

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA BACHARELADO

THARCISIO CAMPOS COELHO

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO
NITROGENADA EM SISTEMA AGROSSILVIPATORIL**

SÃO LUÍS – MA
2022

THARCISIO CAMPOS COELHO

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO
NITROGENADA EM SISTEMA AGROSSILVIPATORIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Agronomia Bacharelado do Centro
de Ciências Agrárias da Universidade Estadual
do Maranhão, como requisito para obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Luciano Cavalcante Muniz

SÃO LUÍS – MA

2022

Coelho, Tharcisio Campos.

Atributos químicos do solo em função da adubação nitrogenada em sistema agrossilvipastoril / Tharcisio Campos Coelho. – São Luís, 2022.

41

Monografia (Graduação) – Curso de Agronomia Bacharelado, Universidade Estadual do Maranhão, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Cavalcante Muniz.

1.Nitrogênio. 2.Pastagem. 3.Ciclagem de nutrientes. I.Título.

CDU: 631.84

Elaborado por Giselle Frazão Tavares - CRB 13/665

THARCISIO CAMPOS COELHO

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO
NITROGENADA EM SISTEMA AGROSSILVIPATORIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Agronomia do Centro de Ciências
Agrárias da Universidade Estadual do
Maranhão, como requisito para obtenção do
título de Engenheiro(a) Agrônomo(a).

Aprovada em: 20/01/2022

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Luciano Cavalcante Muniz – Orientador
Doutor em Agronomia (Ciência Animal) – UFG
Universidade Estadual do Maranhão



Dr. Carlos Augusto Rocha de Moraes Rego
Doutor em Agronomia – UNIOESTE
Universidade Estadual do Oeste do Paraná



Dr. Vinicius Ide Franzini
Doutor em Ciências (Agronomia) – ESALQ
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA

*A minha família por todo apoio e confiança, em especial
a minha mãe Ducilene Campos Coelho e ao meu
pai José de Ribamar Aguiar Coelho.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por minha vida, por sempre cuidar de mim e me direcionar pelo melhor caminho.

À minha família que sempre acreditaram em mim e me apoiaram, em especial aos meus pais José de Ribamar Aguiar Coelho e Ducilene Campos Coelho por todo cuidado, esforço e sacrifícios para que eu pudesse conquistar meus sonhos, aos meus irmãos por todo incentivo e apoio, e todos os familiares que ajudaram em minha vida, meu muito obrigado a vocês.

Ao meu orientador Luciano Cavalcante Muniz, agradeço por todo apoio, por nossa amizade e todas as oportunidades concedidas, que me ajudaram na caminhada que vou seguir.

À professora Ana Maria Aquino dos Anjos Ottati, pelos oportunidades e ensinamentos desde o início da minha graduação, e todo incentivo e confiança que recebi.

Ao GINTEGRA e todos os envolvidos para a realização dessa pesquisa.

A todos os amigos que fiz durante a graduação: Mayara Meneses, Samantha Vieira, Iago Três, Rodrigo Barbosa, Caio Sales, Maycon Pedrosa, Matheus Barata, Hidelbrando Pires, Pedro Lívio, Monique Ferreira, Ramon Batista, Daniel Cutrim, Iasmym Rodrigues e a todos da turma 2016 e da agronomia.

A Cintya Santos, por toda ajuda, apoio, amizade e companheirismo nos diversos momentos.

A Karoline Cardoso dos Santos, por toda ajuda, companheirismo, amor, carinho e todo incentivo que recebi.

A Universidade Estadual do Maranhão, pela oportunidade do curso e a FAPEMA pelas concessões de bolsa de iniciação científica e financiamento da pesquisa.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação e da minha vida, o meu muito obrigado.

RESUMO

Um sistema agrossilvipastoril apresenta benefícios ao sistema solo-planta-animal, tanto para o produtor quanto para a sociedade. O potencial produtivo dos sistemas agrossilvipastoris com o uso de fertilizantes no solo deve ser bem compreendido, principalmente o nitrogênio, inclusive a deficiência de nitrogênio em sistema agrossilvipastoril pode restringir a produtividade uma vez que esses sistemas também têm alta demanda por esse nutriente. Nos sistemas agrícolas, o nitrogênio aplicado pode contribuir para alterações nos teores químicos do solo, sendo necessário entender a dinâmica dos elementos químicos do solo em função da adubação nitrogenada. Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variação dos atributos químicos do solo em função da adubação nitrogenada em sistema agrossilvipastoril, visando a melhoria do uso eficiente do nitrogênio. O experimento foi realizado na Unidade de Referência Tecnológica da EMBRAPA Cocais e Universidade Estadual do Maranhão em Pindaré Mirim – MA. A área experimental foi composta por 3,6 ha estabelecido com pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, consorciada com milho *Zea mays* L e eucalipto *Eucalyptus*. A área foi dividida igualmente em três blocos, com quatro tratamentos: (I) Controle, sem adubação nitrogenada; (II) Aplicação de 100 kg/ha de Nitrogênio (N), (III) Aplicação de 200 kg/ha de N; (IV) Aplicação de 400 kg/ha de N. Foram coletadas amostras de solo para análise química em laboratório. Para a determinação dos atributos químicos, foi utilizado a metodologia da EMBRAPA. Não houve diferenças estatísticas significativas para os valores de pH e os teores de P, H+Al e V% em relação às diferentes doses de adubação nitrogenada aplicadas. Houve um decréscimo dos teores de Mg das camadas mais superficiais (0-10 e 10-20 cm) para a profundidade 20-30 cm com o aumento das doses de N. Para os teores de potássio, observou-se uma redução no solo à medida que se aumentou as doses de adubação de N. Os valores de soma de bases (SB) e CTC apresentaram um comportamento semelhante as bases do solo em relação ao aumento das doses de N aplicadas no solo, tendo uma pequena diminuição até a dosagem com 200N e posteriormente um aumento com a dose de 400N. A aplicação de doses elevadas de N no solo provoca a lixiviação do magnésio das camadas superficiais, assim como diminuição do potássio no solo devido a maior extração pela *U. brizantha* cv. Marandu. Doses mais elevadas de N podem aumentar os teores de cálcio no solo pela absorção e ciclagem de nutrientes no solo. É necessário um maior tempo de avaliação para confirmar as variações nos atributos químicos do solo em função do aumento de adubações nitrogenadas em sistemas agrossilvipastoril.

