pequenas quantidades e sem valor econômico. A praga surgiu no estado de Pernambuco no final dos anos 1990 e início dos anos 2000, destruindo palmais de espécies *Opuntia ficus* como ‘Gigante’ e ‘Redonda’ e se espalhando também para os estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e, mais recentemente, Ceará e Bahia. O inseto cochonilha é considerado uma das principais pragas da cultura, com perdas superiores a 90% na área de cultivo, principalmente devido ao cultivo tradicional de uma única espécie de palma (ARAÚJO et al., 2019). Os primeiros sintomas são visíveis: à superfície da raquete parece “mofo” (flocos brancos), sendo colônias, que liberam um líquido vermelho que lembra sangue quando pressionado. Quando se instala nas palmas, age como parasita, sugando a seiva da planta enquanto introduz toxinas que fazem com que a planta amarele, apodreça, murche e morra em um curto período de tempo (ARAÚJO et al., 2019).

9.1.2 Cochonilha-de-Escamas (*Diaspis echinocacti* Bouché)

Além da cochonilha descrita anteriormente, outra praga muito importante é a cochonilha-de-escama, também conhecida como mofo ou lêndea. Sua infestação pode causar perdas consideráveis no crescimento e na produtividade dos palmais, podendo levar até mesmo à morte da mesma. Suas infestações ocorrem em pequenas lesões «reboleiras», o que a torna uma praga sedentária. Uma forma de controle pode ser mecânica, em que as plantas infectadas são cortadas e depois servem de alimento para os animais. Outra opção é o controle biológico, geralmente feito utilizando inimigos naturais, como joaninhas (*Coleomegilla* sp). Então, naturalmente, nesse tipo de controle, não se deve aplicar inseticidas nas plantas, pois além de combaterem as pragas, também reduzirão o número de invasores.

Também é possível controlar essa praga com a aplicação de produtos naturais. Sousa et al. (2015) avaliaram o efeito de diferentes óleos (girassol, gergelim, eucalipto, semente de uva, hortelã-pimenta e algodão cru, todos na concentração de 1%, e extrato alcoólico de sementes de nim), os melhores resultados foram observados com óleo de algodão (200ml com 20 litros de água), pode atingir quase 70% de mortalidade de pragas, é uma boa escolha para controle de pragas. Esses óleos podem ser pulverizados com bomba costal ou pulverizador elétrico, lembrando de diluir o produto com um pouco de água (4 a 5 litros) antes de completar o restante da bomba.

9.1.3 Lagarta da Palma (*Aricoris campestris* H. Bates)

Essa lagarta foi documentada pela primeira vez na palma forrageira por Souza et al. (2018). Ocorre apenas à noite e causa danos severos nos brotos das palmas, primeiros se inicia com a raspagem e posteriormente perfurações, podendo ocorrer também em raquetes adultas. Durante o dia, as lagartas se escondem nos resíduos da cultura, como cobertura morta, ou em caules secos, dificultando o combate da mesma (SOUZA et al., 2018). Outras espécies de lagartas também podem causar danos às palmeiras durante a estação chuvosa. No entanto, esta praga ataca principalmente durante o período seco, quando as plantas têm menos reservas. Seu controle pode ser feito com inseticidas químicos ou biológicos e deve ser feito principalmente à noite, quando as lagartas podem ser vistas no campo (ARAÚJO et al., 2019).

9.1.4 Minador do broto da palma forrageira (*Liriomyza* spp.)

As lagartas dessa espécie promovem a formação de canais na camada subsuperficial em ambos os lados dos brotos. Essas galerias aumentam à medida que as lagartas crescem e até seis lagartas podem ser encontradas em um único broto. É uma praga sazonal e não causa grandes danos aos palmais (ARAÚJO et al., 2019).

9.1.5 Preá (*Galea spixii*)

Mamíferos silvestres das caatingas, esse roedor pode causar danos consideráveis à palma forrageira, principalmente na fase juvenil. Em plantas maduras, esse ataque causa o

acamamento da planta. Além disso, a lesão pode se tornar um canal para fungos e bactérias, causando doenças como as podridões (ARAÚJO et al., 2019). Uma forma de controle é prender os animais em uma armadilha de madeira, chamada de “fojo”. Como o abate e o consumo não são permitidos por lei, eles devem ser transferidos para outras áreas após a captura (ARAÚJO et al., 2019).

9.2 Principais doenças da palma forrageira

Apesar das diversas formas de adaptação, a questão fitossanitária da palma forrageira pode ser considerada um dos fatores limitantes para o desenvolvimento desta cultura. Essas doenças atacam múltiplas espécies causando prejuízos e danos devido ao ataque de fungos e bactérias (LIRA et al., 2017). Os fungos representam o maior grupo de fitopatógenos e, portanto, também são os mais difundidos na cultura da palma forrageira (GRANATA, 2001). Os fungos possuem uma fase vegetativa constituída por um micélio (hifas) que garante o crescimento e possui relação parasitária com a planta hospedeira (ZIMMERMANN et al., 2002).

Seus esporos podem ser disseminados pela água, vento ou insetos e ajudam a obter acesso ao tecido vegetal por meio de danos causados por insetos (MITCHELL, 2004). Vários fungos podem ser encontrados em frutos e cladódios da palma. No entanto, muitos são patógenos secundários, explorando plantas enfraquecidas.

9.2.1 Podridão mole (*Pectobacterium carotovorum* subsp. *Carotovorum*)

A podridão mole, causada pela bactéria *Pectobacterium carotovorum*, é comum na cultura da palma forrageira, principalmente em plantas do gênero *Nopalea*, como as variedades Miúda e Baiana, e tem sido menos relatada na região de Orelha de Elefante Mexicana (ARAÚJO et al., 2019). O principal sintoma é a podridão na base do caule, seguida de acamamento da planta. Tem o cheiro característico de tecidos fermentados. A doença é causada por umidade excessiva, excesso de acúmulo de esterco nos “pés” da planta, danos às raquetes-sementes na colheita e danos à planta adulta durante operações como capina e roçada (ARAÚJO et al., 2019).

9.2.2 Podridão de fusarium (*Fusarium solani* (Mart) Sacc)

De acordo com Coelho (2005), o fungo causador dessa doença faz apodrecer a raquetada base da planta, de textura macia e cor verde, tornando-a aquosa e preta em fases posteriores, com as partes internas lenhosas expostas, mais comuns nas variedades Miúda e Baiana. Esta podridão é semelhante à podridão mole, no entanto, neste caso, as raquetes primárias e secundárias ficam amarelas e murçam e caem sobre a raquete principal.

9.2.3 Podridão negra (*Lasiodiplodia theobromae*)

Frequentemente encontrada em todas as espécies de palmas, a doença ocorre principalmente na base e inserções das raquetes primárias e secundárias das plantas. A

parte lesada escurece, então forma-se uma ferida, e a saída do fluido tem uma cor viscosa e clara que escurece com o tempo. Uma das principais formas de transmissão de doenças em palmas é por meio de ferramentas (facas, facões e canivetes) que são utilizadas na época da colheita para transferir o fungo de plantas doentes para plantas saudáveis, bem como por danos causados por roços ou capinas (ARAÚJO et al., 2019).

9.2.4 Podridão seca escamosa (*Scytalidium lignicola*)

Ao contrário de outras doenças da podridão, esta doença ocorre com frequência em palmas da variedade Orelha de Elefante Mexicana, mas também pode ocorrer em palma Baiana e Miúda. Caracteriza-se por manchas castanhas escuras secas e/ou onduladas com aspecto escamoso que se estende desde o bordo da raquete até ao centro (ARAÚJO et al., 2019).

9.2.5 Mancha de *Alternaria* (*Alternaria tenuis*)

É uma das principais doenças da palma forrageira do gênero *Nopalea* (Baiana ou Miúda) em toda a região nordeste. Sua principal característica é a presença de manchas pretas circulares ou não circulares que se espalham pela superfície da raquete, em estágios avançados pode causar lesões de um lado da raquete ao outro (ARAÚJO et al., 2019).

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A palma forrageira é uma importante fonte de alimentação em regiões com irregularidades e ausência de chuvas e com a ocorrência de períodos longos de seca, como é o exemplo de regiões semi áridas ou áridas no mundo. No Brasil, essa cultura vem ganhando importância na pecuária do semiárido nordestino e é uma importante ferramenta para o desenvolvimento sustentável e regional da pecuária.

Na literatura ainda são escassos os trabalhos avaliando a demanda nutricional da palma forrageira e a melhor forma de adubação para a cultura, visto que o uso desta planta em escala comercial é recente e por ser uma planta rústica, não se era dada a devida importância para esses quesitos. Com isso, há a necessidade de novos estudos que definam a demanda nutricional da palma forrageira e as recomendações de adubação de acordo com o nível tecnológico de cultivo, bem como já é consolidado para outras plantas forrageiras como os capins.

REFERÊNCIAS

- Abidi S., Ben Salem H., Martín-García A.I. & Molina-Alcaide E. 2009. Ruminal fermentation of spiny (*Opuntia amyclae*) and spineless (*Opuntia ficus indica finermis*) cactus cladodes and diets including cactus. *Anim. Feed Sci. Technol.* 149:333-340.
- ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. 2022. Perfil da Pecuária no Brasil Relatório Anual 2021. Disponível em < <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2022/>>. Acesso em: 27 de maio de 2023.
- AGUILAR-YANEZ, M.I., HERNÁNDEZ-MENDO, O., GUERRERO-LEGARRETA, I., RAMÍREZ-BRIBIESCA, J.E., ARANDA-OSORIO, G., CROSBY-GALVAN, M.M. 2011. Productive response of lambs fed with fresh or dehydrated spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* L.). *J. PACD* 13, 24–35.
- ALVES, R. N., FARIAS, I., MENEZES, R. S. C., de ANDRADE LIRA, M., & dos SANTOS, D. C. 2007. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de corte e espaçamentos. *Revista Caatinga*, 20(4), 38-44.
- ALVES, F. A. L., ANDRADE, A. P., BRUNO, R. L. A., SILVA, M. G. V., SOUZA, M. F. V., SANTOS, D. C. 2017. Seasonal variability of phenolic compounds and antioxidant activity in prickly pear cladodes of *Opuntia* and *Nopalea* genres. *Food Sci. Technol.* 37, 536–543.
- ANDRADE, S.F.J., BATISTA, A.M.V., CARVALHO, F.F.R., LUCENA, R.B., ANDRADE, R.P.X., LIMA JÚNIOR, D.M., 2016. Fresh or dehydrated spineless cactus in diets for lambs. *Acta Sci. Anim Sci.* 38, 155–161. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v38i2.29329>.
- APEZZATO, G. B.; GUERREIRO, S. M. C. Anatomia vegetal. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. 438 p.
- ARAÚJO, J. S., PEREIRA, D. D., LIRA, E. C. D., FÉLIX, E. D. S., SOUZA, J. T. A., & LIMA, W. B. D. 2019. Palma forrageira: plantio e manejo. Instituto Nacional no Semiárido, Campina Grande – PB, ISBN: 978-85-64265-40-0.
- BARBERA, G. 2001. História e importância econômica e agroecologia. In: BARBERA, G.; INGLESE, P. (Eds.). Agroecologia, cultivos e usos da palma forrageira. Paraíba: SEBRAE/PB, 2001. p.1-11.
- BATISTA, A. M. V.; et al. Chemical composition and ruminal degradability of spineless cactus grown in Northeastern Brazil. *Rangeland Ecology & Management*, v.62, n. 3, p. 297-301, 2009.
- BISPO, S. V., FERREIRA, M. D. A., VÉRAS, A. S. C., BATISTA, Â. M. V., PESSOA, R. A. S., & BLEUEL, M. P. 2007. Palma forrageira em substituição ao feno de capim- elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, n. 6, p. 1902-1909. DOI: 10.1590/S1516-35982007000800026
- BRITO, G. S. M. S., SANTOS, E. M., ARAÚJO, G. G. L., OLIVEIRA, J. S., ZANINE, A. M., PERAZZO, A. F., CAMPOS, F. S., LIMA, A. G. V. O., & CAVALCANTI, H. S. 2020. Mixed silages of cactus pear and gliricídia: chemical composition, fermentation characteristics, microbial population and aerobic stability. *Scientific Reports*. 10, 1-13.
- CAMACHO, M. A., SILVEIRA, M. V. D., CAMARGO, R. A., & NATALE, W. 2012. Faixas normais de nutrientes pelos métodos ChM, DRIS e CND e nível crítico pelo método de distribuição normal reduzida para laranjeira-pera. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36, 193-200.
- CÂNDIDO, M. J. D., GOMES, G. M. F., LOPES, M. N., & XIMENES, L. F. 2013. Cultivo de palma forrageira para mitigar a escassez de forragem em regiões semiáridas. *Informe Rural*, ano VII, n.1. Disponível em: <<https://bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/922>>. Acesso em: 07 de maio de 2023.

- CAVALCANTE, L. A. D., SANTOS, G. R. D. A., SILVA, L. M. D., FAGUNDES, J. L., & SILVA, M. A. D. 2014. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 44(4), 424-433.
- CAVALCANTI, M.C.A., BATISTA, A.M.V., GUIM, A., LIRA, M.A., RIBEIRO, V.L. & RIBEIRO NETO, A.C. 2008. Consumo e comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) e palma orelha-de-elefante (*Opuntia* sp.). *Acta Scientiarum Animal Sciences*. 30(2): 173-179.
- CHIACCHIO, F.B.; MESQUITA, A. S.; SANTOS, J.R. Palma forrageira: uma oportunidade econômica ainda desperdiçada para o semiárido baiano. *Bahia Agríc.*, v.7, n.3, nov. 2006.
- COELHO, R. S. B. Doenças da palma. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. (ed.). *A Palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso*. 2. ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005, p. 57-63.
- COELHO, F. S., FONTES, P. C. R., CECON, P. R., & DA SILVA, I. R. 2013. Value and prediction of critical content-level to assess the nitrogen status of the potato. *Revista Ciência Agronômica*, 44(1), 115.
- CORTÁZAR, V.G; VARNERO, M.T. Produção de Energia. In: BARBERA, Guisepp;INGLESE, Paolo (Eds.). *Agroecologia, cultivos e usos da palma forrageira*. Paraíba: SEBRAE/PB, 2001. p.169-186.
- DESSIMONI, G. V., BATISTA, Â. G., BARBOSA, C. D., & PINTO, N. A. V. D. (2014). Composição bromatológica, mineral e fatores antinutricionais da palma forrageira. *Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária*, 8, 51-55.
- DONATO, P. E. R., PIRES, A. J. V., DONATO, S. L. R. BONOMO, P., SILVA, J. A., & AQUINO, A. A. (2014a). Morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 9(1), 151-158.
- DONATO, P. E. R., PIRES, A. J. V., DONATO, S. L. R., DA SILVA, J. A., AQUINO, A. A. 2014b. Valor nutritivo da palma forrageira ‘Gigante’ cultivada sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino. *Revista Caatinga*, v. 27, n. 1, p. 163-172.
- DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F. 2005. Exigências nutricionais da palma forrageira. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. (eds.). *A Palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso*. 2.ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. p. 105-128.
- DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. *et al.* Productivity of *Opuntia ficus indica* (L) Miller under different N and P fertilization and plant population in north- east Brasil. *Journal of Arid Enviroments*, v. 67, n. 3, p. 357-372, 2006.
- DUBEUX JÚNIOR, J. C. B., ARAÚJO FILHO, J. T., SANTOS, M. V. F., Lira, M. A., Santos, D. C., & Pessoa, R. A. S. 2010. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira –Clone IPA-201. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 5(1), 129-135.
- DUBEUX JR, J. C. B., DOS SANTOS, M. V. F., DA CUNHA, M. V., DOS SANTOS, D. C., DE ALMEIDA SOUZA, R. T., DE MELLO, A. C. L., & DE SOUZA, T. C. 2021. Cactus (*Opuntia* and *Nopalea*) nutritive value: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 275, 114890.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo, 3.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos. 2011, 230p.

- FAO, 2011. Successes and failures with animal nutrition practices and technologies in developing countries. In: Proceedings of the FAO Electronic Conference, 1-30 September 2010. Rome, Italy.
- FARIAS, I.; SANTOS, D. C.; DUBEUX JR., J. C. B. 2005. Estabelecimento e manejo da palma forrageira. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: Ed.Universitária da UFPE, p. 81.
- FERREIRA, M.A.; SILVA, F.M.; BISPO, S.V.; AZEVEDO, M. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semiárido do Brasil. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, n.spe, p.322-329, 2009.
- FEUGANG, J.M.; KONARSKI, P.; ZOU, D.; STINTZING; F.C.Z., CHANGPING. Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. *Frontiers in Bioscience* 11, 2574-2589, September 1, 2006.
- FLORES-FLORES, V.; TEKELENBURG, A. Produção de coranti dacti (*Dacylopius coccus* Costa). In: BARBERA, Guiseppe; INGLESE, Paolo (Eds.). Agroecologia, cultivos e usos da palma forrageira. Paraíba: SEBRAE/PB, 2001. p.169-186.
- GARRIDO, M. S.; SAMPAIO, E. V. S. B.; MENEZES, R. S. C. Potencial de adubação orgânica com esterco no Nordeste do Brasil. Recife-PE: Editora Universitária da UFPE. 2008, 130 p.
- GRANATA, G. Doenças bióticas e abióticas. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIENTA-BARRIOS, E. (Ed.). Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira. João Pessoa: FAO/SEBRAE/PB, p.112-122. 2001.
- GUEDES, C. C. 2004. Festival gastronômico da palma. Gurjão, PB: SEBRAE/PB, 2004. 1p. (Folder).
- HILLS, F. S. Anatomia e morfologia. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; BARRIOS, E.P. (ed.) Agroecologia, cultivo e usos da palma Forrageira. Estudo da FAO em produção e proteção vegetal 132. João Pessoa: SEBRAE-PB, 2001, p. 28-34.
- HOFFMANN, W. 1995. Etnobotânica. In: Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira. Roma: FAO, Produção e Proteção Vegetal. Tradução (SEBRAE/PB), Paper 132, p.12-14.
- HOLANDA, S. R., DIAS, K. L. L., SANTOS, L. D. V., BRITO, C. R. M., MELO, J. C. R., & SANTOS, L. S. (2021). Development and morphometric characteristics of vetiver grass under different doses of organic fertilizer. *Revista Caatinga*, 34(1), 20-30.
- KENWORTHY, A. L. 1961. Interpreting the balance of nutrient elements in leaves of fruit trees. p. 28– 34. In W. Reuther (ed.) *Plant analysis and fertilizer problems*. Publ. 8. Am.Inst. Biol. Sci., Washington, DC.
- LÉDO, A. A., DONATO, S. L. R., ASPIAZU, I., SILVA, J. A., DONATO, P. E. R., & CARVALHO, A. J. (2019). Yield and water use efficiency of cactus pear under arrangements, spacings and fertilizations. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23(6), 413-418.
- LÉDO, A. A., DONATO, S. L. R., ASPIAZU, I., SILVA, J. A., DONATO, P. E. R., & CARVALHO, A. J. (2020). Nutrient concentration and nutritional efficiency in ‘Gigante’ cactus pear submitted to different spacings and fertilizations. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 24(3), 154-161.
- LEDO, A. A., DONATO, S. L. R., ASPIAZU, I., SILVA, J. A., BRITO, C. F. B., & DONATO, P. E. R. (2021). Nutritional balance and recovery rate of macronutrients by ‘Gigante’ cactus pear under different fertilizations. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 25(2), 82-89.
- LEITE, M. L. V. 2006. Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* e *Nopalea cochenilifera*.) Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Centro de Ciências Agrárias – CCA, Grupode Pesquisa Lavoura Xerófila – GPLX, Areia:Jul, 2006.

- LEITE, J. R. A., SALES, E. C. J. D., MONÇÃO, F. P., GUIMARÃES, A. D. S., RIGUEIRA, J. P. S., & GOMES, V. M. 2018. Nopalea cactus pear fertilized with nitrogen: morphometric, productive and nutritional characteristics. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 40, 1-8.
- LIMA, W. S., PEREZ-MARIN, A. M., & LAMBAIS, G. R. (2018). Adubos orgânicos no desenvolvimento de variedades da palma forrageira. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 13(2), 170-175.
- LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DIAS, F. M.; FERRAZ, A. P. F.; SILVA, M. C.; CUNHA, M. V.; MELLO, A. C. L.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; SANTOS, D. C.; FREITAS, E. V.; ARRUDA, D. M. P. Palma forrageira: Cultivos e Usos. *Cadernos do Semiárido: riquezas e oportunidades*. CREA – PE. 2017.
- LIRA, M.A., SANTOS, M.V.F., DUBEUX JR, J.C.B., FARIAS, I., CUNHA, M.V. & SANTOS, D.C. 2006. Meio século de pesquisa com a palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) - ênfase em manejo. *Anais XVI Congresso Brasileiro de Zootecnia, Recife, Pernambuco*.
- LOPES, E. D., BRITO, C. D., GUEDES, C. C., SANTOS, D. D., ARAÚJO, E., BATISTA, J. D. L., ... & CAVALCANTI, V. A. L. B. 2007. Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino. João Pessoa: EMEPA/FAEPA, 2007. 130p.
- LOPES, M. N. 2016. Ecofisiologia, nutrição e análise econômica da palma forrageira sob diferentes manejos no semiárido brasileiro. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Ceará (UFC), Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia. Fortaleza - CE, 2016, 327 f.
- MACEDO, A. J. S., SANTOS, E. M., OLIVEIRA, J. S., & PERAZZO, A. F. 2017. Produção de silagem na forma de ração à base de palma: Revisão de Literatura, *Revista Eletrônica de Veterinária*, 18(9), 1-11.
- MELO, A. A. S.; FERREIRA, M. A.; VERÁS, A. S. C.; LIRA, M. DE A.; LIMA, L. E. DE; VILELA, M. DA S.; MELO, E. O. S. DE; ARAÚJO, P. R. B. 2003. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia ficus indica Mill*) em dietas paravacas em lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.3, p.727-736.
- MELO, W. B., PEREIRA, F. H. F., OLIVEIRA FILHO, F. S., SÁ, F. V. S., LACERDA, F. H. D., & JUNIOR, J. E. C. 2016. Manejo da adubação orgânica e mineral na cultura da melanciaira no Semiárido Paraibano Segunda Safra. *Revista Ciências Agraria*, 59(3), 265-274.
- MIRANDA, K. R., DUBEUX JUNIOR, J. C. B., MELLO, A. C. L., SILVA, M. C., SANTOS, M. V. F., & SANTOS, D. C. (2019). Forage production and mineral composition of cactus intercropped with legumes and fertilized with different sources of manure. *Ciência Rural*, 49(1), 1-6.
- MITCHELL, P. L. Heteroptera as Vectors of Plant Pathogens. *Neotropical Entomology*. 33, ed. 5, pág. 519-545. 2004.
- MORAES, J. D. 2007. Carmim: corante do sorvete vem de inseto. *Sebrae de Santa Catarina*.
- NASCIMENTO, L.J. Efeito de fontes de adubação sobre as características produtivas da palma forrageira. Trabalho de conclusão de curso. UFPB/CCA. Areia. 2020.
- NEVES, A.L.A., PEREIRA, L.G.R., SANTOS, R.D., VOLTOLINI, T.V. ARAÚJO, MORAES, S.A., ARAGÃO, A.S.L. E COSTA, C.T.F. 2010. Plantio e uso da pma forrageira na alimentação de bovinos leiteiros no Semiárido brasileiro. 1ª ed. *Embrapa Gado de Leite*, Juiz de Fora. 8p.
- NEVES, F. L., SPÍNOLA, A. M., CHAGAS, M. C. M., NEVES, J. D. C., CARVALHO, J. D., KÜSTER, I. S., FIGUEIREDO, M. R. P., OLIVEIRA, F. S., OLIVEIRA, E. F. E PEREIRA, S. L. 2020. Palma-forrageira: opção e potencialidades para alimentação animal e humana em propriedades rurais do Estado do Espírito Santo. Vitória, ES: Incaper, 52 p. : il. Color. – (Incaper, Documentos, 276).