Palavra-chave: nitrogênio, pastagem, ciclagem de nutrientes

ABSTRACT

An agrosilvopastoral system presents benefits to the soil-plant-animal system, both for the producer and for society. The productive potential of agroforestry systems with the use of fertilizers in the soil must be well understood, especially nitrogen, including nitrogen deficiency in agroforestry systems can restrict productivity since these systems also have a high demand for this nutrient. In agricultural systems, applied nitrogen can contribute to changes in soil chemical contents, making it necessary to understand the dynamics of soil chemical elements as a function of nitrogen fertilization. Thus, the objective of this work was to evaluate the variation of soil chemical attributes as a function of nitrogen fertilization in an agrosilvipastoral system, aiming at improving the efficient use of nitrogen. The experiment was carried out at the Technological Reference Unit of EMBRAPA Cocais and State University of Maranhão in Pindaré Mirim - MA. The experimental area consisted of 3.6 ha established with *Urochloa brizantha* cv. Marandu, intercropped with *Zea mays* L corn and *Eucalyptus eucalyptus*. The area was divided equally into three blocks, with four treatments: (I) Control, without nitrogen fertilization; (II) Application of 100 kg/ha of Nitrogen (N), (III) Application of 200 kg/ha of N; (IV) Application of 400 kg/ha of N. Soil samples were collected for chemical analysis in the laboratory. To determine the chemical attributes, the EMBRAPA methodology was used. There were no statistically significant differences for the pH values and the contents of P, H+Al and V% in relation to the different doses of nitrogen fertilization applied. There was a decrease in the Mg contents of the most superficial layers (0-10 and 10-20 cm) for the depth 20-30 cm with the increase of the N doses. For the potassium contents, a reduction was observed in the soil at as N fertilization rates were increased. The sum of bases (SB) and CTC values showed a similar behavior to the soil bases in relation to the increase of N rates applied to the soil, with a small decrease until the dosage with 200N and subsequently an increase with the dose of 400N. The application of high doses of N in the soil causes the leaching of magnesium from the surface layers, as well as a decrease in potassium in the soil due to greater extraction by *U. brizantha* cv. Marandu. Higher doses of N can increase soil calcium levels by absorbing and cycling nutrients in the soil. A longer evaluation time is necessary to confirm the variations in soil chemical attributes due to the increase in nitrogen fertilization in agrosilvipastoral systems.

Keywords: nitrogen, pasture, nutrient cycling

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Médias mensais de precipitação pluviométrica, temperatura média.....	21
Figura 2	Representação dos pontos de coleta das amostras de solo no transecto.....	22
Figura 3	Teores de cálcio em um Plintossolo Argilúvico Distrófico típico sob cultivo de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu em resposta as diferentes doses de nitrogênio.....	29
Figura 4	Teores de magnésio em um Plintossolo Argilúvico Distrófico típico sob cultivo de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu em resposta as diferentes doses de nitrogênio.....	30
Figura 5	Teores de potássio em um Plintossolo Argilúvico Distrófico típico sob cultivo de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu em resposta as diferentes doses de nitrogênio.....	31
Figura 6	Valores de soma de bases em um Plintossolo Argilúvico Distrófico típico sob cultivo de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu em resposta as diferentes doses de nitrogênio.....	32
Figura 7	Valores de CTC em um Plintossolo Argilúvico Distrófico típico sob cultivo de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu em resposta as diferentes doses de nitrogênio.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 20 cm, em maio de 2019.....	22
----------	---	----

LISTA DE SIGLAS

EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ILPF	Integração Lavoura Pecuária Floresta
SAFs	Sistemas Agroflorestais
URT	Unidade de Referência Tecnológica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. Geral.....	14
2.2. Específico	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1. Amazonia maranhense e sistemas agrossilvipastoris	14
3.2. Solos do tropico úmido	15
3.3. Adubação Nitrogenada.....	16
3.4. Efeito da adubação nitrogenada nos atributos químicos do solo	18
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4.1. Área experimental.....	20
4.2. Descrição e Delineamento Experimental	21
4.3. Amostragem	22
4.4. Análises	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6. CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

Com os processos de modernização agrícola, a produtividade das lavouras, teve de ser aumentada, afim de suprir as necessidades alimentares da população, por outro lado, ocasionou impactos indesejáveis ao meio ambiente, como erosões dos solos, destruição da biodiversidade e contaminação dos alimentos (BALSAN, 2006).

Dentre os principais desafios enfrentados pela humanidade, está a produção de alimentos em conformidade com a disponibilidade dos recursos naturais (SALMAN et al., 2020). O uso adequado da terra é o pilar para a preservação dos recursos naturais e consolidação de uma agricultura sustentável (FLORES, 2008). Salton et al., (2014), aponta as práticas agrícolas sustentáveis como iniciativas de adoção para conservação do solo.

Com isso, os sistemas de produção veem sofrendo modificações, e levando em consideração, os diversos fatores ambientais, econômicos e sociais, tendo como foco o aumento da produção e maior diversidade de produtos por área, visando o mínimo impacto da vegetação nativa ao mesmo tempo em que recupera áreas degradadas (BALBINO et al., 2011a).

Os sistemas agrossilvipastoril são atividades que integram uma diversidade de produtos (SALMAN et al., 2020), como a integração de árvores lenhosas perenes com culturas agrícolas e pastagem, tornando um sistema alternativo, ecológico e sustentável para diversas áreas de produção (CAMPANHA & HOLANDA JUNIOR, 2007).

A integração de lavoura-pecuária-floresta (ILPF), concilia tecnologias voltadas para sistemas de produção (BALBINO et al., 2011b; NICODEMO; MELOTO, 2015). Segundo Salman et al. (2020) o ILPF apresenta uma gama de benefícios ao sistema solo-planta-animal, tanto para o produtor quanto para a sociedade.

O potencial produtivo dos sistemas agrossilvipastoris em condições naturais de solo deve ser bem compreendido, assim como seu potencial com fertilizantes, principalmente o nitrogênio. Bernardino et al. (2011) relataram que a deficiência de nitrogênio em sistema agrossilvipastoril pode restringir a produtividade de forragem uma vez que esses sistemas também têm alta demanda por esse nutriente.

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas. O N aumenta a produção de pastagem e, conseqüentemente, possibilitar elevar o número de animais por área (ROSSO, 2019). Esse nutriente, possui uma complexa dinâmica no solo,

devido a sua grande mobilidade, sofre inúmeras transformações, transformando-se em formas gasosas e, com isso, há muitas perdas por volatilização (AGUIAR; SILVA, 2005).

O uso de adubos químicos nitrogenados é amplamente utilizado (WADT et al., 2005). A adubação nitrogenada é uma prática eficiente que visa melhorar a produtividade e qualidade de pastagem. A eficiência da adubação nitrogenada depende das condições de adaptação, como temperatura e disponibilidade hídrica (ROSSO, 2019). Utiliza-se a adubação nitrogenada, com intuito de aumentar o valor nutricional das forragens (BONATO, 2021).

Os fertilizantes nitrogenados minerais como a ureia, quando utilizados em quantidades excessivas ou em situações desfavoráveis com elevado teor de umidade do solo e alta temperatura, podem ser perdidos, convertidos em poluentes ambientais de solos e rios, através do nitrato e do amônio, e ainda ser emitido para atmosfera na forma de óxido nitroso formando os gases de efeito estufa (MOTA et al., 2015).

Levando em conta as perdas de N e a baixa eficiência dos fertilizantes nitrogenados aplicados no solo, torna-se importante que se identifiquem estratégias adequadas para o manejo das culturas (ARAÚJO, 2009), assim como o seu uso eficiente em agrossistemas sob pastagens, nas condições de trópico úmido maranhense.

A hipótese do trabalho é que altas doses nitrogenadas alteram as características químicas do solo, aumentando valores de H^+ e Al^{3+} , reduzindo a CTC e os valores de pH, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SB e V%. O objetivo deste trabalho é avaliar a variação dos atributos químicos do solo em função da adubação nitrogenada em sistema agrossilvipatoril no trópico úmido maranhense.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar a variação dos atributos químicos do solo em função da adubação nitrogenada em sistema agrossilvipastoril, visando a melhoria do uso eficiente do nitrogênio.

2.2. Específico

Determinar os atributos químicos do solo sob diferentes doses de adubação nitrogenada.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Amazônia maranhense e sistemas agrossilvipastoris

A Amazônia Legal, ocupa um território de 5.015.068,18 quilômetros quadrados espalhados por nove estados de federação, o que corresponde a cerca de 59,9% do país (FAMEM, 2021). O estado do Maranhão conta atualmente com 181 municípios pertencentes a área de Amazônia Legal, o que o torna com maior número de municípios, ocupando 79,3% da área (IBGE, 2020).

A Amazônia maranhense está localizada no trópico úmido brasileiro, onde tem tido um aumento de áreas degradadas associadas ao desmatamento, gerando grandes impactos negativos sobre os recursos naturais dessas áreas, influenciando a indisponibilidade e na qualidade de bens e serviços ambientais. Uma das principais causas do desmatamento é a atividade agropecuária, no entanto, essa atividade é importante para a economia da região, assim como do país (DOMINGUES & BERMANN, 2012), tornando necessário buscar alternativas para uma pecuária social e ambientalmente sustentável. Kluthcouski et al. (2015a) ressaltam que, em geral, os solos arenosos são considerados inaptos sob sistemas de manejo tradicionais ou convencionais. No entanto, com algumas particularidades, têm apresentado altas produtividades com a adoção correta e integral dos sistemas conservacionistas de manejo do solo e da água.