- NOBEL, P., RUSSELL, C., FELKER, P., MEDINA, J., ACUNA, E. 1987. Nutrient relations and productivity of prickly pear cacti. *Agronomy Journal* 79, 550–555.
- NUNES, C. S. 2011a. Conhecimento sobre o uso medicinal da palma forrageira (*Opuntia ficus indica*) no município de Baraúna-PB. *Revista Brasileira de Informações Científicas*. v.2, n.3, p.55-59.
- NUNES, C. S. 2011b. Usos e aplicações da palma forrageira como uma grande fonte de economia para o semiárido nordestino. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 6(1), 8.
- OLIVEIRA JÚNIOR, S., BARREIRO NETO, M., RAMOS, J.P.F., LEITE, M.L.M.V., BRITO, E.A. & NASCIMENTO, J.P. 2009. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) em função do espaçamento no Semiárido paraibano. *Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária*. 3(1): 7-12.
- OLIVEIRA, F. T.; SOUTO, J. S.; SILVA R. P.; ANDRADE FILHO, F. C.; PEREIRA JÚNIOR, E. B.; Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. *Revista Verde*, v.5, n.4, p. 27 – 37, de 2010.
- RAMOS, J. P. F. *et al.* Crescimento vegetativo de *Opuntia ficus-indica* em diferentes espaçamentos de plantio. *Revista Caatinga*, v. 24, p. 41-48, 2011
- REINOLDS, S. G.; ARIAS, E. 2001. General background on opuntia. In: Mondragón-Jacobo, C., & Pérez-González, S. (Eds.). (2001). *Cactus (Opuntia spp.) as forage* (Vol. 169). Food & Agriculture Org. Vol. 169.
- ROCHA, J.E.S. 2012. *Palma forrageira no Brasil: o estado da arte*. EMBRAPA Caprinos e Ovinos. 40p. (Documentos, 106).
- SÁENZ-HERNÁNDEZ, D. 2001. Fabricação de alimentos e obtenção de subprodutos. In: BARBERA, G. E.; INGLESE, P. (Eds.). *Agroecologia, cultivos e usos da palma forrageira*. Paraíba: SEBRAE/PB, 2001. p.140-146.
- SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIRA, M.A. et al. 1997. A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) em Pernambuco: cultivo e utilização. Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, 23p.
- SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIRA, M.A.; SANTOS, M. V. F.; ARRUDA, G. P.; COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M.; WARUMBY, J. F.; MELO, J. N. 2002. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco: cultivo e utilização. Recife: IPA, 45p. (IPA. Documentos).
- SANTOS, D. Manejo e utilização de Palma Forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco. Recife: IPA, 2006. 48p. Boletim Técnico, 30.
- SANTOS, D. C.; LIRA, M. A.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; MELLO, A. C. L. 2008. Recomendação de adubação para a palma forrageira. In: CAVALCANTI, F. J. A. (ed.) *Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª Aproximação*. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, p. 178.
- SANTOS, M. V. F.; CUNHA, M. V.; LIRA, M. A. et al. 2011. Manejo da palma forrageira. In: 2º Congresso Brasileiro de Palma e outras Cactáceas, 2011, Garanhuns. **Anais...** Pernambuco: Universidade Federal Rural de Pernambuco, p. 15.
- SANTOS, M. R., DONATO, S. L. R., & COTRIM JUNIOR, P. R. F. (2020). Irrigação na palma forrageira. *Revista Agrotecnologia*, 11(1), 75-86.
- SCHEINVAR, L. 2001. Taxonomia das Opuntias utilizadas, p.20-27. In: Barbera, G., Inglese, P. & Barrios, E.P. (Ed.). *Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira*. Traduzido por SEBRAE/PB. João Pessoa: SEBRAE/PB.

- SCHULTZ, R.A. 1943. Introdução ao estudo da botânica sistemática. 2 ed. Porto Alegre: Livraria O Globo, 562p.
- SILVA, C. C. F. & SANTOS, L. C. 2007. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. *Revista Eletrônica de Veterinária REDVET*.8(05): 1-11
- SILVA, N. G. D. M., LIRA, M. D. A., SANTOS, M. V. F. D., DUBEUX JÚNIOR, J. C. B., MELLO, A. C. L. D., & SILVA, M. D. C. 2010. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma forrageira. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n. 11, p. 2389-2397.
- SILVA, J. A., BONOMO, P., DONATO, S. L. R., PIRES, A. J. V., ROSA, R. C. C., & DONATO, P. E. R. 2012. Composição mineral em cladódios de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubações química. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7(1), 866-875.
- SILVA, N. G. M. 2012. Produtividade, morfometria e acúmulo de nutrientes de palmaforrageira sob doses de adubação orgânica em densidades de plantio. Tese de doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE. 97p.
- SILVA, L. M. D., FAGUNDES, J. L., VIEGAS, P. A. A., MUNIZ, E. N., RANGEL, J. H. D. A., MOREIRA, A. L., & BACKES, A. A. 2014. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. *Ciência Rural*, 44, 2064-2071. DOI: 10.1590/0103-8478cr20131305.
- SILVA, P. F., MATOS, R. M., BPRGES, V. E., MELO JÚNIOR, A. P., & NETO, J. D. (2015). Características morfológicas de três cultivares de palma forrageira sob fertilização mineral em Grande-PB. *Enciclopédia Biosfera*, 11(21). 1-11.
- SILVA, E. T. S., MELO, A. A. S., FERREIRA, M. A., OLIVEIRA, J.C.V., SANTOS, D.C., SILVA, R. C., IN'ACIO, J.G., 2017. Acceptability by Girolando heifers and nutritional value of erect prickly pear stored for different periods. *Pesq. Agropec. Brasil*. 52, 761–767. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2017000900008>.
- SILVA, F. M. F., ALBUQUERQUE, A. L. S., & SILVA, W. R. T. 2021. Avaliação do crescimento vegetativo de palma forrageira no Semiárido Alagoano. *Diversitas Journal*,6(1), 1777-1785.
- SIMÕES, D.A.; SANTOS, D. C.; DIAS, F. M. 2005. Introdução da palma forrageira no Brasil. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005, v. único, 2005. p. 13.
- SINGH, B. (2018). Are Nitrogen Fertilizers Deleterious to Soil Health? *Agronomy*, 8(4), 1-19.
- SOARES II, J. C. & SILVA JÚNIOR, S. S. 2012. Palma forrageira: uma alternativa para sobrevivência no Semiárido. *Revista Cabra & Ovelha*. 34(72): 4-5.
- SOARES, F. M. F., ALBUQUERQUE, A. L. S., & SILVA, W. R. T. (2021). Avaliação do crescimento vegetativo de palma forrageira no Semiárido Alagoano. *Diversitas Journal*,6(1), 1777-1785.
- SOUSA, T. P. & SOUSA NETO, E. P. 2012. Produção de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill. e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) como alternativa de alimentação para criações no Semiárido. Anais VIII Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 14- 17 ago., Campina Grande, PB.
- SOUZA, V. G. D.; PEREIRA, O. G.; MORAES, S. A. D.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S. D. C.; ZAGO, C. P. E FREITAS, E. V. V. 2003. Valor nutritivo de silagens de sorgo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(3): 753-759. DOI: 10.1590/S1516-35982003000300028.
- SOUZA, C. M. S., MEDEIROS, A. N., FURTADO, D. A., BATISTA, A. M. V., PIMENTA FILHO, E. C. & SILVA, D. S. 2010. Desempenho de ovelhas nativas em confinamento recebendo palma-forrageira na dieta na região do Semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 39(5): 1146-1156.

- SOUZA, W. J. S.; LIMA, W. B.; VIEIRA, M. F. ; FREITAS, J. B. T. ; BATISTA, J. L. ; COSTA, J. J. D. . Controle alternativo da cochonilha de escamas (*Diaspis echinocacti*) na palma forrageira. In: Anais do IV Congresso Brasileiro de Palma e Outras Cactaceas, 2015, Salvador BA. IV Congresso Brasileiro de Palma e Outras Cactaceas, 2015.
- SOUZA, M. S.; SOUZA, J. T. A.; LIMA, G. F. C.; MEDEIROS, M. R.; OLIVEIRA, R.; BATISTA, J. L. Primeiro Registro de *Aricoris campestris* (H. Bates) (Lepidoptera: Riodinidae) em Palma Forrageira *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck (Cactaceae) no Brasil. *EntomoBrasilis*, Vassouras, v. 11, n. 2, mai. – ago. 2018, p. 142-143.
- SOUZA, J. T. A., NASCIMENTO, M. G. R., FIGUEREDO, J. P., NÁPOLES, F. A. M., & ANDRADE, F. H. A. (2019). Caracterização técnico-produtiva do sistema de cultivo de palma forrageira no Cariri paraibano. *Revista de Agricultura Neotropical*, 6(2), 64- 71.
- TEIXEIRA, M. B., DONATO, S. L. R., SILVA, J. A., & DONATO, P. E. R. (2019). Establishment of dris norms for cactus pear grown under organic fertilization in semiarid conditions. *Revista Caatinga*, 32(4), 952-959.
- TELES, M. M., SANTOS, M. V. F. D., DUBEUX JUNIOR, J. C. B., LIRA, M. D. A., FERREIRA, R. L. C., BEZERRA NETO, E., & FARIAS, I. 2004. Efeito da adubação e do uso de nematicida na composição química da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 1992-1998.
- VASCONCELOS, A. G. V., LIRA, M. A., CAVALCANTI, V. A. L. B., SANTOS, M. V. F., CÂMARA, T. & WILLADINO, L. 2007. Micropropagação de palma forrageira cv. Miúda (*Nopalea cochenillifera* - Salm Dyck). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*.2(1): 28-31.
- VASCONCELOS, A.G.V., LIRA, M.A., CAVALCANTI, V.A.L.B. E Santos, M.V.F. 2009. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius ceylonicus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38(5): 827-83.
- WANDERLEY, W. L., FERREIRA, M. D. A., ANDRADE, D. K. B. D., VÉRAS, A. S. C., FARIAS, I., LIMA, L. E. D., & DIAS, A. M. D. A. 2002. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, 273-281.
- XAVIER, M. A., BATISTA, M. C., SANTOS J. P. O., SILVA, J. L. C., CARTAXO, P. H. A., REGES, R. S., & PEREIRA, D. D. (2020). Caracterização biométrica de cladódios de *Opuntia stricta* submetida a lâminas de irrigação e adubação orgânica no Semiárido paraibano. *Revista Agrarian*, 13(47), 74-81.
- ZIMMERMANN, H.; GRANATA, G. Insect pests and diseases. In: NOBEL, P. S. (Ed.). *Cacti: biology and uses*. Berkeley, Los Angeles, London: University of California Press, p.235-254. 2002.
- ZÚNIGA-TARANGO, R.; ORANO-CASTILLO, I.; VÁZQUEZ-VÁZQUEZ, C. et al. Desarrollo radical, rendimiento y concentración mineral en diferentes tratamientos de fertilización. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, n.11, p.53-68, 2009.

FOGO NAS PASTAGENS: IMPACTOS, FERTILIDADE DO SOLO E QUALIDADE NUTRICIONAL DA PASTAGEM

ALAN RICARDO VALDANHA DE SOUZA

NATALIA DO VAL TAVARES

YASMIM BELTRÃO DIB

JHENYFER RENATA DINIZ SOUZA

LUANA GLAUP ARAÚJO DOURADO

LUANA APARECIDA MENEGAZ MENEGHETTI

EDNA MARIA BONFIM-SILVA

RESUMO: A aplicação de fogo tem sido uma prática utilizada em várias ocasiões para o melhoramento da composição da flora das áreas de pastagens, para a qualidade das forrageiras, no controle de plantas espontâneas, parasitas e doenças que possam levar a injúrias nos animais. Porém, com o decorrer do tempo, essa prática provoca no solo, leva a degradação físico-química e biológica, aumentando os prejuízos ao meio ambiente. Objetivou-se com este capítulo demonstrar o impacto que a queima das pastagens traz para o ecossistema, para tanto descrever a legislação vigente; delinear acerca dos benefícios e malefícios da aplicação de fogo na fertilidade dos solos e qualidade nutricional das pastagens.

Palavras-chave: fogo, pastagens, queima, forrageiras.

1 INTRODUÇÃO

Sendo considerado a mais antiga fonte de energia natural dominada pelo homem, sendo fogo, um fenômeno natural muito frequente em vários períodos e eras na história. No início das primeiras civilizações, uma das únicas fontes de ignição eram as descargas elétricas ocorridas durante as tempestades, o que gerava fogo devido à degradação da vegetação natural. O fogo passou a ser usado como fonte de calor para o aquecimento de comunidades e preparo de alimentos, possibilitando a fixação de tribos nômades.

Na presença das pastagens, como em algumas localidades, a aplicação do fogo teve início quando pastores notaram que a vegetação das áreas recentemente queimadas era preferida pelos animais, percebendo-se mais nutritiva, sendo desde então, uma prática rotineira utilizada em determinadas pastagens, notadamente no final da estação de crescimento (SOARES, 1995) e sendo aplicada como ferramenta de manejo do ambiente desde sua descoberta.

A ascensão do uso das terras para pastejo, seja em vegetação natural ou plantada, a queima consiste em uma das técnicas mais utilizadas para se limpar e renovar a vegetação da pastagem, sendo

muito criticadas por prejudicarem na capacidade de fertilização do solo e que, favorecem a erosão, concorrendo para o assoreamento dos rios e o agravamento de fenômenos associados ao El Niño e ao efeito estufa (EMBRAPA, 2000).

Sendo a queima, uma das práticas agrícolas mais econômicas na condução do solo para semeadura, e em áreas florestais é utilizada para reduzir o material vegetal, o que possibilita a entrada de máquinas e melhores maneiras para a germinação das sementes. O fogo controlado pode ser aplicado para prevenir incêndios, pois auxilia na redução de material combustível, grande responsável por incêndios como comburentes e calor.

No meio da agricultura, ainda é uma técnica muito discutida entre os pesquisadores, sendo combatido por alguns e defendido por outros para pastagens que sejam nativas, são levantados quais as razões para a aplicação desta prática e quais seriam os possíveis benefícios e malefícios dentro da agricultura e pecuária.

Vários são os princípios para o uso dessa prática, como a diminuição de matéria vegetal afetadas pelas geadas durante o frio, em que seu excesso, para os produtores, prejudica na rebrota durante a primavera. Outra razão seria de que animais, tais como os ruminantes e os equinos, supostamente não consumiriam a pastagem com aspecto seco e envelhecido e atingido pelas geadas.

Porém, relacionado a eliminação de pasto seco, especificamente para espécies de pequeno porte, acredita-se não haver as chances de eliminação, pois esse material seco funcionaria como proteção da recente brota que surge ao fim do período de inverno, além da cobertura superficial do solo com palha, o que os produtores denominam de sistema de plantio direto. No caso das pastagens naturais, o plantio direto acontece naturalmente. Entretanto, faz-se necessário manejar bem as pastagens objetivando que o excesso de material seco não seja exagerado.

Neste contexto, objetivou-se por meio deste capítulo fazer uma revisão sobre a aplicação do fogo em pastagens, tanto para descrever a legislação vigente, como delinear acerca dos benefícios e malefícios destes sobre a fertilidade dos solos e da qualidade nutricional das pastagens e apresentar os impactos ocasionados por essa técnica.

2 PRÁTICA DE QUEIMADAS

Vem sendo comumente utilizado fogo no manejo para pastagens, renovação e expansão de áreas e em atividades agrícolas, sendo uma prática de campo usual, e para alguns produtores e autores podendo ser eficiente, de curto prazo e de valor acessível (SANTOS et al., 2014; CAÚLA et al., 2015; SILVA et al., 2018; LIMA et al., 2020; ANDRADE et al., 2020).

As queimadas podem contribuir para a facilidade de regeneração dos ecossistemas naturais e de pastagens além de benefícios nos custos de mão-de-obra (por exemplo, com a extração de resíduos agrícolas), a transformação de paisagens com *habitats* abertos, que permitem a evolução da flora e fauna, o controle de pragas, entre outros (HOLZ et al., 2017; KELLY & BROTONS, 2017; PAUSAS e KEELEY, 2009).

Essa prática, utilizada em substituição a outras tecnologias, proporciona com baixo custo a eliminação de restos de massa seca com grande conteúdo bruto como talos e troncos finos, descartados pelos animais. Sendo também eficiente na indução da rebrota, com forragem melhorada (DIAS-FILHO & ANDRADE, 2005).

No entanto, essa queima ocupa posição como principal fator no aumento de danos por fogo em florestas, contribuindo assim para a redução e degradação da capacidade de regeneração dos ecossistemas. Incêndios florestais causam impactos negativos significativos à saúde humana (MENDONÇA et al., 2004) e ao clima (BROWN et al. 2000). Devido a isso, a sociedade e as autoridades brasileiras devem se atentar à questão da queima, por ser o principal fator desencadeador dos incêndios florestais, tanto pelos seus impactos socioambientais, como pelos prejuízos econômicos a eles relacionados (MISTY & BIZERRIL, 2011; MMA, 2011).

Faz-se necessário que exista uma diferença entre incêndios e queimadas, em que se define que o termo “incêndio” deve ser característico da queima descontrolada de material vegetal ou não e que acarretará impactos ao meio ambiente e à sociedade, podendo ser de forma espontânea, acidental ou criminosa quando for de ação antrópica. No que se refere à queimada, trata-se da queima controlada iniciada a partir da ação antrópica, a fim de minimizar ações de incêndios.

2.1 Prática de queimadas no Cerrado brasileiro

A cultura da queima está e esteve sempre presente na história brasileira (COUTINHO, 1990; PIVELLO, 2006; PIVELLO et al., 2010; PIVELLO & COUTINHO, 1996; HENRIQUES, 2005) voltada principalmente para o manejo de pastagens devido seu potencial de substituição a outras tecnologias que geram altos custo, sendo esta de baixo custo, proporcionando eliminação de restos de massa seca com grande conteúdo de talos, uma vez que não é recomendável que acumule tanto, estas que não houve consumação pelos animais durante a estação seca, além disso, induz a rebrota da forragem (DIAS, 2005).

Essa prática também ajuda na restauração da produtividade de pastagens, limpeza da terra para atividades agrícolas e sendo essas atividades os principais fatores de adoção dessa prática pelo homem (NEPSTAD et al., 1999; ALENCAR et al., 2004), nos biomas brasileiros (FERNANDES & FERNANDES, 2002) e de particular interesse nesse estudo, no Cerrado brasileiro. Para Mistry & Bizerril (2011), todavia, de certo modo o que demonstra ser vantajoso acaba fugindo do propósito quando olhamos pela perspectiva que é justamente através da adoção dessa prática que muitos incêndios são iniciados em propriedades rurais, onde estão diretamente ligados às atividades agrícolas, independente do ecossistema em que estão inseridos.

A queima é utilizada como uma opção insubstituível para a limpeza de lavouras e renovação de pastagens, mesmo que haja diferentes técnicas agropecuárias que podem ser adequadas a cada situação, de maneira sustentável e sem precisar trabalhar com a hipótese que algum problema será gerado. Para alguns, a queima é uma solução fácil e de baixo custo, que a rebrota acontece de forma mais hábil e de maneira natural, eliminando

todo material seco acumulado e fazendo com que a escassez de alimentos aos animais seja suprida pela vinda rápida de vegetação nova (SILVA, 2007).

Além disso, acreditam que as queimadas ajudam na melhora da saúde animal, devido a eliminação de ectoparasitas, como carrapatos e bernes (que também são vetores de diversas doenças), cujos ciclos de vida inicial se dá na vegetação, antes que atinjam os animais parasitados. Interrompendo esse ciclo com a queima da vegetação, ocorre uma diminuição na infecção dos animais, contribuindo para o controle dos parasitas e, por consequência, levaria a redução das doenças que estes causam aos animais, porém inevitavelmente os grandes produtores utilizam defensivos agrícolas para conter essas e outras problemáticas, sendo assim, refutada esse tipo de argumentação (SILVA, 2007).