Dentre as opções, o sistema agrossilvipastoril é uma importante opção de produção sustentável, visto que, integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizados na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotação, buscando efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, contemplando a adequação ambiental, a valorização do homem e a viabilidade econômica (BALBINO et al., 2011). O sistema agrossilvipastoril é

uma estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, na mesma área, em cultivo consorciado, sucessão ou rotação, buscando efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, contemplando a adequação ambiental, a valorização do homem e a viabilidade econômica (BALBINO et al., 2011). O sistema silvipastoril integra árvores, culturas forrageiras e animal em uma estrutura funcional para otimizar os benefícios de melhores interações biofísicas entre solo, água, nutrientes, biologia e microclima (UDAWATTA et al., 2017).

A adoção dos sistemas agrossilvipastoril possibilita a melhoria da produtividade, da qualidade dos produtos e aumento da renda das atividades agropecuárias, sendo mais lucrativos por causa da diversificação das atividades econômicas, da redução de custos e dos aumentos de produtividade, (CORDEIRO et al, 2015a), além da melhoria da fertilidade do solo, controle da erosão, conservação da biodiversidade e diversificação da renda para famílias e comunidades (BISHAW et al., 2013), integrando as explorações de lavoura, pecuária e/ou floresta em áreas já desmatadas, como alternativa aos monocultivos tradicionais, evitando o desmatamento de novas áreas (CORDEIRO et al., 2015b; KLUTHCOUSKI et al., 2015b; SALTON et al., 2015), proporcionando benefícios mútuos entre a lavoura e a pecuária, reduzindo as causas da degradação física, química e biológica do solo, resultantes de cada uma das explorações (KLUTHCOUSKI; STONE, 2003).

3.2. Solos do tropico úmido

Em grande parte do Maranhão a área de terra disponível para a agricultura está limitada legalmente a manter de 50 a 80% da propriedade como reserva legal, fazendo com que se busque o aumento da produtividade e sustentabilidade nas áreas utilizadas para agricultura (SOTERRONI et al., 2018). Essas áreas estão situadas no trópico úmido, com altas temperaturas e chuvas abundantes, combinados com solos derivados de rochas sedimentares clásticas, com baixos teores de elementos agregadores, como cálcio e ferro elementar, resultam em baixa disponibilidade de nutrientes e condições desfavoráveis para o cultivo contínuo (MOURA *et al.*, 2012).

Diferenças entre os graus de consistência do solo seco e do solo úmido foram incorporadas ao sistema brasileiro de classificação de solos por meio da utilização do termo "coeso", o qual caracteriza solos que, quando secos, apresentam uma alta resistência à penetração, e uma fácil redução dessa resistência quando úmidos (GIAROLA *et al.*, 2002).

Nesses solos tropicais caracterizados como coeso, o molhamento e a secagem repetidos geralmente causam o endurecimento de longa duração do solo durante a secagem, pelo aumento da coesão do solo devido à ausência de materiais flocculantes como, óxidos de ferro e matéria orgânica (MULLINS, 1999). Já que nessa região o ano é dividido em duas estações bem definidas. Do começo ao meio do ano é muito úmido, com aproximadamente 1800 mm de precipitação. Em contrapartida, do meio ao final do ano é um período muito seco, com um pouco mais que 200 mm de precipitação. A evapotranspiração potencial pode ser alta nesta região e pode atingir até 10 mm em dias quentes e sem nuvens (INMET, 2021)

Nesse solo, também conhecido como “hardsetting soil”, as culturas podem explorar apenas uma fina camada superficial para sustentar o seu desenvolvimento devido a um aumento de partículas finas e menor carbono orgânico em profundidades mais baixas, o que torna as camadas mais profundas duras e de difícil crescimento das raízes (GIAROLA, 2002). Devido a isto, o enraizamento é afetado pela profundidade limitando o crescimento da cultura, e restrições no subsolo podem limitar o crescimento da cultura quando o estoque de água e nutrientes não são suficientes na parte superficial do solo (WONG *et al.*, 2007). Sendo assim a resistência a penetração destaca-se como uma boa estimativa do impedimento mecânico ao crescimento radicular, apresentando elevada correlação com a produtividade vegetal. (CARVALHO *et al.*, 2006).

Os solos do trópico úmido possuem características edafoclimáticas que podem oferecer barreiras para os sistemas agrícolas. Segundo Moura et al. (2012), solos derivados de rochas sedimentares clásticas, classificado como solo franco-arenoso, altamente intemperizados, com baixa capacidade de retenção de cátions, juntamente com altas temperaturas e chuvas abundantes, resultam em baixa disponibilidade de nutrientes e condições desfavoráveis para o cultivo contínuo, oferecendo um grande desafio para um manejo sustentável que possa aumentar a lucratividade e sustentabilidade da fertilidade do solo pelo aumento da eficiência do uso de nutrientes (MOURA et al., 2017).

3.3. Adubação Nitrogenada

Em condições naturais, o potencial produtivo de um sistema agrossilvipastoril deve ser de boa compreensão, assim como o potencial de fertilização, em especial o nitrogênio. Para Bernardino et al (2011) a deficiência de nitrogênio em um sistema agrossilvipastoril, pode limitar a produtividade forrageira, tendo em vista que esses sistemas apresentam alta demanda por tal nutriente.

O nitrogênio possui uma série de dinâmicas no solo, isso se dá, devido a sua alta mobilização, e por sofrer uma gama de transformações, convertendo-se em gases e, assim, acarretando em perdas por volatilização. Um dos fatores que reduz a baixa eficiência de uso de nutrientes nos solos da Amazônia maranhense seria a alta remoção de bases do perfil, uma vez que esses solos têm uma baixa capacidade de retenção de cátions e estão situados em uma região de alta pluviosidade (AGUIAR et al., 2010).

Entre as principais formas relacionadas a perda de N, estão envolvidos os processos de lixiviação e desnitrificação. Na perda por lixiviação, o N na forma de nitrato (NO_3^-), ocorre pela abundância de cargas negativas na camada mais superficial do solo, assim como, a baixa interação química do NO_3^- com os minerais do solo (SILVA, 2016). Entretanto, na forma de amônio (N-NH_4^+) a lixiviação é reduzida pela adsorção deste cátion no complexo de cargas negativas do solo. Alguns fatores influenciam a lixiviação do N, sendo estes relacionados ao manejo inadequado do solo, como: fontes e forma, classe do solo e precipitação pluvial, determinando o nível da eficiência de N aplicado (XU et al., 2013).

A desnitrificação é o processo pelo qual o nitrato (NO_3^-) e o nitrito (NO_2^-) passam para as formas gasosas óxido nítrico (NO), óxido nitroso (N_2O) ou nitrogênio atmosférico (N_2) mediado por bactérias em condições anóxicas. No trópico úmido esse processo está presente nos períodos de maior precipitação pluvial, principalmente em solos de baixa condutividade hidráulica (MOURA et al., 2013).

Devido ao grande número de fatores que influencia a resposta da adubação nitrogenada e a sua complexa dinâmica no sistema solo-planta-atmosfera resulta em uma baixa eficiência do uso e agronômica em função das perdas ocorridas para o ambiente (ROCHA et al., 2017; SAMUEL & EBENEZER, 2014). O elevado teor de umidade junto as altas temperaturas, fazem com que os fertilizantes nitrogenados minerais utilizados em grandes quantidades, sejam perdidos, convertidos em poluentes ambientais de solos e rios, além de ser emitido para a atmosfera na forma de óxido nitroso, responsáveis pelos gases de efeito estufa. (MOTA et al., 2015).

No Brasil, a ureia representa 60% dos fertilizantes nitrogenados, isso está relacionado ao seu baixo custo de produção e facilidade para armazenamento, enquanto que o nitrato de amônio, seu concorrente direto, possui restrições em sua produção por ser muito utilizado para a fabricação de explosivos (YAMADA & ADBALLA, 2007). A ureia, quando aplicada, pode ser facilmente dissolvida pela água do solo, bem como também pode ser movimentar

através da mesma até ser hidrolisada a amônio (NH_4^+), pode ser encontrada na forma de nitrato (NO_3^-) também. Apesar de o nitrato ser facilmente absorvido e disponível, este pode ser lixiviado ou desnitrificado com maior facilidade, por outro lado, o amônio tem uma absorção mais lenta devido a sua união com as cargas do solo (REETZ, 2017).

Considerando as perdas de N e baixa eficiência dos fertilizantes nitrogenados aplicados no solo, torna-se importante que se identifiquem estratégias adequadas para o manejo das culturas, mitigação de ação de gases na atmosfera (ARAÚJO, 2009), assim como o seu uso eficiente nos atributos do solo, em agrossistemas sob pastagens, nas condições de trópico úmido maranhense.

O nitrogênio pode ser introduzido em ecossistemas de pastagem tanto naturalmente quanto artificialmente. No primeiro caso, é incorporado ao sistema, entre outros, por fixação biológica, precipitação e deposição atmosférica. Além disso, sua penetração pode ocorrer por meio da suplementação animal e fertilização, de forma não natural. (DIAS-FILHO, 2006).

Embora a atmosfera contenha a maior parte do nitrogênio presente no planeta em comparação com todos os outros compartimentos (VENDRAMINI et al., 2014), sua contribuição no fornecimento de nitrogênio para culturas agrícolas, incluindo pastagens aráveis, por meio de deposição atmosférica, é praticamente insignificante. (DUBEUX JÚNIOR et al., 2006).

3.4. Efeito da adubação nitrogenada nos atributos químicos do solo

Definir a qualidade do solo pode ser muito subjetivo e, dependendo do objetivo de quem usa e o ecossistema em que está inserido, pode influenciar diretamente nos indicadores de qualidade do solo (IQS) (BOUMA, 2002). Do ponto de vista agrônomo, estes indicadores precisam ser facilmente determinados, sazonalmente estáveis e sensíveis ao manejo (SILVEIRA, 2005; LOURENTE et al., 2016; RAKKAR et al., 2017; VIAUD et al., 2018). Podem ser atributos físicos como a estrutura, densidade do solo, compactação, resistência do solo à penetração das raízes etc., atributos químicos que compreende o pH do solo, matéria orgânica, salinidade, cátions trocáveis, capacidade de troca de cátions etc., e atributos biológicos como atividade enzimática, biomassa e atividade microbiana (MANDARINO, 2020).