O fogo espontâneo ocorre frequentemente no Cerrado e tem papel importante em seu funcionamento e equilíbrio ecológico, principalmente na quebra de dormência de sementes nativas e na revitalização da flora após o período de seca. Contudo, as mudanças no uso do solo têm alterado o regime de queima natural nesse bioma (FALLERO 2011).

Queimas geradas para induzir a rebrota do capim na estação seca, recorrentemente saem de controle e espalham-se por grandes áreas, inclusive áreas protegidas como terras indígenas, unidades de conservação, áreas de preservação permanente e reservas legais, ocasionando incêndios florestais de grandes proporções (MISTRY & BIZERRIL, 2011).

No que se refere ao melhoramento e manejo de pastagens nativas, o uso da queimada é argumentado como sendo a forma mais eficaz de promover rapidamente a rebrota, levando ao fim da escassez de alimentos que existe após o inverno. Segundo Córdova et al. (2004), para aprimorar as pastagens, a queima pode ser justificada, ou seja, quando a pastagem for de maior porte, ou a vegetação seja nativa, onde outras técnicas se mostram impossíveis de serem aplicadas ou quando o terreno apresentar características de cascalho ou declividade, e da mesma forma não for possível outra forma de limpeza e semeadura das sementes.

Porém, deve ser levado em consideração que a queima, ainda que em situações que se mostram vantajosas, com a retirada total da vegetação, pode favorecer a aparição de plantas espontâneas, já que o fogo retira a competição de muitas espécies por um determinado período. Ainda, existe a perda de matéria orgânica e nutrientes, representando prejuízos para o solo e alterações nas condições normais deste (CÓRDOVA et al., 2004).

Nas palavras de Evangelista, citado por Córdova et al. (2004, p. 214):

“O fogo, em si, não é bom nem mau, mas apenas um instrumento à nossa disposição (...). Seu abuso é sempre pernicioso e seu impacto sobre a natureza é sempre profundo. Tudo depende da perspectiva do homem que, sendo maior que o fogo, pode dominá-lo e colocá-lo a seu serviço”.

Silva (2003) concluiu que sobre a aplicação do fogo para a troca da pastagem, ele afirma que mesmo que o fogo parece reduzir a quantidade de pasto, sua ação poderia ocasionar aumento na concentração de proteína bruta que se dispõe através da queima.

A rebrota demora em torno de cinco meses, mas em contrapartida, as espécies espontâneas, como grama forquilha (*Paspalum notatum*), pega-pega (*Desmodium barbatum* (L.)), caraguatá (*Eryngium horridum*) e outras plantas espontâneas aumentaram após o fogo em contraposição a outras, também consideradas espontâneas como o capim-rabo-de-

burro (*Andropogon bicornis* e *Schizachyrium microstachyum*), cabelo-de-porco (*Paspalum hyalinum*), carqueja (*Baccharis articulata*), barba-de-bode (*Andropogon virginicus*) e o capimannoni (*Eragrostis plana* Nees).

Sendo assim, a queima pode ser tanto prejudicial como favorável dependendo do que se pretende dentro da cultura, ou seja, eliminar algumas espécies ou induzir a renovação do pasto natural. Nesse sentido, o que se sabe é que existem inúmeras contradições sobre a prática das queimadas, por exemplo: nas pesquisas de Pupo & Schreiner, citadas por Córdova et al. (2004), estes apontam itens favoráveis e desfavoráveis da prática, relativamente equilibradas e determina as vantagens como: a remoção do capim velho rejeitado pelo gado; rebrota rápida e de boa qualidade; eliminação de endoparasitas e ectoparasitas; controle de algumas plantas espontâneas; e a deposição de cinzas contendo nutrientes aproveitados pela nova vegetação.

Enquanto as desvantagens abordadas foram: o aumento da erosão do solo, principalmente em terrenos com declive; redução da infiltração de água no solo; destruição de parte da matéria orgânica existente no solo; redução da incidência de algumas espécies de insetos, inimigos naturais de diversas pragas; diminuição da população de microrganismos úteis; contribuição para o surgimento de condições físicas desfavoráveis.

As grandes e frequentes queimadas nas áreas de Cerrado, durante a estação seca, são o retrato do descompasso entre essas normas, o uso do fogo no cotidiano do pequeno produtor rural e as políticas públicas a ele direcionadas (SORRENSEN, 2009).

Para Pivello (2006), a dificuldade que envolve a prática do fogo em manejo de áreas protegidas em seus arredores, pode ser marcada por interesses de exploração e manutenção que, na maioria das vezes, são controversos. A execução do fogo para manejo de pastagens, comum em Unidades de Conservação, é gerada e alimentada por fatores históricos, ecológicos, econômicos e culturais.

Esses fatores não se alinham às justificativas e ações institucionais dos órgãos públicos competentes, referendadas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação-SNUC. Isto porque um bom número das UCs estabelecidas ocorreu em áreas previamente habitadas (IBGE, 2010) por populações detentoras de lógicas produtivas próprias e ancestrais, que têm no fogo uma importante ferramenta de manejo (COUTINHO, 1990; PIVELLO, 2006; PIVELLO et al., 1996; HENRIQUES, 2005; DIAS, 1992a, 2005; MMA, 2011).

3 LEGISLAÇÃO

Mesmo não sendo proibidas abrangentemente, as queimadas mostram-se majoritariamente nocivas ao meio ambiente em que se destaca a poluição do ar através da emissão de poluentes prejudiciais à saúde humana. A incidência do fogo na vegetação, em qualquer bioma que ocorra, pode haver tanto a causa natural, ou antrópica.

Destaca-se entre as ações antrópicas o fogo como ferramenta de manejo rural. O Código Florestal Brasileiro (CFB) de 1965, LEI nº 4771/65, no artigo 27, restringe a aplicação do fogo em zonas rurais, e o atualizado CFB de 2012 acabou realizando a flexibilização na Lei Nº 12651/12, artigo 38. O fogo controlado só deve ocorrer se houver

permissão dos órgãos competentes, além de cumprir vários requisitos, como a definição do objetivo da queima, avaliação preliminar da área, como os materiais a serem queimados, localização da propriedade, entre outros, além de um plano de queima, que resumiria todo o acompanhamento da operação, incluindo a preparação da área, além da capacitação das pessoas que a executaram.

Relacionada às unidades de conservação, é explícito ao dizer que está autorizado a aplicação do fogo controlado em Unidades de Conservação, dentro da legalidade e de acordo com o respectivo plano de manejo, com autorização prévia do órgão gestor da mesma, objetivando práticas conservacionistas da vegetação nativa, as quais as características ecológicas estejam vinculadas evolutivamente a incidência do fogo (BRASIL, 2012).

A legislação relacionada ao fogo no Brasil, permite desde o final da década de 1980 o seu uso para manejo dentro de algumas condições (ICMBio, 2010). Porém, nos termos práticos, este se encontra com diversos entraves pelos órgãos legalizadores que geralmente, não contemplam em tempo hábil aos interesses dos usuários, que porventura possam se demonstrar isolados ou ao lado de outras tecnologias, instrumentos de produção rural, mesmo quando protegidos pelo novo CFB de 2012 (BRASIL, 2012) que o flexibilizou.

O vigente CFB de 2012, mais abrangente em questões relacionadas às aplicações do fogo inovou relacionado ao código anterior, datado de meados da década de 1960, que flexibilizou a aplicação do fogo em dadas ocasiões ainda que, majoritariamente, possa ficar contida dentro da legislação estadual (BRASIL, 1965; BRASIL, 2012).

Sobre esse aspecto, Kinzo (1999) atenta-se ao fato de as políticas públicas não estarem corretamente integradas nas esferas de governo, e nos órgãos de fomento e extensão rural não possuírem estrutura adequada para a assistência técnica aos produtores de forma contínua. Estes são os principais pontos de abordagem legal, relacionados ao CF de 2012.

Na elaboração de políticas públicas a conservação e manejo, a gestão participativa é pouco falada, sendo implementadas políticas que não convêm com a forma em que determinadas comunidades, não reconhecendo as práticas das populações tradicionais locais nos processos de gestão e por esse motivo, não as levam em consideração antes de implementar as normas ambientais (POZO, 2002).

O fogo para remoção de sujeiras em áreas e manejo de pastagens fora da legalidade e segurança, não é resultado direto de qualquer entrave burocrático e tão pouco sustentado por argumentos infundados para utilização dessa ferramenta, até mesmo se a concessão se fizesse necessária sendo mais ágil pelos órgãos de fiscalização e licenciamento, tal rapidez não estimula este pequeno produtor a requerê-la, pois recorrem ao imediatismo sem medir as consequências futuras.

Devido a isso, a justificativa da queimada para manejo baseado somente em argumentos voltados à práticas burocráticas, condicionalidades e tradicionalismo não reduzem a questão nem justificam o porquê de seus usuários persistirem nesse formato usual como solucionador de questões sendo que existem outras maneiras seguras e sustentáveis para resolver, colocando em risco de incêndio enormes áreas, inclusive nativas, com potencial perda de biodiversidade e vidas humanas.

4 IMPACTOS OCORRIDOS EM DECORRÊNCIA DAS PRÁTICAS DE QUEIMADAS

As queimadas em pastagens se deram quando pastores perceberam que a vegetação das áreas recentemente incendiadas era mais nutritiva e preferida pelos animais, sendo desde então, uma prática rotineira utilizada para manusear pastos, preferencialmente ao fim dos estágios de crescimento (SOARES, 1995).

Os resultados do fogo são específicos para cada ecossistema, influenciados principalmente pela quantidade e tipo do material para a combustão, e diretamente pela época do ano, frequência e duração da queima, além das condições ambientais durante a queima, umidade e a capacidade de fertilização do solo, topografia, manejo do pastejo anterior e posterior do fogo, características vegetais e animais que pastam (DAMÉ et al., 1997).

Com pastagens nativas sendo a base da alimentação dos bovinos no Pantanal, estão sujeitas a flutuações quantitativa e qualitativa em devido às características ecológicas da região, onde o índice de inundação desempenha um papel muito importante na variação da disponibilidade forrageira. Dependendo da microrregião e da suscetibilidade à inundação, podem ocorrer dois períodos críticos na quantidade de matéria das plantas secas, um durante os meados ao fim do período chuvoso e outro ao fim da seca (POTT et al., 1989).

Na finalidade de aumentar a disponibilidade de forragens na estiagem, a queima é realizada anualmente, contudo, contrário ao que é realizado em grande parte das áreas de savana, sua utilização é realizada de forma seletiva e localizada, procurando diminuir ou eliminar para conter o crescimento de espécies espontâneas e promover a expansão das forrageiras de baixa aceitabilidade.

Embora a queima como ferramenta para o manuseio de áreas de savana e campos naturais seja polêmica, o seu emprego em muitas regiões de clima mais elevado, como subtropicais e tropicais, especialmente naquelas caracterizadas pela estação seca, constitui uma prática bastante comum.

Os efeitos danosos da queima, porém, são significativamente reduzidos quando a queima é realizada em pastagens com condições favoráveis para o desenvolvimento da forrageira, ou seja, aplicada na época correta e a partir de que a pastagem não esteja sobre pastoreada (VOGL, 1974). Relacionado ao pasto que rebrota a partir da queima, este apresenta qualidade superior, quando comparadas às áreas roçadas, eliminando a matéria seca (MACHADO, 1999).

4.1 Efeitos das queimadas no solo

O fogo utilizado como ferramenta de manejo pode acarretar alterações nas propriedades biofísico-químicas do solo, podendo afetar as características vegetais do pasto, incluindo o quantitativo e qualitativo na capacidade de produção das plantas forrageiras. Relacionado aos resultados do fogo nas características do solo, consegue-se observar posterior a queima a cobertura vegetal fica reduzida, aumentando os impactos no gotejamento da chuva (BERTOL et al., 1997; HERINGER & JACQUES, 2002a; BARETTA et al., 2005).

Sendo realizada durante a seca, a queima apresenta prejuízos na infiltração do solo, levando ao favor da erosão. Podendo ser revertida a fim de que a queima seja aplicada de forma amena, em estações chuvosas, e com o vento em sentido adequado, fazendo com que a parte inferior do cultivo não seja atingida, deixando uma camada que possa proteger o solo de um processo erosivo subsequente. (MACHADO, 1999).

Tratando da matéria orgânica (MO) presente no solo, há divergências quanto ao fogo ser prejudicial. Contrariando a questão da poluição do ar, na qual as queimadas realizadas com menor frequência e com locais previamente marcados não acarretarão em efeitos poluidores como queimadas frequentes e intensas (MACHADO, 1999).

Já relacionado com aspectos bioquímicos presentes no solo, é acordado que queimas recorrentes danificam forragens, ocasionando o esgotamento de reservas nas raízes das plantas e na base do coleto, diminuindo a capacidade de rebrotamento daquela planta, acarretando também na perda de compostos como nitrogênio, enxofre e outros elementos contidos na vegetação queimada (ZANINE & DINIZ, 2007).

Deste modo, o exercício da queima nas folhas das forragens, poderia acarretar menores danos ao solo, a vegetação, desde que o material resultante da queima, a cinza, permanecesse naquela superfície, ou seja, caso não fossem lixiviados, especialmente em locais onde o relevo é acidentado como as encostas.

Dias Filho (2003) relatou que o fogo pode levar a alterações importantes quando o pasto afetado transforma-se em cinzas, podendo ser absorvidas ou não pelo solo, gerando duas possibilidades, a de que se incorporadas ou absorvidas, aumenta a disponibilidade dos nutrientes, e se forem carregadas pela água no processo de lixiviação, podem deixar o solo desprotegido.

Assim, o fogo para fins de controle de plantas espontâneas e melhoramento das pastagens embora busque aprimorar a capacidade fértil do solo, devem ser observados certos cuidados, relacionados ao manejo subsequente no local queimado, evitando-se o pisoteio e o pastejo prematuro, sob pena de serem inócuas as condições favoráveis acima elencadas (DIAS FILHO, 2003).

Quando se decide utilizar a técnica de fogo como manejos nas pastagens, seja natural ou cultivada, deve-se estar atento aos resultados do fogo sob as características físico-químicas do solo, pois ocorrerá ação imediata sobre a sua umidade, teor de MO e nutrientes. Segundo Zanine & Diniz (2006), a prática do fogo acarreta uma série de modificações de natureza física, química e biológica no solo.

O uso contínuo do fogo se aplica conseqüentemente a exposição do solo ao impactado pelo gotejamento sob o solo frágil após a queima, diminuindo a porosidade e aumentando a erosão, além de interromper gradualmente o ciclo da MO, diminuindo a troca de cátions, absorção e disponibilidade de água, a diminuição de nutrientes do sistema, o que favorece o brotamento de plantas espontâneas e acelera a degradação das pastagens.

Fernandes & Fernandes (2002) analisaram amostras de solo em pastagens até 40 cm de profundidade antes e 15 dias depois da queima e verificaram elevação no pH e na CTC a pH 7, independente da profundidade, além de aumento de íons negativos, até os 20

cm, e no fósforo disponível, na camada 0-5 cm. Os autores atribuíram essas alterações ao efeito fertilizador das cinzas depositadas no solo.

Rheinheimer et al. (2003) monitoraram as condições químicas do solo durante 350 dias depois do fogo nas pastagens e observaram elevação inicial no pH, nas bases trocáveis e no fósforo disponível e redução no Al^{3+} , na profundidade de 0-10 cm, mas relatam que esses mesmos atributos químicos do solo tenderam aos valores originais, depois de 90 dias da queima, exceto para o fósforo, que manteve níveis mais elevados no solo decorridos 350 dias da queima.

Segundo Jacques (2002), o retorno das condições químicas originais do solo depois o incêndio na pastagem, ou seja, níveis de acidez, troca de bases, pode ser atribuído à absorção dos nutrientes pelas raízes, ou à sua perda por lixiviação no perfil do solo por ação da água de chuva, ou ainda pela remoção de parte das cinzas depositadas sob o terreno por ação do vento. De outra maneira, o cuidado nos níveis mais elevados de fósforo disponível no solo pode ser atribuído à sua forte adsorção, e conseqüente baixa mobilidade, no sistema solo, sendo passível de perda comumente através do carreamento de material por processo erosivo (RAIJ, 2011).

Amostras de solo, coletadas sob pastagem queimada após oito anos de suspensão da queima, mostraram que os teores de bases foram inferiores aos encontrados sob pastagem natural, exceto para o fósforo, que tendeu a apresentar níveis de disponibilidade ligeiramente superiores (DICK et al., 2008). No trabalho desenvolvido para avaliar os impactos do fogo controlado em campo observou que o teor de fósforo no solo aumentou quase três vezes comparando o solo testemunha (FARIA et al., 2011).

O efeito direto da queima sob o solo é o aumento da temperatura, a qual pode promover aumentos na taxa de decomposição dos resíduos e na mineralização de MO e, conseqüentemente, a disponibilização de nutrientes que se encontravam complexados (SCHACHT et al., 1996).

Os elementos minerais que se tornam mais facilmente disponíveis como consequência do calor sobre a MO são: NH_4^+ , P inorgânico, Na, Ca, Mg e parte do K (GIRARDI-DEIRO et al., 1994). Para Arias (1963) e Villares (1966) o fogo como ferramenta de manejo, pode ser positivo devido à sua ação decompositora que ocorre a um nível inferior ao da vegetação. O efeito mais significativo do fogo controlado sobre o ecossistema é a mineralização da MO acumulada sob o solo florestal, a qual representa o elo entre o orgânico e inorgânico, sendo tão relevante para as plantas, quanto a fotossíntese que interliga o inorgânico e orgânico (SOARES, 1995).

Moore (1960), relatou que após trinta anos de trabalhos com fogo nas pastagens em solo sob vegetação de savana, na Nigéria, os teores de MO apresentaram-se 30% mais altos nas parcelas com queima leve (começo da estiagem) do que naquelas com queima severa (fim da estiagem). Corroborando com esses resultados Wright et al. (1976) encontraram perdas de MO do solo, variando de 0,08 a 0,56% para áreas com declividade moderada (8 a 20%) e íngreme (37 a 61%), respectivamente, mostrando que além do fogo o relevo também tem efeito sobre a MO.

Soares (1995) afirmou que, o empobrecimento do solo devido do fogo, pode ocorrer basicamente em duas situações: primeira, em incêndios de alta intensidade, que queimam, volatilizam ou dispersam a MO e grande parte dos nutrientes e, segunda quando o solo recebe queimas sucessivas e seu estoque de nutrientes é reduzido gradualmente. Em áreas florestais, onde os ciclos são longos, a segunda situação raramente ocorre, devido ao solo recuperar todo seu potencial antes do final da rotação.

O fogo possui influência direta nas características químicas do solo. No decorrer dos anos seu uso constante em pastagens pode promover o decréscimo na troca de cátions e uma elevação no pH do solo em consequência do uso das cinzas que reduzem temporariamente os índices de alumínio e de ácidos orgânicos que, simultaneamente, aumentam a saturação de bases do solo (GIOVANNINI & LUCCHESI, 1997).

Heringer (2000) estudou os impactos do fogo por longos períodos sobre parâmetros de solo e vegetação de uma pastagem natural no Sul do Brasil, utilizando diferentes alternativas de manejo sob condições de pastejo: sem queima e sem roçada há 32 anos; roçada anual há 32 anos; melhoramento da pastagem nativa há sete anos; melhoramento da pastagem nativa há 24 anos e, queima bienal há mais de 100 anos. A queima resultou em maiores teores e saturação de alumínio e maior acidez potencial, bem como menores teores de magnésio nas partes superficiais do solo; a roçagem reduziu a acidez potencial e aumentou a saturação de bases. As queimadas em pastagens naturais, em regiões de elevada altitude dos campos sul-brasileiros devem ser evitadas como prática de manejo rotineira, pois deteriora as características do solo e reduz o potencial produtivo da vegetação nativa.

Segundo Jacques (2002) a queima resultou em maiores teores e saturação de alumínio, e maior acidez potencial do solo, bem como menores teores de magnésio na camada superficial. Para Heringer e Jacques (2002b), a queima frequente e contínua de pastagens nativas deve ser evitada, pois promove a redução nos teores de magnésio, aumenta a acidez potencial e reduz a cobertura e umidade nas camadas superficiais do solo, comparativamente às práticas de manejo sem queima.

Com relação aos nutrientes do solo sob uma floresta, deve-se distinguir a quantidade total (a maior parte sob forma orgânica) e a disponível (mineralizada). Quando se faz uma queima controlada, embora a quantidade total de nutrientes diminua, a quantidade disponível ou mineralizada aumenta, sendo verificados aumentos de mais de 100% nos índices de N, P, K, Ca e Mg mineralizados depois da queima, sendo isto uma vantagem do uso do fogo. As plantas somente absorvem nutrientes mineralizados, é natural que elas cresçam mais rapidamente em áreas atingidas pelo (SOARES, 1995).

Avaliando os atributos químicos do solo de campos naturais do sul do Brasil, Rheinheimer et al. (2003) relataram redução nos índices de nitrogênio total após a queima, diminuindo nos meses subsequentes, inclusive não retornando às concentrações naturais no fim do período de um ano. As possíveis perdas de nitrogênio por volatilização podem ser compensadas por ganhos estimulados pelo aumento na atividade bacteriana do solo depois do fogo. As concentrações de Cálcio e Magnésio apresentaram comportamento inverso; a queima provocou aumentos em suas concentrações, porém rapidamente retornaram aos

valores iniciais e inferiram que o aumento na concentração desses cátions está vinculado à liberação de óxidos nas cinzas, estando de acordo com o que acontece em outros ambientes.

Em pastagens naturais da região do Pantanal arenoso, o fogo quinze dias após a queima apresentou elevação do pH se situando entre 5,5 e 5,9, apresentando diferença de acordo com a profundidade. Com relação à CTC, da soma de bases trocáveis, da saturação em bases e do conteúdo de fósforo, todas essas variáveis também apresentaram elevação após a queima, fato explicado devido ao efeito fertilizador das cinzas depositadas na superfície do solo após a queimada (FERNANDES & FERNANDES, 2002).

Esses resultados vão ao encontro dos relatados por Fernandez et al. (1997) que reportaram para um ecossistema de vegetação aberta (savanas), logo após a queima, aumento do pH e dos teores de P, Ca, Mg, e K nas camadas superficiais do solo ou variação significativa nos teores de outros elementos, sendo esses incrementos atribuídos às cinzas, o que pode acelerar a produção primária em certos ecossistemas. As concentrações de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo também foram aumentadas pela queima, enquanto a relação carbono/nitrogênio do solo diminuiu, o que pode significar um aumento nas taxas de mineralização da MO do solo (FERNANDES et al., 2007).

Nardoto & Bustamante (2003) observaram resultados similares para pastagens naturais em áreas de cerrado, no Centro-Oeste brasileiro, sendo verificado maior pH na área queimada e uma elevação na concentração de nitrogênio amoniacal, além de pequenos acúmulos de nitrogênio nítrico no solo, contudo apenas por curto período na estação chuvosa. As áreas queimadas e não queimadas apresentaram um mesmo padrão de mineralização/imobilização, mas com menor produção anual de N mineral na área queimada (14,7 kg.ha⁻¹ ano⁻¹ na área sem queima e 3,8 kg.ha⁻¹ ano⁻¹ na área queimada), um ano após a queima.

Portanto, a queima da pastagem propicia aspectos e impactos ambientais no sistema ambiental, associados à possível exportação de elementos minerais do sistema pastoril para os compartimentos atmosférico e hídrico (LANNA, 2005; MONTEIRO & RODRIGUES, 2006; SANTOS & RODRIGUES, 2008), ou mesmo associados à redução da capacidade produtiva da terra e de suporte da pastagem ao longo do tempo, caso essa prática seja adotada repetitivamente, conforme relato de vários autores (HERINGER et al., 2002; JACQUES, 2003; FREITAS & SANT'ANNA, 2004; KNICKER, 2007; ZANINE & DINIZ, 2006; DICK et al., 2008; FARIA et al., 2011).

4.2 Efeitos das queimadas na rebrota

A ideia de que a queima renovaria pastagens, levando a crer que produções de grande escala de forrageiras, não vem recebendo apoio da comunidade científica. Com relação ao efeito do fogo sobre a composição florística, foi verificado no estudo de Cardoso et al. (2003) em que pastagens naturais no ecossistema do Pantanal, a queima influenciou a frequência e a quantidade de espécies gramíneo-lenhosas quando comparada à área sem queima, tendo as gramíneas apresentado, em geral, o mesmo número de espécies nas duas áreas. Com relação ao grupo de ciperáceas e dicotiledôneas, constatou-se aumento no número e na frequência das espécies após a queimada.

Relacionada à produção de forragem, Heringer (2000) relatou que a queima promoveu um efeito positivo na taxa de alongamento foliar de *Andropogon laealis*, gramínea nativa de pastagens naturais no Sul do Brasil e com isso houve uma maior produção de MS, sendo este comportamento atribuído a uma maior disponibilização de nutrientes pela queima.

Heringer & Jacques (2002a) avaliaram uma zona de transição entre campo e mata com grande cobertura e dominância de gramíneas cespitosas dos gêneros: *Aristida*, *Andropogon*, *Schizachyrium*, *Elyonurus* e *Trachypogon*, todas pastejadas e manejadas sob distintas formas: sem queima e sem roçada há 32 anos; sem queima há 32 anos e roçada anualmente; melhorada há sete anos; melhorada há 24 anos; queimada numa frequência bienal há mais de 100 anos, entre o fim do inverno e começo da primavera.

No que se diz respeito ao desempenho da forragem da pastagem nativa sob uso do fogo, Heringer & Jacques (2002b) relataram que a área queimada apresentou teores de PB inferiores aos obtidos nos outros tratamentos durante a estação quente, porém, sendo semelhante ao tratamento sem queima e sem roçada no período do frio. Os tratamentos melhorados e o sem queima e roçado apresentaram maior digestibilidade in vitro da MO, comparativamente ao não roçado e no queimado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há várias práticas de manejo e conservação do solo que podem substituir as queimadas, uma vez que as queimadas trazem mais malefícios do que benefícios ao ecossistema, como a alteração nas características biológicas, químicas e físicas do solo.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, A.; SOLORZANO, L. A.; NEPSTAD, D.C. Modeling Forest understory fires in an eastern Amazonian landscape. **Ecological Applications**, v. 14, n. 4, p. S139–S149, 2004.
- ANDRADE, C.F., DELGADO, R.C., BARBOSA, M.L.F., TEODORO, P.E., DA SILVA JUNIOR, C.A., WANDERLEY, H.S., CAPRISTO-SILVA, G.F, 2020. Regime de queimadas no Sul do Brasil impulsionado pela variação atmosférica e cobertura vegetal. **Agric. Durante. Meteorol.** 295, 108194.
- ARIAS, P. J. Prós e contras da queima dos pastos. FIR, São Paulo, v.5, n.12, p.47-55, 1963.
- BARETTA, Dilmar et al. Efeito do monocultivo de pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 715-724, 2005.
- BERTOL, Ildegardis; COGO, Neroli Pedro; LEVIEN, Renato. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e na ausência dos resíduos culturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 409-418, 1997.
- BRASIL. Lei nº 11.516, de 28 de agosto de 2007. Dispõe sobre a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Instituto Chico Mendes; altera as Leis nos 7.735, 177 de 22 de fevereiro de 1989, 11.284, de 2 de março de 2006, 9.985, de 18 de julho de 2000, 10.410, de 11 de janeiro de 2002, 11.156, de 29 de julho de 2005, 11.357, de 19 de outubro de 2006, e 7.957, de 20 de dezembro de 1989; revoga dispositivos da Lei no 8.028, de 12 de abril de 1990, e da Medida Provisória no 2.216-37, de 31 de agosto de 2001; e dá outras providências.

BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Institui o Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

BRASIL. Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal.

BRASIL. **Constituição. Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, 1988.

BROWN, J. K. Introduction and fire regimes. In: BROWN, J. K.; SMITH, J. (eds.). *Wildland Fire in Ecosystems: Effects of Fire on Flora*. Ogden, Utah: General USDA Forest Service Technical Report RMRS-GTR-24, 2000.

CARDOSO, E.L.; CRISPIM, S.M.A et al. Efeitos da queima na dinâmica da biomassa aérea de um campo nativo no Pantanal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, n.6, p.747-752, 2003.

CAÚLA, R.H., OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F., LYRA, G.B., DELGADO, R.C., HEILBRON FILHO, P.F.L., 2015. Panorama das causas e locais dos focos de incêndio no Brasil com base em dados de satélites meteorológicos de 1998 a 2011. **Ciências Ambientais da Terra** 74, 1497–1508.

CÓRDOVA, U. A. Et al. **Melhoramento e manejo de pastagens naturais do planalto catarinense**. Florianópolis: Epagri, 2004.

COUTINHO, L. M.. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: GOLDAMMER, J.G. (Ed.). **Fire in the tropical Biota: ecosystem processes and global challenges**. Berlim: Springer Verlag, 1990, p.82-105.

DAMÉ, Paulo Rogério Viegas et al. Efeitos da queima seguida de pastejo ou diferimento sobre a produção, qualidade, cobertura do solo e sistema radicular de uma pastagem natural. **Ciência Rural**, v. 27, p. 133-137, 1997.

DIAS, B. F. S. Degradação ambiental: os impactos do fogo sobre a diversidade do Cerrado. In: GARAY, I.; BECKER, B. (Org.). *Dimensões humanas da biodiversidade: o desafio de novas relações homem-natureza no século XXI*. Petrópolis: **Ed. Vozes**, 2005. p. 187-213.

DIAS, B.F.S. (Coord.). *Alternativas de Desenvolvimento dos Cerrados: Manejo e Conservação dos Recursos Naturais Renováveis*. Brasília: Fundação Pró-Natureza FUNATURA e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis IBAMA, 1992a.

DIAS-FILHO, M. B.; ANDRADE, C. M. S. Pastagens no ecossistema do trópico úmido. **Simpósio sobre pastagens nos ecossistemas brasileiros**, v. 2, p. 95-104, 2005.

DIAS FILHO, M. B. *Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003

DICK, D. P. et al. Impacto da queima nos atributos químicos e na composição química da matéria orgânica do solo e na vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 633-640, 2008. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2022-jul-15/henrique-manfrenato-queimada-legal-brasil>. Acesso em: 19 de jun. de 2023.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Recomendações tecnológicas para reduzir a prática das queimadas*. Brasília, 2000. 48p.

FALLEIRO, R. D. M. Resgate do Manejo Tradicional do Cerrado com Fogo para Proteção das Terras Indígenas do Oeste do Mato Grosso: um Estudo de Caso. **Biodiversidade brasileira**, n. 2, p. 86-96, 2011.

- FARIA, Á. B. C. et al. Efeitos da intensidade da queima controlada sobre o solo e diversidade da vegetação de campo em Irati-PR, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 3, p. 489-494, 2011.
- FERNANDES, A. H. B. M.; FERNANDES, F. A. Características químicas do solo em área de pastagem nativa recém queimada no Pantanal arenoso, MS. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002. 18p. (Embrapa Pantanal. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 36).
- FERNANDES, F.A.; FERNANDES, A.H.B.M.; CRISPIM, S.M.A. Biomassa microbiana e conteúdos de carbono e nitrogênio do solo em áreas de pastagem nativa sujeita à queimada, Pantanal Mato-Grossense – Corumbá. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n.73, 2007.
- FERNANDEZ, I.; CABANEIRO, A.; CARBALLAS, T. Organic matter changes immediately after a wild-fire in Atlantic Forest soil and comparison with laboratory soil heating. **Soil Biology & Biochemistry**, v.29, p.1-11, 1997.
- FREITAS, Luís Carlos; SANT'ANNA, Giovani Levi. Efeitos do fogo nos ecossistemas florestais. **Revista da Madeira**, n.79, 2004.
- GIOVANNINI, G.; LUCCHESI, S. Modifications induced in soil physico-chemical parameters by experimental fires at different intensities. **Soil Science**, v.162, n.7, p.479-486, 1997.
- GIRARDI-DEIRO, A.M., MOTA, A.F., GONÇALVES, J.O.N. Efeito do corte de plantas lenhosas sobre o estrato herbáceo da vegetação da Serra do Sudeste, RS, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.12, p.1823-1832, 1994.
- HENRIQUES, R. P. B. Influência da história, solo e fogo na distribuição e dinâmica das fitofisionomias no bioma do Cerrado. In: SOUZA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Orgs.). Cerrado: Ecologia, biodiversidade e conservação. Brasília: **Ministério do Meio Ambiente**, 2005. p. 73- 92.
- HERINGER, I. **Efeitos do fogo por longo período e de alternativas de manejo sobre o solo e a vegetação de uma pastagem natural**. 2000. 208f. Tese (Doutorado em Zootecnia/Plantas Forrageiras) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia/Plantas Forrageiras, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- HERINGER, I. et al. Características de um Latossolo de uma pastagem nativa submetidos a alternativas de manejo e a queima por longo tempo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, p.309- 314, 2002a.
- HERINGER, I.; JACQUES, A.V.A. Composição florística de uma pastagem natural submetido a queima e manejos alternativos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, p.315-321, 2002b.
- HERINGER, I.; JACQUES, A.V.A. Acumulação de Forragem e Material Morto em Pastagem Nativa sob Distintas Alternativas de Manejo em Relação às Queimadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, p.599-604, 2002.
- HOLZ, Tailine Manske, et al. “Efeito do pastejo na incidência e severidade de doenças no azevém.” In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 26.; SEMANA INTEGRADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 3., 2017, Pelotas. Anais... Pelotas: UFPel, 2017., 2017.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.
- ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Apostila para formação de brigadista de prevenção e Combate aos incêndios florestais. ICMBio, Brasília. 2010.
- ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Instrução normativa Nº 29**, de 5 de setembro de 2012.

JACQUES, A.V.A. A Queima das Pastagens Naturais - Efeitos sobre o Solo e a Vegetação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 177-181, 2003.

KELLY, L. T., & BROTONS, L. (2017). Using fire to promote biodiversity. *Science* 355, 1264– 1265.

KINZO, M. D.; GONTIJO, V. **Políticas públicas e desenvolvimento sustentável no Cerrado**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 1999.

KNICKER, Heike. How does fire affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon? **A review. Biogeochemistry**, v.85, p.91-118, 2007.

LANNA, A. C. Prospecção do impacto ambiental de tecnologias agropecuárias. *Revista Anhanguera*, v.6 n.1 jan./dez. p.35-56, 2005.

LIMA, M., VALE, J.C.E., COSTA, G.M., SANTOS, R.C., CORREIA, FILHO, , WLF, GOIS, G., OLIVEIRA JÚNIOR, J.F., TEODORO, P.E., ROSSI, F.S., SILVA JUNIOR, CA , 2020. As florestas nas terras indígenas no Brasil em perigo. **Uso do solo Pol.** 90, 1-3.

MACHADO, Luiz Armando Zago. **Manejo de pastagem nativa**. Guaíba: Agropecuária, 1999.

MENDONÇA, M. J. C.; M. C. VERA-DIAZ, D.; NEPSTAD, R. SEROA DA MOTTA, A. ALENCAR, J. C; GOMES, and ORTIZ, R.A. (2004), The economic cost of the use of fire in the Amazon, **Ecological Economics**, 49, 89- 105.

MISTRY, J.; BIZERRIL, M. Por que é Importante Entender as Inter Relações entre Pessoas, Fogo e Áreas Protegidas? **Revista Biodiversidade Brasileira**, n.2, p. 40-49, 2011.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas: Cerrado. Brasília: MMA. 2011, 200p.

MONTEIRO, R. C.; RODRIGUES, G. S. A system of integrated indicators for socio environmental assessment and eco certification in agriculture ambitec agro. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 1, n. 3, p. 47-59, 2006.

MOORE, A. W. The influence of annual burning on a soil in the derived savanna zone of Nigeria. In: International Congress of Soil Science, Amsterdã. Anais... Amsterdã, 1960, p. 142- 161.

NARDOTO, G. B.; BUSTAMANTE, M. M. C. Effects of fire on soil nitrogen dynamics and microbial biomass in savannas of Central Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 955-962, 2003.

NEPSTAD, D. C.; MOREIRA, A.; ALENCAR, A. A. **A Floresta em Chamas: Origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia**. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, Brasília, 1999.

PAUSAS, J. G; KEELEY, J. E. A burning story: The role of fire in the history of life. *Bioscience*. 59: 7, 2009. pp. 593-601.

PIVELLO, V. R. Fire management for biological conservation in the Brazilian Cerrado. In: MISTRY, J.; BERARDI, A. (Eds.). *Savannas and dry forests: linking people with nature*. **Ashgate**: Hants, 2006. p. 129-154.

PIVELLO, V. R., OLIVERAS, I., MIRANDA, H. S., HARIDASAN, M., SATO, M. N., MEIRELLES, S. T. Effect of fires on soil nutrient availability in an open savanna in Central Brazil. **Plant and Soil**, n. 307, v.1-2, p. 111-123, 2010.

PIVELLO, V. R.; L. M. COUTINHO, A quantitative successional model to assist in the management of Brazilian cerrados. *For. Ecol. Manag.*, n.87, p. 127-138, 1996.

POTT, Edison B.; CATTO, João B.; DE BRUM, Paulo AR. Períodos críticos de alimentação para bovinos em pastagens nativas, no Pantanal Mato-Grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n. 11, pág. 1427-1432, 1989.

POZO, O. V. **Regimes de propriedade e recursos naturais**: a tragédia da privatização dos recursos comuns no norte de Minas Gerais. 2002. Tese (Doutorado), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

RAIJ, Bernardo van. Melhorando o ambiente radicular em subsuperfície. **Int Plant Nutr Inst**, 2011.

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, J.C.P et al. Modificações nos atributos químicos de solo sob campo nativo submetido à queima. **Ciência Rural**, v.33, n.1, p.49-55, 2003.

SANTOS, S. A. et al. Protocolo: Índice de Conservação e Produtividade das Pastagens (ICPP) para a Fazenda Pantaneira Sustentável (FPS). 2014.

SANTOS, M. R. C.; RODRIGUES, G. S. Socio-Environmental And Sustainability Assessment For Technology Innovations At Pectens Production In Brazil. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 3, p. 123-128, 2008.

SCHACHT, W. H.; STUBBENDIECK, T.; BRAGG, T. B.; SMART, A. J.; DORAN, J. W. Soil quality response of reestablished grasslands to mowing and burning. *Journal of Range Management*, Denver, v. 49, n. 5, p. 458-463, 1996.

SILVA, A. W. L. da Silva. **Melhoramento do campo nativo**. In: As pastagens nativas gaúchas. Porto Alegre: Ideograf, 2003

SILVA, S. **Queimadas**: perguntas e respostas. Viçosa: Aprenda Fácil, 2007.

SILVA, E.C.G. , FIELDER, N.C., JUVANHOL, R.S., SILVA, G.M.A., NEVES, F.P., 2018. Análise temporal da ocorrência de incêndios florestais nas Américas e região do Caribe **Nativa**, vol. 6, pp. 491–496.

SOARES, R.V. I Fórum Nacional sobre Incêndios Florestais, Anais. p.6-10, 1995.

SORRENSEN, C. Potential hazards of land policy: conservation, rural development and fire use in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v.26, p. 782-791, 2009.

VILLARES, J. B. Melhor queimar em etapas. Coopertia, São Paulo, v.23, p.53-54, 1966

VOGL, R. J. Effects of fire on grasslands. In: *Fire and Ecosystems*. Academic Press. New York, p.542, 1974.

WHIGHT, H.A.; CHURCHILL, F.N.; STEVENS, W.C. Effects of prescribed burning on sediment, water yield and water quality from juniper land in Central Texas. **Journal Range Manage.**, v. 29 p. 294-298, 1976.

ZANINE, A. M.; DINIZ, D. Efeitos do fogo sobre a produção e valor nutricional do pasto. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.7, n.2, p.1-8, 2007.

ZANINE, A M; DINIZ, D. Efeito da queima sob o teor de umidade, características físicas e químicas, matéria orgânica e temperatura no solo sob pastagem. **Revista Eletrônica de Veterinária**, REDVET, v.7, 2006.

RESÍDUOS SÓLIDOS E LÍQUIDOS NA ADUBAÇÃO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS FORRAGEIRAS E PASTAGENS

JHOLIAN MAICON RIBEIRO SANTOS

MAYCO MASCARELLO RICHARDI

WAGNER ARRUDA DE JESUS

LUANA GLAUP ARAUJO DOURADO

**LUANA APARECIDA MENEGAZ
MENEGHETTI**

EDNA MARIA BONFIM-SILVA

1 INTRODUÇÃO

A produção de alimentos é um desafio constante para a humanidade, e a pecuária é uma atividade crucial para a produção de carne e leite. A nutrição adequada das pastagens e forrageiras é um fator determinante na produtividade animal, mas também pode ser um desafio financeiro para os produtores. Uma alternativa viável é o uso de resíduos sólidos e líquidos como fonte de nutrientes para essas plantas.

A utilização de resíduos sólidos e líquidos na nutrição de pastagens e forrageiras é uma prática que vem sendo cada vez mais adotada pelos produtores rurais. Essa medida visa não só reduzir a quantidade de resíduos que são descartados de maneira inadequada no meio ambiente, mas também aumentar a produtividade das culturas (BONFIM-SILVA et al. 2020). Isso garante um melhor aproveitamento dos nutrientes pelos animais, além de proporcionar uma alternativa de baixo custo para a alimentação do rebanho, contribuindo para a sustentabilidade das atividades agropecuárias e reduzindo a emissão de gases de efeito estufa.

Os resíduos sólidos são aqueles que apresentam forma e consistência bem definidas, como restos de alimentos, resíduos de reciclagem, podas de árvores, entre

RESUMO: Resíduos sólidos e líquidos provenientes de atividades agroindustriais e urbanas podem ser utilizados na adubação e nutrição de plantas forrageiras e pastagens. Esses resíduos contêm nutrientes importantes como nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio, que são necessários para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Esses resíduos orgânicos são uma alternativa sustentável aos adubos minerais e corretivos de solo, mantendo a qualidade e oferta de forragem. Além disso, a adubação com resíduos sólidos e líquidos pode resultar em uma redução nos custos de produção e um aumento na produtividade das culturas. Portanto, objetivou-se com este trabalho, realizar um levantamento bibliográfico dos resíduos sólidos e líquidos utilizados na agricultura e seus benefícios na adubação e nutrição de plantas forrageiras e pastagens.

Palavras-chave: Adubos orgânicos; Fertilização de plantas; Disponibilidade de nutrientes; Capim; Forragem.

outros. Esses materiais podem ser utilizados como adubo orgânico, fornecendo nutrientes para as plantas, além de melhorarem a qualidade do solo. Uma das formas de utilização desses resíduos é através da compostagem, processo que transforma o lixo orgânico em composto, um material rico em nutrientes que é utilizado como adubo.

Já os resíduos líquidos são aqueles que apresentam alto teor de água, como esgoto doméstico, água de lavagem de máquinas e equipamentos, e efluentes industriais.

O uso de resíduos orgânicos como fertilizantes naturais pode reduzir a necessidade de recursos naturais, como fosfatos extraídos de depósitos minerais. Além disso, o processamento e a produção de fertilizantes químicos sintéticos consomem uma quantidade significativa de energia, que pode ser economizada ao optar pelos resíduos orgânicos (FINATTO et al., 2013).

Segundo Pires & Mattiazzo (2008), além dos resíduos orgânicos urbanos serem mundialmente utilizados como fertilizantes e condicionadores de solo, os resíduos oriundos da agroindústria também merecem destaque, devido à sua origem reduzir a probabilidade de contaminantes na sua composição.