Dos supracitados, os mais facilmente determinados e relacionados diretamente com a fertilidade do solo são: matéria orgânica do solo (MOS), pH e cátions trocáveis e, estes,

quando associados à adubação nitrogenada é possível se obter uma maior produção de fitomassa (MATEUS et al., 2012; LIMA et al., 2016). Esta adubação poderá estimular a atividade da comunidade microbiana e favorecer a decomposição da matéria orgânica do solo (MOS), o que afeta a mineralização de nutrientes ligados ao C, aumentando as quantidades que serão disponibilizadas às plantas ou assimiladas por microrganismos (HALISK, 2015).

Há fatores que interferem na resposta da adubação nitrogenada e, estes, são diversos como, o teor de matéria orgânica no solo, disponibilidade hídrica (DI NASSO et al., 2015; GOMES et al., 2015), modo de aplicação, a época do ano (IWAMOTO et al., 2014), as condições climáticas (CAMPOS et al., 2016), as interações com os demais nutrientes (CADISCH et al., 1994), entre outros elementos. Dependendo das condições, ambientais e climáticas, a aplicação de dosagens elevadas de nitrogênio pode ser refletida de forma negativa devido às perdas desse elemento, aumentando o impacto ambiental sobre o agroecossistema e onerando a produção (ROWLINGS et al., 2016).

Nos sistemas agrícolas, o nitrogênio aplicado em forma amoniacal (NH_4^+), é rapidamente convertido em nitrato (NO_3^-) pelas bactérias autotróficas do solo (nitrificação), ocorrendo a produção de íons de hidrogênio (H^+) que contribuem significativamente para acidificação do solo (RAIJ, 2001). Um solo ácido interfere diretamente na disponibilidade dos nutrientes essenciais às plantas, devido a alteração na forma química dos mesmos, isto também contribui para a manifestação de elementos que são tóxicos e possuem formas solúveis, como alumínio (Al^{3+}) e manganês (Mn^{2+}) (SOUZA et al., 2007).

Um dos impactos ao agroecossistema está relacionado com a redução do pH do solo, na literatura, há estimativa de que seja necessário 1 kg de CaO, para compensar o efeito da acidificação do solo causada por 1 kg de N, ademais, as culturas absorvem entre 30 – 50 % do N aplicado por fertilizantes e esta porcentagem de absorção também está relacionada a fatores como tipo de solo, cultura escolhida e manejos adotados (REETZ, 2017). O N exprime influência no ciclo do C do solo (JANSSENS et al., 2010), aumentando o crescimento vegetativo, bem como a assimilação de CO_2 atmosférico, tal fenômeno é de extrema importância por aumentar o teor de C do solo e diminuir sua concentração na atmosfera na forma de gás de efeito estufa (MANLAY et al., 2007).

Contudo, há efeitos positivos da adubação nitrogenada. Mandarino (2020), na cultura do milho, por exemplo, pode contribuir no aumento da concentração de nitrogênio no solo para a cultura posterior, como plantas de cobertura, devido ao efeito residual do fertilizante,

que embora seja pequeno, podem existir. Dessa forma, há maior crescimento vegetativo e produção de matéria seca, maior atividade fotossintética e fixação de CO₂, o qual é transformado em C-orgânico e deixado sobre o solo por meio dos restos culturais (GALINDO et al., 2018),

Ribelatto et al. (2019) relatam que o Nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) são os principais nutrientes e que desempenham papel fundamental durante o desenvolvimento das gramíneas forrageiras, onde o nitrogênio atua fortemente acelerando a formação e crescimento de novas folhas, amplifica o vigor de rebrota o que melhora a recuperação da pastagem após desfolha e, isto, contribui ativamente para uma maior produção da pastagem. Com isso, é necessário entender a dinâmica dos atributos químicos do solo tão quanto do crescimento da pastagem em função da adubação, seja ela nitrogenada ou adubação com nitrogênio, fósforo e potássio, para que possa ser realizada uma recomendação de forma correta a fim de obter alta produtividade (RIBELATTO et al., 2019).

Fertilizantes minerais nitrogenados causam acidificação no solo, podendo está relacionado a atividade das bactérias nitrificante do solo que, a oxidarem formas de N amoniacal liberam H⁺ e NO₃, aumentando a disponibilidade de AL₃⁺ influenciando nos teores de H+AL e AL₃⁺; o nitrato proveniente da nitrificação do amônio é provavelmente o ânion mais importante nos processos de lixiviação de cátions básicos solúveis (Ca, Mg, Na e K) no perfil do solo, também influenciando na acidificação do solos pela substituição dos sítios de absorção por prótons e/ou cátions ácidos. (ROSADO et al., 2014; ARNUTI, 2014; DELBEM et al., 2011).