Todavia, objetivou-se com este capítulo apresentar uma revisão bibliográfica dos estudos científicos publicados sobre adubação e nutrição mineral de pastagens e plantas forrageiras com resíduos orgânicos. Serão discutidos os principais benefícios dessa prática, tais como o aumento da produtividade das pastagens, a melhoria da qualidade nutricional da forragem, a redução do uso de fertilizantes químicos e a promoção da sustentabilidade dos sistemas de produção. Além disso, serão abordadas as diferentes fontes de resíduos orgânicos e a legislação vigente sobre sua utilização.

2 RESÍDUOS SÓLIDOS E LÍQUIDOS COMO ALTERNATIVA NA ADUBAÇÃO DE PLANTAS FORRAGEIRAS E PASTAGENS

2.1 Resíduos líquidos e sólidos como alternativa de adubação

2.1.1 Legislação sobre resíduos sólidos e líquidos e disposições gerais para o uso como fertilizantes

A utilização de resíduos na adubação de plantas forrageiras e pastagens tem se destacado como uma alternativa promissora nos sistemas de produção, demonstrando, através de pesquisas, que esta pode ser uma opção sustentável a longo prazo. Esse método, além de fornecer nutrientes essenciais para as plantas forrageiras, também contribui para a reciclagem e destinação de materiais orgânicos.

A crescente preocupação com a conservação do solo e a redução dos impactos ambientais da atividade agropecuária tem impulsionado a busca por soluções que promovam a fertilidade do solo de forma sustentável. Nesse contexto, a adubação com resíduos orgânicos apresenta-se como uma estratégia vantajosa, pois, além de promover o suprimento de nutrientes, contribui para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Para entender a dinâmica do uso de resíduos sólidos e líquidos como fonte de adubação em plantas forrageiras e pastagens, primeiramente deve-se conhecer a legislação

vigente que trata sobre esse tema e as características que classificam os resíduos para este fim.

A lei Nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), cita em seu 3º Artigo, a seguinte definição:

[...]

XVI - resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;

[...]

Dessa forma, a utilização de resíduos como fertilizante de plantas está restrita à autorização do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que, através do Decreto Nº 4.954 de 14 de janeiro de 2004 e alterado pelo Decreto Nº 8.384, de 2014, regulamenta a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980 e alterada pela Lei nº 12.890 de 2013, a qual, estabelece as normas sobre registro, padronização, classificação, inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura (BRASIL, 2004).

Assim, o regulamento considera as seguintes definições:

[...]

III – fertilizante: substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes de plantas, sendo:

a) fertilizante mineral: produto de natureza fundamentalmente mineral, natural ou sintético, obtido por processo físico, químico ou físico-químico, fornecedor de um ou mais nutrientes de planta;

b) fertilizante orgânico: produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais;

[...]

Além dessas definições, o regulamento trata sobre fertilizante mononutriente, binário, ternário, com outros macronutrientes, com micronutrientes, mineral simples, mineral misto, mineral complexo, orgânico simples, orgânico misto, orgânico composto e organomineral.

De acordo com a Instrução Normativa nº. 61 de 2020, em seu 3º Artigo, os fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos e organominerais serão classificados em função da matéria-prima utilizada (BRASIL, 2020), em:

I – Classe “A”: produto que utiliza, em sua produção, matéria-prima gerada nas atividades extrativas, agropecuárias, industriais, agroindustriais e comerciais, incluindo aquelas de origem mineral, vegetal, animal, lodos industriais e agroindustriais de sistema de tratamento de águas residuárias com uso autorizado pelo Órgão Ambiental, resíduos de frutas, legumes verduras e restos de alimentos gerados em pré e pós-consumo, segregados na fonte geradora e recolhidos por coleta diferenciada, todos isentos de despejos ou contaminantes sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura; e,

II - Classe “B”: produto que utiliza, em sua produção, quaisquer quantidades de matérias-primas orgânicas geradas nas atividades urbanas, industriais e agroindustriais, incluindo a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos da coleta convencional,

lodos gerados em estações de tratamento de esgotos, lodos industriais e agroindustriais gerados em sistemas de tratamento de águas residuárias contendo qualquer quantidade de despejos ou contaminantes sanitários, todos com seu uso autorizado pelo Órgão Ambiental, resultando em produto de utilização segura na agricultura.

Em relação à utilização em pastagens, os fertilizantes orgânicos classe “A”, que contenham ou sejam oriundos de resíduos de origem animal como cama e esterco de aves ou de suínos, podem ser utilizados em pastagens apenas quando incorporados ao solo e com pastoreio somente após 40 dias da incorporação. Já os fertilizantes orgânicos classe “B” são proibidos em pastagens, da mesma forma que em culturas olerícolas, folhosas, bulbosas, rasteiras, tubérculos, raízes e demais culturas que tenham contato da sua parte comestível diretamente com o solo (BRASIL, 2020).

Ainda quanto à classificação, a norma **NBR 10.004:2004** classifica os resíduos sólidos como:

- a) resíduos classe I** – Perigosos;
- b) resíduos classe II** – Não perigosos;
 - resíduos classe II A** – Não Inertes;
 - resíduos classe II B** – Inertes.

Visto que os resíduos sólidos e líquidos se enquadram na categoria de fertilizantes orgânicos, podendo ser utilizados parcialmente ou em sua totalidade como fonte de nutrientes para as plantas forrageiras e pastagens, (PIRES & MATTIAZZO, 2008) enfatizam alguns pontos que devem ser considerados nesta prática, como: o desbalanceamento dos nutrientes presentes no resíduo para a nutrição das plantas; a eficiência desconhecida do resíduo em fornecer nutrientes e; a possibilidade de elementos tóxicos estarem presentes no resíduo.

Para a utilização desses resíduos como fertilizantes, deve-se então conhecer as características do resíduo e a sua classificação pelo órgão competente, bem como o tipo de solo a ser aplicado e a potencialidade do resíduo em fornecer os nutrientes para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

2.1.2 Requerimentos nutricionais de plantas forrageiras e pastagens

No tópico 2.1.1 foi enfatizado que, ao se utilizar resíduos sólidos e líquidos como fertilizantes, deve-se conhecer, além dos aspectos legais, a origem e composição dos resíduos, de forma que se tenha maior precisão na nutrição das plantas, pois, dependendo da matéria-prima utilizada e do processo que gerou o resíduo, pode haver variações nos teores de macro e micronutrientes presentes.

Outro fator a ser considerado é o requerimento nutricional das plantas forrageiras, sendo este um dos principais desafios em sistemas agropecuários extensivos, no qual a utilização de corretivos e adubação é rara, ocasionando, principalmente em solos de baixa fertilidade natural, no desbalanço entre o requerimento da planta e o fornecimento de nutrientes pelo solo (MARTHA JÚNIOR & VILELA, 2002).

Na Tabela 1 são apresentadas algumas faixas de requerimento de macronutrientes para diferentes espécies de plantas forrageiras.

Tabela 1. Faixas de teores de macronutrientes adequados para algumas espécies forrageiras.

Espécie	N	P	K	Ca	Mg	S
<i>Macronutrientes</i>						
g kg ⁻¹						
<i>P. maximum</i>	15-25	1-3	15-30	3-8	1,5-5	1-3
<i>P. purpureum</i>	15-25	1-3	15-30	3-8	1,5-4	1-3
Coast-Cross	15-25	1,5-3	15-30	3-8	2-4	1-3
<i>B. brizantha</i>	13-20	0,8-3	12-30	3-6	1,5-4	0,8-2,5
<i>B. decumbens</i>	12-20	0,8-3	12-25	2-6	1,5-4	0,8-2,5
Leucena	20-48	1,5-3	13-30	5-20	2-4	1,5-3
<i>Stylosanthes</i>	20-40	1,5-3	10-30	5-20	1,5-4	1,5-3
Alfafa	34-56	2,5-5	20-35	10-25	3-8	2-4

Fonte. Adaptado de Werner et al. (1996).

É possível observar que há variação no requerimento de nutrientes, principalmente entre espécies gramíneas e leguminosas. A Tabela 1 sugere então que, para as espécies gramíneas, o limite superior adequado de potássio é maior que o de nitrogênio, enquanto que, para as leguminosas, o nitrogênio é o mais requerido.

Segundo Martha Júnior & Vilela (2007), considerando somente os limites inferiores de requerimento do capim *Brachiaria* spp., o fornecimento de nitrogênio e potássio seriam iguais para uma situação específica, já considerando os limites superiores, para esta mesma situação, o requerimento nutricional de potássio seria 50% a mais que o de nitrogênio.

Para os micronutrientes, o requerimento de plantas forrageiras gramíneas é inferior ao de espécies leguminosas.

Conforme Vilela, Martha Júnior & Sousa (2007), o estabelecimento de pastagens exclusivas de gramíneas em solos do cerrado não necessitam de micronutrientes, no entanto, esse requerimento se torna indispensável em solos com baixo teor de matéria orgânica e em pastagens consorciadas com leguminosas forrageiras.

Na Tabela 2 são apresentadas algumas faixas de requerimento de micronutrientes para diferentes espécies de plantas forrageiras.

Tabela 2. Faixas de teores de micronutrientes adequados para algumas espécies forrageiras.

Espécie	B	Cu	Fe	Mn	Zn
..... <i>Micronutrientes</i>					
mg kg ⁻¹					
<i>P. maximum</i>	10-30	4-14	50-200	40-200	20-50
<i>B. decumbens</i>	10-25	4-12	50-250	40-250	20-50
<i>B. brizantha</i>	10-25	4-12	50-250	40-250	20-50
<i>Stylosanthes</i>	25-50	6-12	40-250	40-200	20-50
Leucena	25-50	5-12	40-250	40-150	20-50

Fonte. Adaptado de Werner et al. (1996).

Dentre as faixas de requerimento apresentadas na Tabela 2, o ferro e o manganês aparecem com o limite superior de requerimento maior que os demais nutrientes, tanto para as gramíneas quanto para as leguminosas. A maior diferença observada entre as espécies está no requerimento de boro, que é maior nas leguminosas.

O trabalho de Oliveira et al. (2006) demonstrou que a aplicação de micronutrientes no solo, juntamente com a fertilização completa aumenta a quantidade de inflorescências, ráceros e espiguetas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em relação à fertilização sem micronutrientes.

Já no trabalho de Silva et al. (2011), em que avaliaram os teores de micronutrientes no capim *B. decumbens* fertilizado com cama de frango e adubação mineral, os autores demonstraram que as dosagens de cama de frango proporcionam aumento da concentração de cobre, ferro, manganês e zinco na parte aérea do capim, quando comparado com a fertilização mineral.

Devido a dinâmica do requerimento nutricional de plantas forrageiras e pastagens, a adubação com resíduos sólidos deve considerar, além das faixas adequadas de cada espécie, o balanço ideal de macro e micronutrientes, mesmo este último sendo requerido em pequenas quantidades.

2.1.3 Tipos de resíduos sólidos e líquidos utilizados na adubação e nutrição mineral de plantas forrageiras e pastagens

Desde que o termo sustentabilidade começou a ser discutido na agricultura, houve uma preocupação maior da sociedade em reutilizar os resíduos gerados em grande escala, sejam eles de origem urbana, industrial, de atividades agropecuárias ou estações de tratamento de efluentes. Dessa forma, diferentes tipos de resíduos começaram a ser estudados, com o objetivo de conhecer seus efeitos e estabelecer doses adequadas que promovam o aumento da produtividade de forragem e melhorem a qualidade do solo.

Dentre os resíduos sólidos e líquidos utilizados como fertilizantes em plantas forrageiras e pastagens, têm-se: esterco e dejetos de origem animal, biochar, cinza vegetal, resíduos da produção de cana-de-açúcar, lodo de esgoto, efluentes de laticínios e vermicompostos.

O teor de macronutrientes presentes na matéria seca desses resíduos pode variar com o sistema de produção adotado, contudo, no geral, alguns resíduos podem apresentar as seguintes concentrações:

Tabela 3. Concentração média de nutrientes em alguns tipos de resíduos sólidos e líquidos.

Resíduo	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	MS ³
..... <i>Macronutrientes</i>						
.....% (m/m).....						
Cama de frango ¹	3,5	3,8	3,0	4,2	0,9	75
Cama de peru ²	5,0	4,0	4,0	3,7	0,8	75
Esterco sólido de suínos	2,1	2,8	2,9	2,8	0,8	25
Esterco sólido de bovinos	1,5	1,4	1,5	0,8	0,5	20
Vermicomposto	1,5	1,3	1,7	1,4	0,5	50
Composto de lixo urbano	1,2	0,6	0,4	2,1	0,2	70
Cinza de casca de arroz	0,3	0,5	0,7	0,3	0,1	70
.....(kg m ⁻³).....						
Esterco líquido de suínos	2,8	2,4	1,5	2,0	0,8	3
Esterco líquido de bovinos	1,4	0,8	1,4	1,2	0,4	4

¹ Referente a quantidade de 5 e 6 lotes de animais;

² Referente a quantidade de 2 lotes de animais;

³ Matéria seca.

Fonte: Adaptado de Nicoloso et al. (2016).

Na Tabela 3 foi possível observar a variação na concentração dos nutrientes primários presentes na matéria seca de alguns resíduos, com destaque para os maiores valores nos resíduos de origem animal. Isso demonstra a potencialidade desses resíduos na adubação e nutrição mineral de plantas forrageiras e pastagens.

Na literatura, podem ser encontrados diferentes tipos de resíduos sólidos e líquidos utilizados para essa finalidade, no entanto, nesta revisão, abordaremos os principais resíduos utilizados como fonte de nutrientes e fertilização de plantas forrageiras e pastagens, bem como as pesquisas desenvolvidas que abordam o assunto.

2.1.3.1 Cama de frango

Os resíduos são fontes de nutrientes primários para as plantas e, quando bem manejados, podem ser utilizados como fertilizantes em plantas forrageiras e pastagens. No

entanto, como observado na Tabela 3, as concentrações desses nutrientes na matéria seca do resíduo podem variar.

A cama de frango é um resíduo sólido que possui potencial como adubo e vem sendo estudado em plantas forrageiras e pastagens. Como visto na Tabela 3, a concentração de macronutrientes nesse resíduo permite diminuir a adubação mineral em plantas forrageiras e pastagens, incluindo o nitrogênio.

Um exemplo da aplicação desse tipo de resíduo pode ser visto no trabalho de Lima et al. (2007), em que foi avaliada a influência da adubação com cama de frango nas propriedades químicas do solo e na produção de matéria seca do capim marandu.

Os autores constataram que na aplicação de 5 t ha⁻¹ de cama de frango, a produção de matéria seca do capim foi equivalente ao tratamento com adubação de 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio; e com as aplicações de 15 t ha⁻¹ e 20 t ha⁻¹, os incrementos na produção foram de 33,4% e 96,6%, respectivamente. Além disso, a adubação com cama de frango proporcionou aumento de pH, nos teores de potássio, fósforo e carbono orgânico do solo. No trabalho de Eguchi et al. (2015) foram avaliadas as características químicas e produtivas do capim marandu em função de doses de cama de frango e escarificação do solo. As doses variaram de 0 a 6,22 t ha⁻¹ de cama de frango e adubação mineral com 2,074 t ha⁻¹ de NPK. Nas doses de 4,148 t ha⁻¹ e 6,22 t ha⁻¹, a matéria seca acumulada não diferiu estatisticamente do tratamento adubado com fertilizante mineral.

Com o aumento das doses de cama de frango, os autores observaram redução nos teores de cálcio, magnésio, nitrogênio, enxofre, manganês e zinco nas plantas, o qual atribuíram ao aumento do número de cortes. Quanto à escarificação do solo, esta promoveu incremento na produção de folhas, reduziu a concentração de enxofre e aumentou a concentração de cobre no capim marandu.

Já no trabalho de Silva, Simioni & Lucena (2013), foi avaliado o efeito da adubação com cama de frango no crescimento de capim marandu, com 5 doses de aplicação, sendo: 0 t ha⁻¹, 5 t ha⁻¹, 10 t ha⁻¹, 15 t ha⁻¹ e 20 t ha⁻¹. Os autores observaram um aumento significativo da matéria seca na dosagem de 5 t ha⁻¹ e da matéria verde da planta, comprimento e teor de fósforo na dosagem de 15 t ha⁻¹. Assim como observado por Eguchi et al. (2015), houve um decréscimo nos teores de magnésio nas plantas.

Como observado nesses trabalhos, em dosagens até 5 t ha⁻¹ já se é possível obter resultados positivos na produtividade de matéria seca do capim marandu, substituindo o adubo mineral pela cama de frango, no entanto, dosagens maiores podem ser benéficas até um limite crítico, bem como a concentração dos nutrientes na parte aérea das plantas.

2.1.3.2 Dejetos e esterco líquido de suínos e bovinos

Os resíduos orgânicos líquidos são subprodutos provenientes de processos de emissão de material orgânico, como resíduos de alimentos e resíduos orgânicos efluentes de instalações de tratamento de águas residuais. O uso desses resíduos orgânicos líquidos apresenta uma série de benefícios, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico (AVNIMELECH, 1986).

O uso de resíduos líquidos como fertilizantes contribui para a reciclagem de nutrientes presentes nesses subprodutos, reduzindo a dependência de fertilizantes químicos sintéticos. Isso resulta em uma gestão mais sustentável dos recursos e uma diminuição do impacto ambiental associado à produção e aplicação de fertilizantes convencionais (ADEGBEYE et al., 2020).

Além de fornecer nutrientes essenciais, os resíduos líquidos podem melhorar a estrutura e a capacidade de retenção de água do solo. Eles contêm matéria orgânica que aumenta a atividade microbológica e a fertilidade do solo, promovendo o crescimento de raízes e melhorando a capacidade de retenção de nutrientes (AYILARA et al., 2020).

Os resíduos líquidos também podem ser utilizados como fonte de nutrientes para as pastagens e forrageiras. Uma das alternativas é o aproveitamento de águas residuais tratadas e o uso de dejetos de animais, que são ricos em nutrientes, mas também podem ser um problema ambiental se mal gerenciados. Estudos realizados em diferentes regiões do mundo mostraram os benefícios do uso dos dejetos de animais na produção de pastagens e forrageiras.

Um estudo realizado por Antoneli et al. (2019) investigou a utilização de resíduos líquidos de suínos como fertilizante agrícola. Os resultados mostraram que a aplicação desses resíduos no solo aumentou significativamente os teores de cálcio, magnésio e potássio, além de melhorar a porosidade e os teores de matéria orgânica do solo. No entanto, os autores também destacaram a importância de considerar a dose adequada para evitar possíveis efeitos negativos na qualidade do solo e na qualidade da água.

Em trabalho realizado por Silva et al. (2021), foi avaliado o uso de dejetos líquidos de suíno como adubação na implantação de *Urochloa ruziziensis*. Os resultados mostraram que o efeito de 300 m³ ha⁻¹ de esterco líquido de suíno foi estatisticamente igual à adubação mineral para a produção de massa seca e extração de fósforo, potássio, cálcio e manganês.

Em estudo conduzido por Pereira et al. (2019), avaliou-se a adubação de *Urochloa decumbens* com biofertilizante de dejetos líquidos de suínos (LSM) e seu efeito sobre a produtividade, teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). Os resultados mostraram que a adubação com LSM pode substituir integralmente a adubação mineral em sistemas de pastagem de *Urochloa decumbens* e que há melhora na qualidade bromatológica a partir da primeira aplicação.

Um estudo realizado em uma propriedade rural localizada em Minas Gerais, avaliou a utilização de efluente de bovinocultura leiteira como fonte de água e nutrientes para a irrigação de pastagens. Os resultados mostraram um aumento significativo na produção de matéria seca da pastagem, quando comparado com o uso de água de poço como fonte de irrigação. Além disso, a qualidade da pastagem também melhorou, com aumento na concentração de proteína bruta e fibra em detergente neutro (FERNANDES et al., 2020).

Na pesquisa realizada por Silva et al. (2008), foi avaliada a influência de doses de adubação com esterco líquido de gado leiteiro, combinada com adubação mineral, sobre atributos químicos de um Latossolo Bruno, para a produção de silagem. Foi observado que o esterco líquido aumentou o pH de forma linear na camada de 0 a 5 cm e incrementou o

cálcio trocável nessa mesma profundidade. Houve também o aumento de magnésio até a profundidade de 30 cm.

Segundo Vielmo et al. (2011), a maior eficiência técnica do capim Tifton 85 é obtida com a adição de 235 m³ ha⁻¹ de dejetos suínos, o que equivale a 423, 302 e 258 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, além de aumentar o valor nutritivo da pastagem, reduzindo a fibra em detergente neutro e aumentando os níveis de proteína bruta e a recuperação de nitrogênio. No entanto, sua eficiência de uso diminuiu à medida que aumentam as doses de aplicação.

2.1.3.3 Efluente de laticínios

Além dos resíduos líquidos de origem animal, os efluentes de indústrias também são utilizados na fertilização de solos. Em trabalho desenvolvido por Melo et al. (2011) avaliou-se a produção de capim-mombaça submetido a doses de resíduo líquido de laticínio. Os resultados encontrados mostraram que esse resíduo pode ser uma alternativa para o fornecimento de fósforo e, principalmente, de potássio, além de promover melhoria do crescimento do capim.

Melo et al. (2011) afirma a resistência do capim a este resíduo, na qual responde biologicamente aos nutrientes presentes nesse composto, sendo a melhor resposta obtida na dose de 325,3 mL vaso⁻¹. O mesmo autor evidencia que o resíduo de laticínio utilizado, pode ser uma alternativa para o fornecimento de nutrientes às plantas forrageiras, na medida em que promove melhoria da produção, do crescimento e do desenvolvimento do capim-mombaça, e apresenta potencial para substituição parcial da adubação fosfatada e substituição total da adubação potássica, em pastagens manejadas intensivamente.

2.1.3.4 Lodo de esgoto

Existem estudos com a utilização de biossólidos, isto é, o lodo desidratado das estações de tratamento de efluentes na utilização como fertilizantes agrícolas. Para o uso desse resíduo, deve-se seguir a Resolução Conama 375/06 (BRASIL, 2006). A aplicação da quantidade recomendada pela resolução, que é de 10,14 ton ha⁻¹ ano⁻¹ do biossólido, em Capim Elefante – *Cenchrus purpureus* (Schumach.), foi semelhante à obtida com adubação química, com as características físicas e bromatológicas indicando potencial uso como ração animal e fonte de energia (NEVES et al., 2018). Os resultados obtidos neste estudo sugeriram que o biossólido é um complemento ao solo, com os nutrientes necessários para a produção de capim-elefante de alta qualidade, tanto para alimentação animal, quanto para uso energético.

De acordo com Albuquerque et al. (2012), a aplicação de lodo de esgoto pode aumentar significativamente o teor de fósforo nas folhas de braquiária. E com o mesmo resíduo, Joaquim et al. (2016) encontrou maior produção de matéria fresca no crescimento inicial de *Urochloa brizantha* cv Marandu, quando comparada a adubação mineral.

Santos et al. (2017) avaliaram a relação folha-colmo de *Brachiaria brizantha* em função da fertirrigação com efluente de esgoto tratado e observaram que a diluição de 60% do efluente na irrigação proporcionou as melhores relações. Além disso, os níveis graduais do efluente na reposição hídrica da forrageira proporcionam maior relação folha- colmo.

No trabalho de Santos et al. (2019), os autores avaliaram a produtividade e extração de nutrientes pelo capim *Brachiaria brizantha* em função da fertirrigação com efluente de lodo tratado. Foi observado neste trabalho que os efeitos mais relevantes tanto na produção de matéria seca quanto na extração de nutrientes, foram obtidos com altas doses do efluente. A extração de nutrientes foram maiores para potássio e nitrogênio, seguidos por fósforo, cálcio, magnésio e sódio. Os autores concluíram sugerindo estudos futuros avaliando o aumento de doses devido à alta extração e produtividade dos tratamentos testados.

Outro trabalho avaliando as características estruturais e morfogênicas de capim marandu em função da fertirrigação com efluente de esgoto tratado e alturas de corte foi desenvolvido por Dantas et al. (2020), no qual observaram que as doses de fertirrigação e altura de corte no período seco e chuvoso influenciaram significativamente nas variáveis analisadas. As maiores doses utilizadas proporcionaram respostas superiores em relação as demais no processo de crescimento da massa de forragem e desenvolvimento foliar. Os autores concluíram que os resultados podem contribuir com a elaboração de uma legislação específica do uso de efluente de esgoto no Brasil.

Matos et al., (2013) testaram e observaram que a utilização de percolado de resíduo sólido urbano aumenta a produtividade de matéria seca, os teores de proteína bruta e as concentrações de nitrogênio, potássio, sódio, cálcio, magnésio, manganês, cádmio, chumbo e ferro, na parte aérea do capim Tifton 85, com o aumento nas taxas de aplicação.

2.1.3.5 Cinza vegetal e Biochar

A cinza vegetal é um resíduo sólido industrial, resultado da incineração de qualquer material orgânico, enquanto o biochar é obtido por meio da pirólise de qualquer material biológico (BONFIM-SILVA, 2020).

Devido às suas características e do material de origem, esses resíduos podem fornecer nutrientes às plantas forrageiras e pastagens, bem como melhorar as características físicas e químicas do solo.

Há algumas diferenças entre esses dois resíduos, incluindo a sua utilização como fonte de nutrientes. Segundo Schlichting et al. (2020), a liberação de nutrientes no solo pelo biochar é lenta, enquanto da cinza vegetal é de rápida a média. Além disso, ele é mais indicado como condicionador do solo e mitigador de mudanças climáticas pelo aumento do carbono no solo.

A adição de biochar pode aumentar os teores de macronutrientes na planta, pH do solo e CTC, bem como melhorar a produtividade de pastagens degradadas, como observado por Latawiec et al. (2019), em que avaliaram a aplicação de biochar nos capins *Brachiaria* e *Panicum*, em casa de vegetação.

A cinza vegetal, por ser um resíduo menos complexo de ser produzido, em comparação ao biochar, promove efeitos satisfatórios como fonte de nutrientes para as plantas forrageiras e pastagens, como pode ser visto em alguns trabalhos publicados.

Ao avaliar a concentração de macronutrientes em pastagem degradada de *Brachiaria brizantha* adubada com cinza vegetal, Bonfim-Silva, Schlichting & da Silva (2019) observaram que entre as doses de 9 t ha⁻¹ e 12 t ha⁻¹, o capim apresenta maior concentração de nutrientes. Outros resultados nesse trabalho demonstraram também que a incorporação da cinza no solo aumenta a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

O trabalho de Schlichting (2018) também demonstrou que as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre nas plantas de *Brachiaria brizantha* aumentam de forma linear ou quadrática em função das aplicações de cinza vegetal.

Bezerra et al. (2016) avaliaram a adubação do capim marandu em função da aplicação de cinza vegetal e observaram que há um aumento da matéria seca de folhas, na altura de plantas e na matéria seca do colmo. Os autores constataram que níveis de cinza vegetal entre 9 t ha⁻¹ e 15 t ha⁻¹ promovem o crescimento máximo do capim marandu.

Diferentes níveis de cinza de madeira como fertilizante para o capim *Brachiaria brizantha* também foram analisados no trabalho de Oliveira et al. (2023), nas dosagens de 0 t ha⁻¹, 8 t ha⁻¹, 16 t ha⁻¹, 24 t ha⁻¹ e 32 t ha⁻¹. Os autores demonstraram que os teores de fósforo, potássio e pH do solo aumentaram em função do aumento das doses de cinza e que a dose de 24 t ha⁻¹ proporcionou melhor qualidade do solo e maior disponibilidade de fósforo.

2.1.3.6 Outros tipos de resíduos utilizados como fertilizantes em plantas forrageiras e pastagens

Outro tipo de resíduo líquido que pode ser utilizado como fertilizante é o chorume, proveniente da decomposição de resíduos orgânicos em aterros sanitários. Um estudo conduzido por Cheng & Chu (2011) avaliou os efeitos da aplicação de chorume de aterro sanitário em colunas de solo. Os resultados indicaram que a aplicação de chorume promoveu o aumento dos teores de nitrogênio, contribuindo para o desenvolvimento das plantas. No entanto, os autores também destacaram a necessidade de monitoramento adequado para evitar a contaminação do solo e da água.

Em pesquisa realizada por Giostri et al. (2014), foi estudado o impacto do uso de resíduo líquido da indústria de enzimas (LWE) em uma pastagem nativa sob diferentes doses. Constatou-se melhoria nos parâmetros de acidez e disponibilidade de cálcio, magnésio, potássio e fósforo, indicando sua ação como corretivo da acidez e fonte de nutrientes. Houve melhoria na qualidade da pastagem através do aumento dos teores de nitrogênio, potássio e fósforo nas plantas. O uso de doses do resíduo proporcionou aumentos médios na produtividade. Os resultados obtidos indicaram que o LWE se mostrou viável na fertilização de pastagem em Cambissolo ácido de baixa fertilidade.

Resíduos líquidos provenientes de indústrias também têm sido investigados como fonte de nutrientes para o solo. Estudos de casos têm demonstrado que efluentes industriais tratados podem ser utilizados como fertilizantes eficazes, proporcionando um suprimento

de nutrientes essenciais. O trabalho de Kusumaningtyas et al. (2020) avaliou o uso vinhaça e observou que a aplicação adequada desses resíduos no solo resultou em aumento da fertilidade e não apresentou efeitos negativos nas culturas.

Uma outra alternativa de resíduo na agricultura é o uso de compostagem, processo de transformação dos resíduos em material orgânico rico em nutrientes e o aproveitamento de resíduos da agroindústria, como bagaço de cana-de-açúcar, casca de café e de arroz, dentre outros. Estudos realizados em diferentes regiões do mundo mostram os benefícios da compostagem para a produção de pastagens e forrageiras.

Portanto, o uso de resíduos sólidos e líquidos como fonte de nutrientes para pastagens e forrageiras é uma alternativa viável e sustentável para a produção agropecuária. Os resíduos, quando utilizados de forma adequada, podem contribuir para a produtividade das pastagens e forrageiras, reduzir a geração de resíduos e diminuir a emissão de gases de efeito estufa.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em virtude dos crescentes desafios ecológicos e ambientais enfrentados pelas sociedades modernas, a prática da reciclagem de resíduos sólidos e líquidos tem se destacado como uma alternativa viável e sustentável para a produção de adubos e nutrição de plantas forrageiras e pastagens. Além de contribuir para a redução da quantidade de lixo gerada, a reciclagem desses resíduos possibilita a geração de nutrientes que, por meio de processos adequados de compostagem e fertilização, podem ser utilizados para promover o desenvolvimento de culturas agrícolas de forma eficiente e econômica. Nesse contexto, a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias que permitam a maximização do aproveitamento de resíduos sólidos e líquidos na adubação e nutrição de plantas forrageiras e pastagens tornam-se fundamentais para a promoção de uma agricultura mais sustentável e produtiva, capaz de atender às demandas crescentes por alimentos de qualidade e respeitar os limites do meio ambiente.

A utilização desses resíduos na adubação e nutrição de plantas forrageiras promove efeitos positivos nas estruturas morfogênicas das plantas e concentração de nutrientes nas folhas, bem como disponibilidade de nutrientes no solo, no entanto, as doses recomendadas podem variar em função do tipo de resíduo e das características do solo.

Esta prática deve priorizar a legislação vigente que trata sobre o resíduo e as recomendações técnicas publicadas, de forma a se utilizar doses comprovadas experimentalmente.

REFERÊNCIAS

- ADEGBEYE, M. J. et al. Sustainable agriculture options for production, greenhouse gasses and pollution alleviation, and nutrient recycling in emerging and transitional nations-An overview. *Journal of Cleaner Production*, v. 242, p. 118319, 2020.
- ALBUQUERQUE, J., SILVA, F. M., LIMA, F. A. S., OLIVEIRA, R. A., & SILVA, A. B. Effects of sewage sludge on mineral content and plant growth of *Brachiaria decumbens*: a greenhouse study. *Revista Caatinga*, 25, 2012.
- ANTONELI, Valdemir et al. Efeitos da aplicação de dejetos líquidos de suínos na qualidade do solo e na produtividade da cultura da soja tropical (Paraná, Brasil). *Sustentabilidade*, v. 11, n. 14, pág. 3898, 2019.
- AVNIMELECH, Y. Organic residues in modern agriculture. The role of organic matter in modern agriculture, p. 1-10, 1986.
- AYILARA, Modupe Stella et al. Gestão de resíduos através da compostagem: desafios e potencialidades. *Sustentabilidade*, v. 12, n. 11, pág. 4456, 2020.
- BEZERRA, M. D. L.; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; SOUSA, H. H. F.; DUARTE, T. F.; ESPÍRITO SANTO, E. S.; PACHECO, A. B. Wood ash on the fertilization of Marandu grass in brazilian Cerrado soils. ***African Journal of Agricultural Research***, v. 11, n. 17, p. 1504–1510, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10729>
- BONFIM-SILVA, E. M. **Cinza vegetal e biochar na agricultura**. Maringá, PR: [s.n.], 2020.
- BONFIM-SILVA, E. M.; SCHLICHTING, A. F.; DA SILVA, T. J. A. Concentration of macronutrients in degraded tropical pasture in recovery rainy periods using wood. ***Australian Journal of Crop Science***, v. 13, n. 6, p. 966–975, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.06.p1710>
- BRASIL. Decreto No 4.954, de 14 de janeiro de 2004. Diário Oficial da União. Brasília - DF: Diário Oficial da União, 2004.
- BRASIL. Instrução Normativa No 61, de 08 de julho de 2020. Diário Oficial da União. Brasília - DF: Diário Oficial da União, 2020.
- BRASIL. Lei No 12.305, de 2 de agosto de 2010. Diário Oficial da União. Brasília - DF: Diário Oficial da União, 2010.
- BRASIL. Resolução nº. 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos para o aproveitamento agrícola do lodo de esgoto gerado em estações de tratamento de esgotos sanitários e seus derivados, e dá outras providências (2006).
- CHENG, C. Y.; CHU, L. M. Fate and distribution of nitrogen in soil and plants irrigated with landfill leachate. ***Waste Management***. v. 31, p. 1239–1249, 2011.
- DANTAS, G. D. F.; FARIA, R. T. De; COSTA, N. R.; SANTOS, G. O.; FERRAUDO, A. S. Morphogenic and structural characteristics of marandu grass affected by fertigation with treated sewage effluent and cutting height. ***Engenharia Agrícola***, v. 40, n. 6, p. 692–702, 2020.
- OLIVEIRA, W. C. M.; BONFIM-SILVA, E. M.; FERRAZ, A. P. F.; GUIMARÃES, S. L.; DA SILVA, T. J. A.; DUARTE, T. F. Soil quality indicators for *Urochloa brizantha* fertilized with wood ash. ***Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental***, v. 27, n. 4, p. 241–249, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n4p241-249>
- EGUCHI, E. S., CECATO, U., MUNIZ, A. S., OLIVEIRA, C. A. L. DE, MURANO, R. A. C., & PIERANGELI, M. A. P. Productive and chemical characteristics of Marandu grass in response to poultry manure and soil chiseling. ***Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental***, p. 527–533, 2015. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n6p527-533>

- FERNANDES, E. C. M., et al. Viabilidade do uso de efluente de bovinocultura leiteira na irrigação de pastagens como fonte de água e nutrientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 24, 2020.
- FINATTO, J.; ALTMAYER, T.; MARTINI, M. C.; RODRIGUES, M.; BASSO, V.; HOEHNE, L. A importância da utilização da adubação orgânica na agricultura. **Revista destaques acadêmicos**, v. 5, n. 4, 2013.
- GIOSTRI, A. F.; BOND, L. F. M.; MOTTA, A. C. V.; PIMENTEL, I. C.; CARVALHO, P. C. F.; DIONÍSIO, J. A. Resíduo de indústria de enzimas no crescimento da pastagem e propriedades químicas do solo. **Acta Scientiarum**, v. 36, p. 247-257, 2014.
- JOAQUIM, C. DE R. J., REGINALDO, DE C., REGINA, M. Q. L., AMILTON, A. F., ANA, L. A. M. The effects of sewage sludge, mineral and organic fertilizers on initial growth of *Urochloa brizantha* cv Marandu (Hochst. ex A. Rich.) R.D Webster. *African Journal of Agricultural Research*, 11(36), 2016. <https://doi.org/10.5897/ajar2016.11477>
- KUSUMANINGTYAS, R. D.; HARTANTO, D.; ROHMAN, H. A.; MITAMAYTAWATI; QUDUS, N.; DANIYANTO. Valorization of sugarcane-based bioethanol industry waste (vinasse) to organic fertilizer. In: ZAKARIA, Z. A.; AGUILAR, C. N.; KUSUMANINGTYAS, R. D.; BINOD, P. Valorisation of agro-industrial residues – volume II: non-biological approaches. 1. ed. Springer Cham, 2020. p. 236.
- LATAWIEC, A. E. *et al.* Biochar amendment improves degraded pasturelands in Brazil: environmental and cost-benefit analysis. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1–12, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47647-x>
- LIMA, J. J. de; MATA, J. D. D. V. da; PINHEIRO NETO, R.; SCAPIM, C. A. Influência da adubação orgânica nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico ena produção de matéria seca de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 29, n. 5, p. 715–719, 2007.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. Pastagens no Cerrado: Baixa Produtividade pelo Uso Limitado de Fertilizantes: Documentos, 50. Planaltina: [s. n.], 2002.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. Uso de fertilizantes em pastagens. In: JÚNIOR, G. B. M.; VILELA, L.; SOUZA, D. M. G. de (org.). *Cerrado: Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens*. 1. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. p. 224.
- MATOS, A. T. DE, SILVA, D. DE F., MONACO, P. A. V. LO, & PEREIRA, O. G. Produtividade e composição química do capim-Tifton 85 submetido a diferentes taxas de aplicação do percolado de resíduo sólido urbano. *Engenharia Agrícola*, 33(1), 2013. <https://doi.org/10.1590/s0100-69162013000100019>
- MELO, J. C., SANTOS, P. M. DOS, SANTOS, A. C. DOS, ALEXANDRINO, E., & PAULA NETO, J. J. DE. Respostas morfofisiológicas do capim mombaça submetido a doses de resíduo líquido de laticínios. *Revista de Ciências Agrárias*, 54(3), 247–258, 2011. <https://doi.org/10.4322/rca.2012.020>
- NEVES, T. I., UYEDA, C. A., DE SOUZA SILVA, C., ABRAHÃO, R. Production and Bromatological Characteristics of Elephant Grass—*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone—Planted Under Application of Industrial Biosolid and Chemical Fertilization. *Water, Air, and Soil Pollution*, 229(4), 2018. <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3786-1>
- NICOLOSO, R. da S.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; CERETTA, C. A.; SPAGNOLO, E.; CASSOL, P. C.; COMIN, J. J.; BRUNETTO, G. Adubos e adubação orgânica. In: SILVA, L. S. da; GATIBONI, L. C.; ANGHINONI, I.; SOUSA, R. O. de (org.). *Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 11. ed. [S.l.]: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2016. p. 376.

- OLIVEIRA, P. P. A.; SOUZA, F. H. D. de; LUZ, P. H. de C.; HERLING, V. R. Avaliação da adubação com micronutrientes em pastagens sob irrigação para produção de forragem de sementes: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 8. São Carlos: [s. n.], 2006.
- PEREIRA, V. J.; ASSIS, D. F.; LANA, R. M. Q.; SILVA, A. A.; PEREIRA, H. S. Fertilization with liquid swine manure increases productivity and improves the quality of *Urochloa decumbens*. **Bioscience Journal**, v. 35, n. 6, p. 1862-1870, 2019.
- PIRES, A. M. M.; MATTIAZZO, M. E. Avaliação da Viabilidade do Uso de Resíduos na Agricultura. Embrapa Meio Ambiente, v. 1, p. 9, 2008. Disponível em: http://www.cnpma.embrapa.br/download/circular_19.pdf
- SANTOS, G. de O.; FARIA, R. T. de; RODRIGUES, G. A.; SOUZA, A. de; DALRI, A. B. Relação folha-colmo de brachiaria urochloa brizantha fertirrigada com efluente de esgoto tratado. *Ciência & Tecnologia*, v. 9, n. 1, p. 11–24, 2017.
- SANTOS, G. O.; DE FARIA, R. T.; RODRIGUÊS, G. A.; DANTAS, G. de F.; COSTA, N. R. Productivity and nutrient extraction by *Brachiaria brizantha* fertigated with treated sewage effluent. *Australian Journal of Crop Science*, v. 13, n. 4, p. 494–501, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.04.p989>
- SILVA, A. A.; SIMIONI, G. F.; LUCENA, A. Efeito da adubação orgânica no crescimento do capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em parecis/rondônia. *Enciclopédia Biosfera*, v. 9, n. 16, p. 923–932, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/01.ede.0000416798.83780.54>
- SILVA, A. A.; COSTA, A. M.; LANA, R. M. Q.; LANA, Â. M. Q. Teores de micronutrientes em pastagem de *Brachiaria decumbens* fertilizada com cama de frango e fontes minerais. *Bioscience Journal*, v. 27, n. 1, p. 32–40, 2011.
- SILVA, J. C. P. M.; MOTTA, A. C. V.; PAULETTI, V.; FAVARETTO, N.; BARCELLOS, M.; OLIVEIRA, A. S.; VELOSO, C. M.; COSTA e SILVA, L. F. Esterco líquido de bovinos leiteiros combinado com adubação mineral sobre atributos químicos de um latossolo bruno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 32, p. 2563-2572, 2008.
- SILVA, M. R.; ABREU, J. G.; WEBER, O. L. S.; BARROS, L. V.; BONFIM-SILVA, E. M.; DAMASCENO, A. P. A. B.; OLIVEIRA, W. C. M. Cultivation of ruziziensis grass (*Urochloa ruziziensis*) using swine liquid manure fertilization. **Australian Journal of Crop Science**, vol. 15, n. 3, p. 377-386, 2021.
- SCHLICHTING, A. F. **Recuperação De Pasto De Capim Marandu Com Cinza Vegetal : Características Nutricionais**. 2018. - Universidade Federal de Mato Grosso, [s. l.], 2018.
- SCHLICHTING, A. F.; BONFIM-SILVA, E. M.; JOSE, J. V.; SILVA, T. J. A. da. Biochar: definições e aplicações na agricultura. In: BONFIM-SILVA, E. M. (org.). **Cinza Vegetal e biochar na agricultura**. 1. ed. Maringá, PR: UNIEDUSUL, 2020. p.31–41.
- VIELMO, H., BONA FILHO, A., SOARES, A. B., ASSMANN, T. S., ADAMI, P. F. Effect of fertilization with fluid swine slurry on production and nutritive value of Tifton 85. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(1), 60–68, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000100009>
- VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; SOUSA, D. M. G. de. Adubação potássica e com micronutrientes. In: JÚNIOR, G. B. M.; VILELA, L.; SOUZA, D. M. G. de (org.). *Cerrado: Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens*. 1. ed. Planaltina, DF:Embrapa Cerrados, 2007. p. 224.
- WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N. de O.; QUAGGIO, J. A. Forrageiras. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (org.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: Boletim Técnico, 100, 1996. p. 261–273.