4. MATERIAL E MÉTODOS

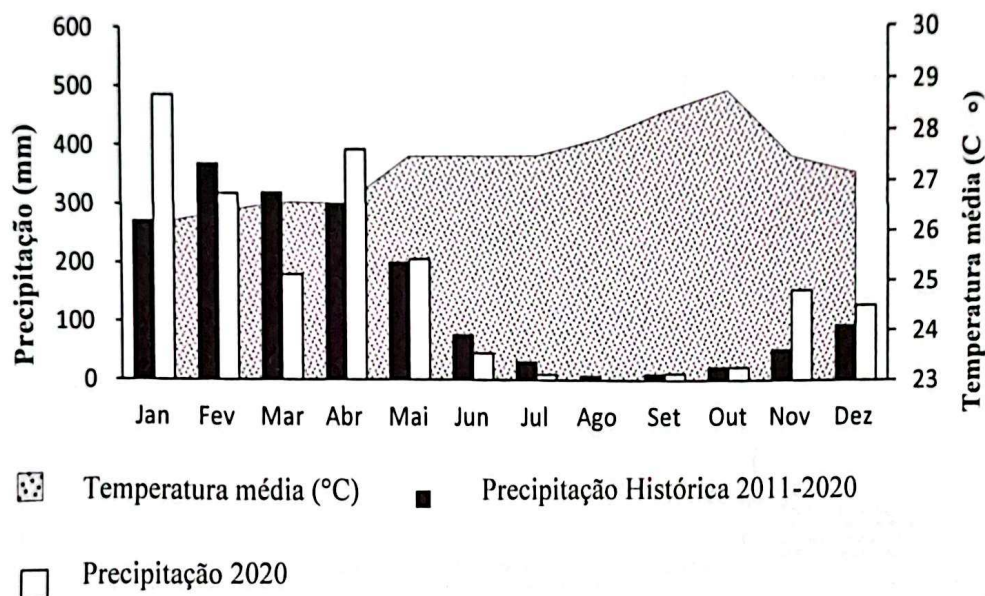
4.1. Área experimental

O experimento foi conduzido na Unidade de Referência Tecnológica - URT em ILPF da EMBRAPA Cocais e Universidade Estadual do Maranhão em Pindaré Mirim – MA, BR. Localizada entre as coordenadas geográficas 3° 46' 9.12'' S de latitude, 45° 30' 1.44'' W de longitude e 33m ao nível do mar.

Segundo a classificação de Köppen (1948), o clima local é do tipo Aw (quente e úmida) temperatura média anual de 26,0°C, com média mínima anual de 22,3 °C e máxima de 33,5 °C e precipitação média anual variando de 1.600 a 2.000 mm (GEPLAN, 2013;

ALVARES et al., 2014). Os dados climáticos referentes aos meses experimentais podem ser observados conforme a figura 1.

Figura 1 - Médias mensais de precipitação pluviométrica, temperatura média



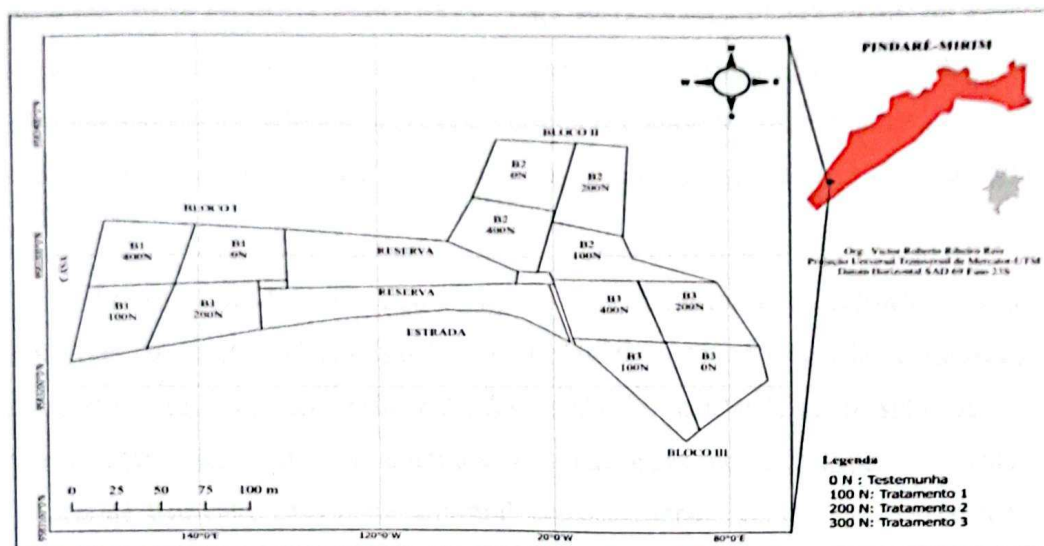
Fonte: INMET, 2021

O solo da propriedade é classificado como Plintossolo Argilúvico Distrófico (SANTOS et al., 2018). Em relação ao seu relevo, este tem variações de suave-ondulado a ondulado, sendo recoberto originalmente por vegetação de Floresta Ombrófila Aberta de Terras Baixas (MARANHÃO, 2013).

4.2. Descrição e Delineamento Experimental

A área experimental foi composta por 3,6 ha, estabelecida em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, formada em consórcio com milho *Zea mays* L (com dois anos de cultivo da cultura do milho antes da formação da pastagem) e eucalipto *Eucalyptus* (distância entre fileiras duplas de 28 metros, espaçamento de três metros entre fileiras e dois metros entre plantas de eucalipto). O experimento foi arranjado em blocos casualizados, em esquema fatorial em parcelas subdivididas com três repetições, que foram subdivididos em quatro parcelas de aproximadamente 2.250 m². Os tratamentos são: (I) Controle, sem adubação nitrogenada; (II) Aplicação de 100 kg/ha de Nitrogênio (N), (III) Aplicação de 200 kg/ha de N; (IV) Aplicação de 400 kg/ha de N, todos os tratamentos apresentam o componente florestal (Figura 2).