CINZA DE BIOMASSA COMO CORRETIVO, FERTILIZANTE E CONDICIONADOR DO SOLO NO CULTIVO DE PLANTAS FORRAGEIRAS

EDNA MARIA BONFIM-SILVA

**LUANA APARECIDA MENEGAZ
MENEGHETTI**

TONNY JOSÉ ARAÚJO DA SILVA

Palavras-chave: Fertilizante alternativo; manejo sustentável de resíduos agroindustriais; cinza na agricultura

1 INTRODUÇÃO

RESUMO: A cinza de madeira ou cinza de biomassa é um resíduo gerado a partir da combustão de biomassa vegetal em caldeiras de agroindústrias. Esse material proporciona grandes impactos ambientais quando descartado inadequadamente, visto que acontece em muitos casos por falta de legislação mais específica sobre a destinação desse resíduo. Assim, diversos estudos com a cinza de biomassa indicam essa matéria prima como grande potencial de alternativa para corretivo de acidez do solo, fertilizante, condicionador, além de melhorar as características químicas, físicas e biológicas do solo. A utilização da cinza de biomassa como corretivo, fertilizante e condicionador no solo pode ser utilizada como matéria pura direta ou também pode ser utilizada como matéria prima juntamente com adubos minerais na produção de organominerais reduzindo assim os custos de aquisição de fertilizantes minerais nas propriedades agrícolas. Este capítulo resume os resultados de vários estudos que utilizam cinzas de biomassa na produção de forragem e os impactos gerados no solo e no meio ambiente ao usar esse material como alternativa de fertilizante, corretivo e condicionador do solo.

A cinza de madeira ou cinza de biomassa é um resíduo sólido gerado a partir da combustão de alguma espécie de biomassa vegetal em caldeiras de agroindústrias para geração de energia. A nível mundial tem-se observado um aumento na produção da cinza de biomassa em razão do uso crescente de fontes de energia fósseis, e isso impulsionou a demanda por pesquisas que visam sua destinação segura no meio ambiente, visto que sua destinação de forma inadequada gera impactos ambientais.

A produção de energia está sendo muito utilizada, mas é necessário encontrar estratégias seguras para destinar as cinzas de biomassa resultantes. A reciclagem é importante, pois as cinzas são subprodutos da geração de energia, porém, é fundamental considerar a análise química desse resíduo, quantidades máximas a serem aplicadas no solo e a capacidade de absorção das plantas para evitar lixiviação excessiva.

A cinza de biomassa, mesmo sendo um resíduo das agroindústrias, possui nutrientes essenciais em sua composição, e

por isso, pesquisas vêm sendo realizadas para alternativas diversas dessa matéria prima como corretivo e fertilizantes nos cultivos agrícolas. Além da sua utilização da forma original saída das indústrias, a cinza vegetal também é utilizada como matéria prima na produção de substratos para mudas e formulações de organominerais. A incorporação da cinza de biomassa na agricultura é capaz de mitigar a degradação do solo por meio da melhoria das características químicas, físicas e biológicas (BONFIM-SILVA et al., 2020a).

Ao utilizar a cinza de biomassa como corretivo e fertilizante, contribui-se para aumentar a segurança alimentar e gerenciar de forma sustentável esse resíduo no ambiente e pode ser utilizado como alternativa viável como insumos na produção de gramíneas forrageiras devido sua importância como corretivo e fertilizante.

Pesquisas com cinzas de biomassa são importantes e contribuem com o atendimento da Organização das Nações Unidas (ONU) nos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS): 02 - Fome zero e agricultura sustentável; 09 - Indústria, inovação e infraestrutura e 12 - Consumo e produção responsáveis.

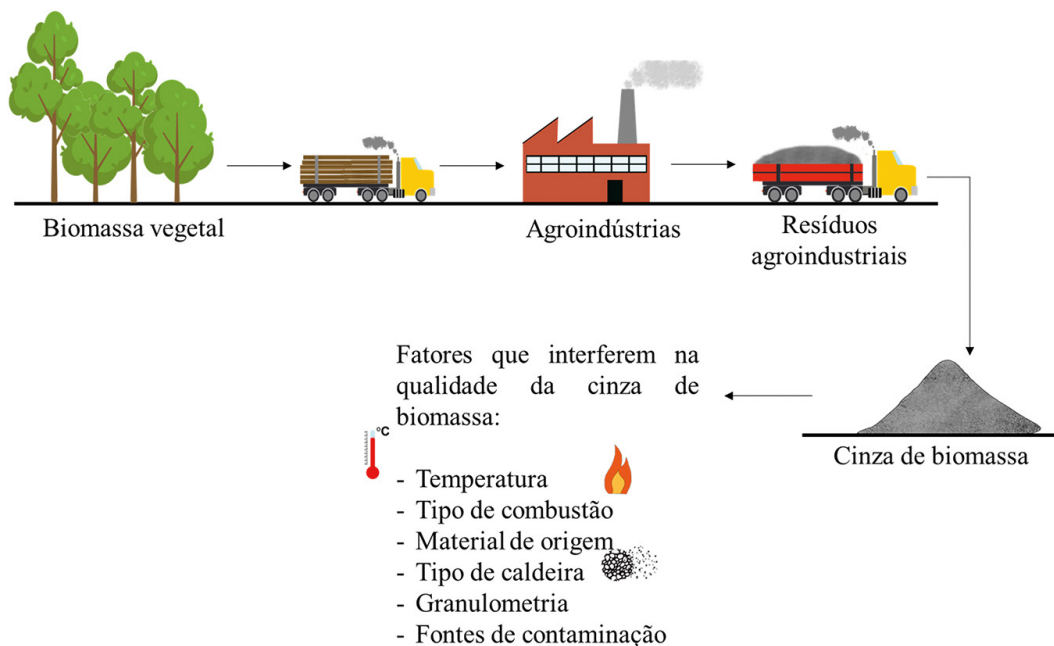
As cinzas de biomassa além de ser uma importante matéria prima para uso na agricultura sustentável também é uma alternativa para utilização na construção e manutenção de estradas e rodovias por melhorar a estabilidade mecânica do material utilizado na construção, sendo mais uma opção segura de destinar esse resíduo para o meio ambiente. Outra destinação é a reciclagem das cinzas de biomassa em indústrias de biogás, no processo de produção e purificação do gás (ALAVI-BORAZJANI et al., 2021). No entanto, este capítulo focará na utilização da cinza de biomassa no ambiente agrícola.

Todavia, este capítulo abordará o potencial da cinza de biomassa como condicionador do solo, corretivo de acidez e fertilizante agrícola, além do efeito da cinza vegetal na produção de gramíneas forrageiras, e influência desse resíduo nas características químicas, físicas e biológicas do solo.

2 PRODUÇÃO DA CINZA DE BIOMASSA NAS AGROINDÚSTRIAS E CICLO DE UTILIZAÇÃO NO MEIO AMBIENTE

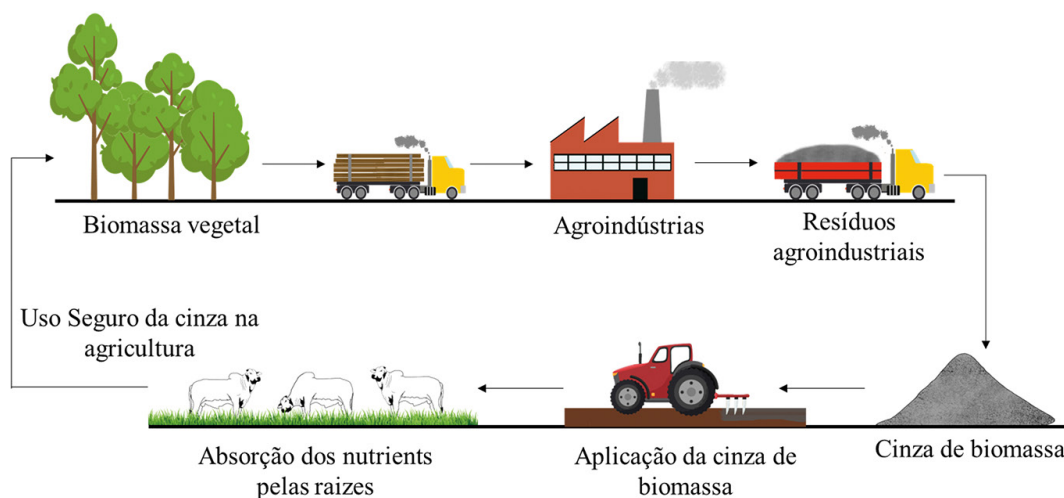
A cinza de madeira ou cinza de biomassa é um resíduo gerado a partir da combustão de biomassa vegetal em caldeiras de agroindústrias tais como esmagadoras de grãos na produção de óleo vegetal, cervejarias, indústrias de cerâmicas, dentre outras. A representação do processo de produção da cinza de biomassa e fatores que interferem em sua qualidade pode ser representada de acordo com a Figura 1 e o ciclo da cinza de biomassa no meio ambiente e seu aproveitamento de forma sustentável na Figura 2.

Figura 1. Representação do processo de produção da cinza de biomassa e fatores que interferem em sua qualidade.



Fonte. Autores.

Figura 2. Ciclo de aproveitamento da cinza de biomassa no meio ambiente.



Fonte. Autores.

As agroindústrias produzem os resíduos que podem ser influenciados por alguns fatores interferindo na qualidade final da cinza de biomassa. Dentre esses fatores pode-se citar a temperatura, tipo de forno (caldeira), quantidade de oxigênio na combustão, material de origem queimado (qualidade química da madeira ou resíduo vegetal), granulometria final da cinza gerada (diâmetro médio da partícula) e fontes de contaminação (Solo presente na cinza de biomassa, madeira de demolição, entre outros).

O teor de potássio varia de acordo com a granulometria da cinza, diminuindo o teor desse macronutriente conforme o aumento do diâmetro médio da partícula, além disso, o tipo de forno utilizado no processo da queima também influencia no teor desse macronutriente na composição da cinza (MAEDA et al., 2017).

Samadhi et al. (2019) avaliou a concentração de potássio em cinzas de diferentes biomassas como casca de banana e sabugo de milho, e encontrou em cada biomassa uma concentração diferente do nutriente avaliado. Dessa forma, nota-se que a cinza de biomassa muda a proporção de nutrientes em sua composição conforme material de origem.

Quirantes et al. (2016) avaliando a disponibilidade de nutrientes no solo de diversas aplicações de cinza de biomassa, observaram que dependendo do material de origem, houve aumento dos níveis de fósforo, potássio e zinco.

A temperatura operacional das caldeiras e a composição do combustível de biomassa são fatores que influenciam na composição química da cinza de biomassa de acordo com estudos de Košnář et al. (2016), que investigaram o teor de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos em cinzas volantes e residuais de incineração de biomassas em função da temperatura.

Pitman (2006) estudando sobre os impactos ambientais do uso de cinza de biomassa na silvicultura, explanou que diversos fatores influenciam na qualidade desse resíduo, como o tipo de combustão, temperatura da caldeira, espécie do material de origem, fontes que podem contaminar (solos presentes na cinza) e a granulometria da cinza de biomassa, sendo que cinzas soltas liberam nutrientes como cálcio e potássio mais rapidamente que a cinza granulada.

3 CINZAS DE BIOMASSA COMO CORRETIVO DE ACIDEZ DO SOLO E FERTILIZANTE

3.1 Cinza de biomassa como corretivo de acidez do solo

A cinza de biomassa vem sendo aplicada em solos e apontada como eficiente material alternativo para corretivo de acidez do solo. Essa alternativa de utilização do resíduo agrícola é uma importante alternativa para que seu uso de forma racional traga grande economia na adubação em áreas de pastagens. Assim, a cinza possui em sua composição nutrientes essenciais para o desenvolvimento das culturas, e pesquisas comprovam seu potencial como alternativa de corretivo de acidez do solo em substituição parcial ao calcário ou até mesmo de forma exclusiva (BONFIM-SILVA et al., 2020a).

A capacidade da cinza de biomassa neutralizar um solo ácido depende da quantidade e do nível de solubilidade das bases alcalinas como o $\text{Ca}+\text{Mg}+\text{K}+\text{Na}$ associadas aos carbonatos, óxidos, hidróxidos, cloretos, sulfatos, fosfatos, nitratos, silicatos e material amorfo e esses reagem com H^+ e Al^{3+} no solo, diminuindo a acidez trocável e aumentando o pH (FÜZESI, HEIL & KOVÁCS, 2015). Assim, quando a cinza vegetal entra em contato com o solo ácido o Al^{3+} é precipitado devido suas propriedades alcalinas (MERIÑO-GERGICHEVICH et al., 2010).

Nesse contexto, a acidez de um Latossolo do Cerrado brasileiro com manejo de correção da acidez do solo com a cinza de biomassa, assim como o calcário, promoveu aumento do pH do solo, sendo uma alternativa interessante para corrigir a acidez do solo em substituição ao calcário (BONFIM-SILVA et al., 2019a) diminuindo assim os custos com

utilização de insumos agrícolas. A cinza de biomassa proporciona melhoria das características físico-químicas de solos ácidos minerais como o Latossolo e o Argissolo e corrigem a acidez desses solos, podendo ser uma alternativa de corretivo para substituir a calagem (PARAMISPARAM et al., 2021).

An et al. (2021) pesquisando os efeitos da cinza de biomassa e adubação com nitrogênio nas características químicas de diferentes solos, observaram que a cinza de biomassa aumentou a matéria orgânica e o pH do solo, além de ter aumentado a capacidade de troca de cátions em todos os tipos de solos estudados (solo salino de aterro sanitário, solo infértil de floresta e solo ácido de floresta).

Pesquisas desenvolvidas com qualidade do solo no cultivo de *Urochloa brizantha* submetida a doses de cinza de biomassa, verificaram que a cinza de biomassa foi um corretivo eficiente de acidez do solo trazendo bons resultados para o Latossolo Vermelho cultivado sob pastagens no Cerrado brasileiro (OLIVEIRA et al., 2023). O aumento do pH do solo pode ser atribuído ao alto teor de Ca e Mg presentes nas cinzas de biomassa, que passam por reações no solo e se transformam em carbonatos.

A cinza vegetal, à medida que avança com as pesquisas mundialmente, está sendo transformada para diminuir sua perda no transporte e aumentar sua eficiência de aplicação. Para isso, algumas alternativas como a granulação, carbonatação ou mistura com outros materiais, vem ocorrendo pelo mundo, tornando os materiais ainda mais competitivos como corretivos e fertilizantes (BONFIM SILVA et al., 2020b).

Trabalho desenvolvido utilizando cinza de biomassa na formulação de um organomineral, observaram que o efeito foi significativo no aumento pH do solo quando se utilizou a adubação orgânica (exclusiva com cinza de biomassa) e o organomineral utilizando cinza de biomassa como matéria prima, observaram que todos os fertilizantes (adubo exclusivo com cinza) e organomineral com a presença da cinza de biomassa contribuíram com o aumento significativo no pH do solo, quando comparado apenas ao tratamento com adubação exclusiva adubo mineral (BONFIM-SILVA et al., 2020b).

Todos os resultados relacionados ao uso de cinza de biomassa na agricultura demonstram a importância de se considerar a cinza de biomassa como material alternativo corretivo de acidez do solo e nos programas de manejo de adubação.

3.2 Cinza vegetal como fertilizante

A cinza de biomassa possui em sua composição macronutrientes, micronutrientes e alguns elementos benéficos. Darolt & Osaki (1989) relataram que a cinza de biomassa possui em sua composição diversos micronutrientes como boro, zinco, cobre e ferro. Bonfim-Silva et al. (2019b) pesquisando a concentração de macronutrientes no manejo com cinza de biomassa na recuperação de pastagens degradadas, observaram que a cinza disponibilizou ao solo, nutrientes como magnésio, cálcio, fósforo e potássio. Meneghetti et al. (2023) em seus estudos com cinza de biomassa, notaram nutrientes como cálcio, magnésio, fósforo, potássio, ferro, cobre, boro e zinco na composição da cinza vegetal utilizada no experimento.

Experimento científico desenvolvido com capim-mombaça (*Megathyrsus maximus*) em Latossolo vermelho coletado em área sob vegetação de Cerrado, e de baixa fertilidade natural, demonstrou o efeito da cinza de biomassa no desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular da gramínea forrageira em função das doses de cinza de biomassa (BONFIM-SILVA et al., 2020a).

A cinza de biomassa proporcionou melhoria das características químicas dos solos Latossolo e o argissolo aumentando a disponibilidade de potássio, cálcio e magnésio (PARAMISPARAM et al., 2021).

An et al. (2021) pesquisando os efeitos da cinza de biomassa e fertilização com nitrogênio nas características químicas de diferentes solos na Coréia, observaram que a cinza de biomassa aumentou a disponibilidade de fósforo do solo. O aumento no teor de fósforo no solo também foi verificado por Silva et al. (2013), em um Cambissolo Húmico, em que explanam o potencial da cinza de biomassa florestal no aumento da disponibilidade de nutrientes como fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

Bonfim-Silva et al. (2017) estudando o potencial da cinza de biomassa como fertilizante no manejo de pastagem *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã cultivado em Latossolo na região de Cerrado brasileiro, verificaram que o manejo com cinza impacta positivamente no desenvolvimento e nas características fitométricas da gramínea forrageira, além de aumentar o índice de clorofila das folhas e melhoria das características produtivas. Esse efeito, é explicado pela cinza conter em sua composição nutrientes como nitrogênio e magnésio que faz parte da estrutura central da molécula de clorofila, além de outros nutrientes disponibilizados ao solo, fundamentais para o desenvolvimento e produção da pastagem Piatã.

O manejo da adubação de capim Marandu (*Urochloa brizantha*) com cinza de biomassa em solos do Cerrado brasileiro (Argissolo e Latossolo) afeta positivamente as características produtivas do capim, como maior rendimento da massa seca da parte aérea, além de promover aumento da massa de raízes (BEZERRA et al., 2014).

Bonfim-Silva et al. (2018) em suas pesquisas com pastagem *Urochloa brizantha* cultivar Piatã e Paiaguás fertilizados com cinza de biomassa, notaram que houve aumento das características produtivas de ambas as pastagens, como maior produção de massa seca da parte aérea, além disso, ocorre esse aumento da produção sem perder a qualidade das pastagens estudadas.

Estudos na Polônia com cinza de biomassa utilizada como fertilizante no cultivo de giant miscanthus (*Miscanthus x giganteus*) observaram que houve um aumento da produtividade da massa seca da cultura, além de ter melhorado as características químicas do solo e fortalecido os aspectos ecológicos do cultivo dessa planta (SALETNIK et al., 2018).

Bezerra et al. (2016) avaliando as características produtivas do capim Marandu, cultivado em solos do Cerrado brasileiro, submetido a doses de cinza de biomassa, encontraram que houve aumento da massa seca da parte aérea do capim em função da aplicação da cinza.

Neste contexto, nota-se que a cinza de biomassa promove aumento do pH do solo e da disponibilidade de diversos nutrientes em diferentes tipos de biomas, solos, além de promover aumento das características produtivas, fitométricas e concentração de nutrientes

de diversas culturas. Com é um importante material corretivo e fertilizante do solo em que observa-se o potencial que a cinza de biomassa tem quando aplicada ao solo em cultivos em condições de campo, como alternativa segura de destinação desse resíduo agroindustrial.

4 CINZA DE BIOMASSA NAS PROPRIEDADES BIOLÓGICAS E FÍSICAS DO SOLO

Com pesquisas explanadas sobre o potencial da cinza de biomassa como fertilizante e corretivo de acidez do solo, também observa-se estudos voltados para a qualidade biológica e física do solo, em que há pesquisas comprovando a melhoria da qualidade microbiológica quando aplicado esse resíduo em condições de exploração agrícola no campo, além de proporcionar melhora das características físicas do solo devido ao seu importante papel como condicionador de solo.

Medaiyese et al. (2023) avaliaram o uso de cinza de biomassa, lodo de papel e biochar na mitigação de gases de efeito estufa de solos ácidos boreais no Canadá, e observaram que a cinza de biomassa aumentou a biomassa microbiana e a respiração dos solos ácidos, e conseqüentemente, houve aumento da mineralização líquida.

Bonfim-Silva et al. (2022) em suas pesquisas com cinza de biomassa como promotor de desenvolvimento vegetativo da cultura do Cártamo em solo argiloso com compactação subsuperficial, notaram que a compactação e o estresse nutricional são fatores limitantes para o crescimento da forrageira, e quando aplicado a cinza de biomassa no solo como alternativa de fertilizante e condicionador, promoveu melhores condições para o desenvolvimento vegetativo da cultura, ou seja, a cinza diminui a compactação subsuperficial, além de aumentar a fertilidade do solo.

Martinez-Santos et al. (2019) relataram que a densidade elevada do solo influencia negativamente o desenvolvimento das raízes das culturas, além disso, em suas pesquisas com cinza de biomassa como condicionador do solo no cultivo de Cártamo, encontrou que a cinza melhorou significativamente o desenvolvimento do sistema radicular da forrageira. Nesse contexto, observa-se o potencial que esse resíduo, cinza de biomassa, tem quando aplicada ao campo, podendo ser utilizada como condicionador em solos compactados para diminuir a densidade.

Oliveira (2019) em seu estudo sobre qualidade biológica do solo adubado com cinza de biomassa no manejo de recuperação de pastagem *Brachiaria brizantha* observou que a cinza aumentou a biomassa microbiana e enzimas presentes no solo, deixando esses atributos analisados em níveis próximos à mata nativa, além do efeito positivo como agente de recuperação de pastagem. Isso demonstra que a cinza também melhora as condições biológicas do solo.

Oliveira et al. (2023) avaliaram a cinza de biomassa como indicadora de qualidade de solo no cultivo de pastagem *Urochloa brizantha* no Cerrado brasileiro, e notaram que a incorporação da cinza diminuiu aproximadamente 10% a densidade do solo, além disso, resultou no aumento da disponibilidade do fósforo, ou seja, contribuiu para a dinâmica entre as características químicas, físicas e biológicas do solo. Porém, vale ressaltar que doses

elevadas da cinza diminuíram a atividade enzimática neste estudo, por isso, a necessidade do manejo adequado da cinza de biomassa.

De acordo com pesquisas desenvolvidas na Espanha, dependendo do material de origem utilizado na produção da cinza, aumenta significativamente a condutividade elétrica do solo, o pH e a atividade de desidrogenase do solo, além de ser eficaz na disponibilidade de nutrientes como fósforo e potássio (QUIRANTES et al., 2016).

Sang-Sun & Woo-jung (2013) estudando a influência da co-aplicação de cinzas volantes em insumos orgânicos nas variáveis biomassa microbiana, emissão de CO₂ e CH₄, e teor de carbono no solo sob diferentes regimes de água, observaram que a cinza aumentou o teor de carbono no solo, além de ter diminuído a perda de C. Os autores explanam que o regime hídrico tem influência, pois em condições encharcadas as cinzas inibiram a biomassa microbiana. Por isso, nota-se a importância do manejo adequado da irrigação, além da fertilidade do solo.

Filho et al. (2020) observaram em seus estudos com cinza de biomassa no manejo de pastagem em Luvisolo que a aplicação da cinza proporcionou melhoria das características físico-químicas do solo, como maior retenção de água do solo, menor adensamento, o que possibilitou maior capacidade de enraizamento das plântulas, além disso, aumentou o pH do solo e a disponibilidade de nutrientes.

De acordo com Islabão et al. (2016) as cinzas de biomassa provenientes da combustão de casca de arroz alteram positivamente as propriedades físicas do solo, pois quando aplicada, diminui a densidade aparente, além de aumentar a porosidade total, macroporosidade e agregação do solo.

Estudos realizados na Polônia com uso de cinza de biomassa e seu impacto nas características físicas de um solo podzolic sob cultivo de winter oilseed rape, notaram efeitos positivo nas propriedades físicas como densidade, resistência à penetração e redução do teor de argila dispersível (STANEK-TARKOWSKA et al., 2022). Ou seja, a cinza reduz a compactação do solo, melhorando suas condições para desenvolvimento adequado da cultura.

Ademais, nota-se que a cinza de madeira possui diversos benefícios quando aplicada no campo. Além de ser utilizada como fertilizante e corretivo de acidez, ainda é um condicionador, melhorando as propriedades físicas e biológicas do solo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cinza de biomassa disponibiliza ao solo nutrientes essenciais e elementos benéficos para as plantas além de proporcionar melhorias nas propriedades químicas do solo relacionada a fertilidade;

O manejo de adubação de cinza de biomassa melhora a produtividade das plantas forrageiras e pode ser utilizada como fonte alternativa de fertilizante e corretivo de acidez para solos ácidos, além de ser um condicionador do solo, melhorando as características físicas e biológicas dos solos;

Há necessidade de avanços nos estudos com cinza de biomassa para melhorar o manejo de aplicação e de doses de cinza de biomassa na agricultura, considerando o tipo de solo (atributos químicos e físicos) e tipo de cultura;

A cinza de biomassa é um resíduo agroindustrial com alto potencial para ser aplicado na agricultura, sendo esta, uma forma de destinação segura no meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- AN, J. Y.; PARK, B. B. Effects of wood ash and N fertilization on soil chemical properties and growth of *Zelkova serrata* across soil types. **Scientific reports**. 11, 14489. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93805-5>
- ALAVI-BORAZJANI, S. A.; TARELHO, L. A. C.; CAPELA, I. A Brief Overview on the Utilization of Biomass Ash in Biogas Production and Purification. **Waste and Biomass valorization**. 12: 6375-6388, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12649-021-01461-7>
- BEZERRA, M. D. L.; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; SOUSA, H. H. F.; DUARTE, T. F.; ESPÍRITO SANTO, E. S.; PACHECO, A. B. Cinza De Madeira Na Fertilização Do Capim Marandu Em Solos Do Cerrado Brasileiro. *Jornal Africano de Pesquisa Agrícola*, v. 11, p. 1504-1510, 2016.
- BEZERRA, M. D.; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A. Wood ash effect on the productive characteristics of Marandu grass in Cerrado soils. **African Journal of Agricultural Research**. v9, n30, pp2339-2344, 2014.
- BONFIM-SILVA, E. M.; BÄR, C. S. L. L.; ESPIRITO SANTO, E. S.; SILVA, M. R.; SCHLICHTING, A. F.; SOUSA, H. H. F.; SILVA, T. J. A. Performance of Piata and Paiaguas Grasses Fertilized with Wood Ash in Entisol Soil. **Journal of Experimental Agriculture International**. 21(5): 1-10, 2018. DOI: 10.9734/JEAI/2018/40079
- BONFIM-SILVA, E. M. COSTA, A. S.; JOSÉ, J. V.; FERRAZ, A. P. F.; DAMASCENO, A. P. A. B.; SILVA, T. J. A. Correction of Acidity of a Brazilian Cerrado Oxisol with Limestone and Wood Ash on the Initial Growth of Cowpea. **Agricultural Sciences**, 10, 841-851, 2019a. DOI: <https://doi.org/10.4236/as.2019.107064>.
- BONFIM-SILVA, E.M.; LIMA, P.C.S.; SOARES, D.C.; LIENDRO, J.V.; ARAÚJO, T.J. S. Mineral, organic, and organomineral fertilization associated with base saturation in *Vigna unguiculata* cultivation. **International Journal of Vegetable Science**. v.26, n.5, p.01-14, 2020b.
- BONFIM-SILVA, E. M.; MARTINEZ-SANTOS, T.; SILVA, T. J. A.; ALVES, R. D. S.; PINHEIRO, E. A. R.; DUARTE, T. F. Wood ash as a vegetative-growth promoter in soils with subsurface compaction. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.26, n.4, p.258-265, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n1p3-9>
- BONFIM-SILVA, E. M.; PEREIRA, M. T. J.; SILVA, T. J. A.; FENNER, W. Potential of Wood Ash as a Fertilizer in BRS Piatã Grass Cultivation in the Brazilian Cerrado Soil. **American Journal of Plant Sciences**, 2017, 8, 2333-2344. DOI: <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.810156>
- BONFIM-SILVA, E. M.; SCHLICHTING, A. F.; JOSÉ, J. V. **Cinza vegetal como corretivo e fertilizante**. In: Cinza vegetal e Biochar na Agricultura. Maringá, PR: Uniedusul, 2020a. p.07-30.
- BONFIM-SILVA, E. M.; SCHLICHTING, A. F.; SILVA, T. J. A. Concentration of macronutrients in degraded tropical pasture in recovery rainy periods using wood. **Australian Journal Of Crop Science**, v. 13, p. 966-975, 2019b. DOI: 10.21475/ajcs.19.13.06.p1710
- DAROLT, M. R.; OSAKI, F. **Efeito da cinza de caieira de cal sobre a produção da aveia preta, no comportamento de alguns nutrientes**. In: Calagem & Adubação. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1989. 33p.

FILHO, M. C. F. M.; HANKE, D.; NASCIMENTO, S. G. DA S.; ÁVILA, M. R. DE; MANRIQUEZ, D. E. T. Efeito da aplicação da cinza da casca de arroz sobre os atributos de solo sob pastagem. **Revista Agroecossistemas**, v.11, p.146-163, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.18542/ragros.v11i2.7483>

FÜZESI, I.; HEIL B.; KOVÁCS, G. Effects of Wood Ash on the Chemical Properties of Soil and Crop Vitality in Small Plot Experiments. *Acta Silv. Lign. Hung.* 11 (1), 55–64, 2015.

ISLABÃO, G.O.; LIMA, C.R.; VAHL, L.C.; TIMM, L.C.; TEIXEIRA, J.B.S. Hydrophysical properties of a typic hapludult under the effect of rice. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 40(1) :1–13. 2016.

KOŠNÁŘ, Z.; MERCL, F.; PERNÁ, I.; TLUSTOŠ, P. Investigation of polycyclic aromatic hydrocarbon content in fly ash and bottom ash of biomass incineration plants in relation to the operating temperature and unburned carbon content. **Science of the Total Environment**. v. 563, n. 564, p. 53–61, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.059>

MAEDA, N.; KATAKURA, T.; FUKASAWA, T.; HUANG, A.; KAWANO, T.; FUKUI, K. Morphology of woody biomass combustion ash and enrichment of potassium components by particle size classification. **Fuel Processing Technology**, 156, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2016.09.026>

MARTINEZ-SANTOS, T.; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; DAMASCENO, A. P. A. B. Correction of soil compaction using wood ash in safflower crop. **Australian Journal of Crop Science**. 13(08):1375-1382, 2019. DOI:10.21475/ajcs.19.13.08.p1878

MEDAIYESE, A. O.; WU, J.; UNC, A. Utility of wood ash, paper sludge and biochar for the mitigation of greenhouse gases emissions from acid boreal soils. **Journal of Environmental Management**. 330, 117202, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117202>

MENEGHETTI, L. A. M.; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; DUARTE, T. F.; PINHEIRO, E. A. R.; OLIVEIRA, J. R. Biomass and water use efficiency of chrysanthemum under organic, mineral, and organomineral fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v27, n7, p505-511. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n7p505-511>

MERIÑO-GERGICHEVICH, C.; ALBERDI, M.; IVANOV, A.G.; REYES-DÍAZ, M. Al³⁺- Ca²⁺ Interaction In Plants Growing In Acid Soils: Al-Phytotoxicity Response To Calcareous Amendments. *J. soil. sci. plant nutr.* 10 (3): 217-243, 2010.

OLIVEIRA, W. C. M.; BONFIM-SILVA, E. M.; FERRAZ, A. P. F.; GUIMARÃES, S. L.; SILVA, T. J. A.; DUARTE, T. F. Soil quality indicators for *Urochloa brizantha* fertilized with wood ash. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.27, n.4, p.241-249, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n4p241-249>

OLIVEIRA, W. C. M. **Qualidade biológica do solo sob pastagem de *Brachiaria brizantha* em processo de recuperação com cinza vegetal**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso. 99p. 2019.

PARAMISPARAM, P.; AHMED, O.H.; OMAR, L.; CH'NG, H.Y.; JOHAN, P.D.; HAMIDI, N.H. Co-Application of Charcoal and Wood Ash to Improve Potassium Availability in Tropical Mineral Acid Soils. **Agronomy**, 11, 2081. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11102081>

PITMAN, R., Wood ash use in forestry – a review of the environmental impacts. **Forestry**. v 79, p 563- 588, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1093/forestry/cpl041>

SALETNIK, B.; ZAGULA, G.; BAJCAR, M.; CZERNICKA, M.; PUCHALSKI, C. Biochar and Biomass Ash as a Soil Ameliorant: The Effect on Selected Soil Properties and Yield of Giant Miscanthus (*Miscanthus x giganteus*). **Energies**. 11(10), 2535, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/en11102535>

SAMADHI, T. W.; WULANDARI, W.; AMÁLIA, R. A.; KHAIRUNNISAH, R. Potassium recovery from tropical biomass ash. **AIP Conference Proceedings**. 2085(1): 020003. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.5094981>

SANG-SUN, L.; WOO-JUNG, C. Changes in microbial biomass, CH₄ and CO₂ emissions, and soil carbon content by fly ash co-applied with organic inputs with contrasting substrate quality under changing water regimes. **Soil Biology and Biochemistry**. 68: 494-502, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.10.027>.

STANEK-TARKOWSKA, J.; CZYZ, E.A.; PASTUSZCZAK, M.; SKROBACZ, K. The Impact of Using Different Doses of Biomass Ash on Some Physical Properties of Podzolic Soil under the Cultivation of Winter Oilseed Rape. **Int. J. Environ. Res. Public Health**. 19, 6693. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19116693>

SILVA, F. R.; ALBUQUERQUE J. A.; GATIBONI, L. C.; COSTA, A. Uso da cinza da combustão de biomassa florestal como corretivo de acidez e fertilidade de um Cambissolo Húmico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. v12, n3, p304-313, 2013.

QUIRANTES, M.; CALVO, F.; ROMERO, E.; NOGALES, R. Soil-nutrient availability affected by different biomass-ash applications. **Journal of soil science and plant nutrition**. 16(1):159-163, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162016005000012>

EDITOR (A)

Edna Maria Bonfim-Silva – Zootecnista e Mestre em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Doutora em Agronomia (Solos e Nutrição de plantas) e Pós-Doutora em Ciências do Solo pela Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’ (ESALQ-USP). Professora Associada na área de Engenharia de Água e Solo do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental (UFR) e membro permanente dos programas de pós-graduações em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Rondonópolis (UFR) e de Agricultura Tropical da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

AUTORES

Alan Ricardo Valdanha De Souza – Graduado em Farmácia com formação generalista pelo Centro Universitário de Votuporanga (2010), graduado em Engenharia Civil pela Faculdade de Rondonópolis (2018), graduado em Agronomia pela Faculdade Anhanguera de Rondonópolis (2022) e Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Faculdade Única de Ipatinga - FUNIP (2020). Atualmente é acadêmico do curso de pós-graduação stricto sensu em Engenharia de Sistemas Agrícolas pela Universidade Federal de Rondonópolis e acadêmico no MBA em Gestão de Pessoas pela UNOPAR. Atuou como Farmacêutico assistencial entre 2011 e 2021 (10 anos), em frentes como; Gestão Farmacêutica, Atenção e Assistência Farmacêutica; Farmácia Hospitalar, Dispensação e Saúde Pública (UBS). Atualmente exerce as atividades como docente no ensino superior e na gestão do ensino superior (Coordenador do curso de Farmácia e Biomedicina) da Faculdade Anhanguera de Rondonópolis.

Altair Marques Pereira Filho – Graduação em Engenharia Mecânica, pela Universidade Anhanguera, Campus São Paulo – SP, Pós Graduação Lato Sensu em Engenharia de Soldagem pelo Instituto Mauá de Tecnologia, Engenheiro Internacional de Soldagem IWE, cursando mestrado em Engenharia Agrícola, na linha de pesquisa Engenharia de sistemas agrícolas pela Universidade Federal de Rondonópolis.

Caroline França Covatti – Zootecnista e Mestranda em Ciência Animal (Nutrição e alimentação de Ruminantes) pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

Emerson Silva Miranda – Possui graduação em Zootecnia pelo Instituto Federal de Rondônia. Atualmente está cursando mestrado em Agricultura Tropical pela Universidade Federal do Mato Grosso.

Jarliane do Nascimento Sousa – Zootecnista e Mestre em Zootecnia (Nutrição e alimentação de Ruminantes) pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e Doutoranda em Ciência Animal (Nutrição e alimentação de Ruminantes) pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

Jhenyfer renata diniz souza – Bióloga pela universidade federal do mato grosso(UFMT). Mestranda em Engenharia agrícola (Engenharia de Sistemas Agrícolas) pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

Jholian Maicon Ribeiro Santos – Agrônomo formado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Campus São Vicente, Centro de Referência de Campo Verde, MT (2018), onde atuou como membro efetivo do centro acadêmico do curso de Bacharelado em Agronomia na função relacionada a assuntos acadêmicos, no biênio 2015/16, e membro do colegiado do curso de Agronomia, como representante suplente dos discentes. Mestre (2020) e atualmente doutorando em Agricultura Tropical pela Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Cuiabá, MT na linha de pesquisa em Sistemas de Produção e área do conhecimento em Irrigação e modelagem do crescimento e desenvolvimento de plantas forrageiras.

Juliana Maria Silva de Sousa – Zootecnista e Mestre em Zootecnia (Produção Animal) pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e Doutoranda em Ciência Animal (Nutrição e alimentação de Ruminantes) pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

Joyce da Costa Cruz – Graduada em Matemática, pelo Centro Universitário de Várzea Grande (2008). Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Rondonópolis (UFR). Mestranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Rondonópolis (UFR). Participante do grupo de Pesquisa e Inovação em Sistemas Puros e Integrados de Produção Agropecuária.

Luana Aparecida Menegaz Meneghetti – Engenheira Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Doutoranda em Agricultura Tropical pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

Luana Glaup Araújo Dourado - Doutora em Agricultura Tropical com ênfase em Conservação de água e solo, pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Campus de Cuiabá. Mestre em Engenharia Agrícola, na área de concentração em Engenharia de Sistemas Agrícolas e graduada em Engenharia Agrícola e Ambiental ambos pela Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Rondonópolis (UFMT/CUR). Atualmente trabalha com Tecnologia e processos de produção de fertilizantes organominerais utilizando cinza vegetal (PDJ - FAPEMAT).

Mayco Mascarello Richardi, Tecnólogo em Agronegócios, Especialista em Agronomia, Mestre e Doutorando em Agricultura Tropical. Servidor Técnico Administrativo em Educação, com o cargo de Técnico em Agropecuária na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

Milla Lopes, Zootecnista pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Mestranda em Agricultura Tropical (Sistema de Produção) pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

Natalia do Val Tavares, Formada Técnica em Química integrado ao ensino médio pelo Instituto Federal de Mato Grosso - Campus Rondonópolis. Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Rondonópolis e possui afinidade na área de Ecologia e Conservação, com ênfase em Recuperação de Áreas Degradadas, principalmente por herbicidas, além de ecologia de áreas alagadas. Foi bolsista PIBIC do período de 2020 a 2022 no emprego de forrageiras como agentes fitorremediadores de herbicidas auxínicos.

Cursando mestrado em Engenharia Agrícola, na linha de pesquisa em Agroecossistemas, pela Universidade Federal de Mato Grosso.

Nathalia Chagas de Brito Gomes – Engenheira Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Tem experiência em Engenharia Agrícola em extensão de manejo com ênfase em Conservação de Solo e Água. Mestranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Rondonópolis (UFR).

Paulo Otávio Aldaves dos Santos Guedes – Agrônomo formado pelo IFMT Campus São Vicente, Mestre em Agricultura Tropical pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e Doutorando em Agricultura Tropical (Sistemas de Produção) pela UFMT.

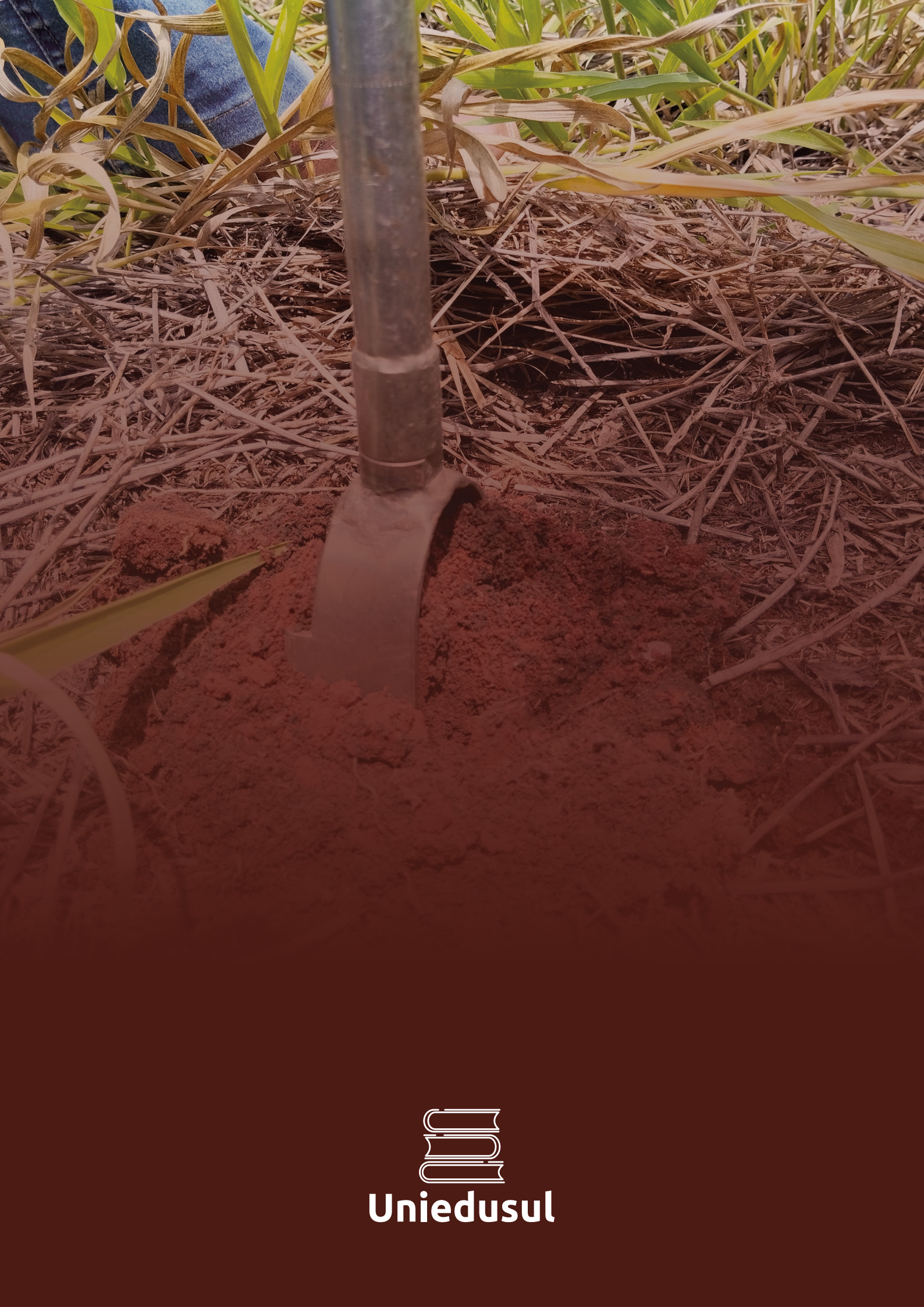
Priscila Pinto Moreira – Engenheira Agrônoma pela Faculdade UNIC de Rondonópolis. Mestranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Rondonópolis (UFR).

Tallys Henrique Bonfim da Silva – Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Mestrando em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Rondonópolis (UFR).

Tonny José Araújo da Silva – Engenheiro Agrônomo e Mestre em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Doutor em Irrigação e Drenagem pela Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’ (ESALQ-USP). Foi pesquisador científico do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) – Centro de Ecofisiologia e Biofísica. Professor Associado na área de Engenharia de Água e Solo da Universidade Federal de Rondonópolis (UFR). Membro permanente dos programas de pós-graduações em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Rondonópolis (UFR) e de Agricultura Tropical da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

Wagner Arruda de Jesus – Engenheiro agrônomo pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), técnico em agropecuária pelo Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT) e atualmente mestrando do Programa de Pós Graduação em Agricultura Tropical (PPGAT) na UFMT.

Yasmim Beltrão Dib – Graduada em Ciências Biológicas - Licenciatura pela Universidade Federal de Rondonópolis (UFR). Cursando mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEAgri) pela Universidade Federal de Rondonópolis (UFR).



Uniedusul