Figura 2 – Desenho da área experimental



As adubações com ureia foram parceladas em quatro doses iguais durante o período chuvoso, nos meses de maio, junho, julho e agosto de 2019 e no ano de 2020, no período chuvoso, nos meses de fevereiro, março, abril e maio. O adubo foi distribuído manualmente, um dia após a saída dos animais de cada piquete e de acordo com o período de descanso apresentado pela gramínea. Não foi aplicado calcário, P e K na área durante o período experimental, e os resultados da análise química do solo amostrado antes da implantação do experimento podem ser observados no Tabela 1.

Tabela 1 - Atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 20 cm, em maio de 2019.

MO	pH	P	K	Ca	Mg	SB	Al	H	CTC	V
g kg ⁻¹	CaCl	mg dm ⁻³				(mmol _c dm ⁻³)				%
4,0	4,8	10,7	5,4	21,3	20,7	56,8	0,0	20,7	77	73

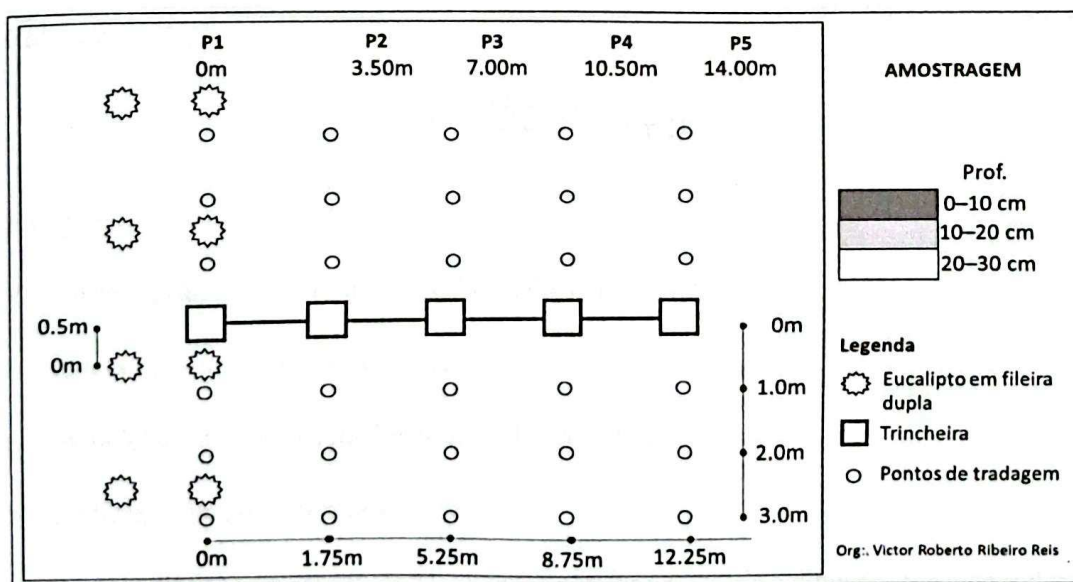
4.3. Amostragem

As amostragens de solo para as análises químicas foram realizadas um dia após a saída dos animais dos piquetes em outubro de 2019. As avaliações foram feitas em um

transecto perpendicular as fileiras duplas de eucalipto na direção sul, no centro de cada parcela de modo que representasse a área em sua totalidade. Esse transecto representa a área de sombreamento do eucalipto sobre o capim. Possui 14 m de comprimento (da fileira dupla de eucalipto para o centro da parcela) que foi dividido em cinco pontos equidistantes, cujos pontos são: P1 (0 m), P2 (1,75 m), P3 (5,25 m), P4 (8,75 m) e P5 (12,25 m), em relação às fileiras de eucalipto. O ponto 1 (P1) refere-se a amostragem feita a 0,5 m da base do tronco da planta, no sentido da linha de plantio do eucalipto (Figura 3). Neste ponto há ausência do capim, e, portanto, será utilizado como referência para as análises de laboratório dos atributos do solo.

Em cada um dos pontos de amostragem no transecto, foram coletadas as amostras deformadas, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Para a coleta das amostras de solo deformadas, foi utilizado trado holandês graduado, coletando-se o solo no sentido perpendicular a cada ponto, com a retirada de seis amostras simples, três para cada lado, com distância de 1 m entre cada ponto amostral, aos quais foram reunidas, separadamente, para formar uma amostra composta para cada ponto e profundidade, sendo efetuadas em cada piquete para a avaliação dos atributos químicos do solo.

Figura 3 - Representação dos pontos de coleta das amostras de solo no transecto



4.4. Análises

Para a determinação dos atributos químicos do solo foram feitas as seguintes análises (TEIXEIRA et al., 2017).

pH do solo: Consiste na medição do potencial hidrogeniônico por meio de um eletrodo combinado imerso em suspensão solo: líquido (KCl), na proporção 1:2,5. Foi pesado 10g da amostra de solo e adicionado a um copo plástico de 100 mL, foram adicionados 25 mL de água destilada e agitado com um bastão de vidro individual por aproximadamente 60s, posteriormente, a amostra repousou por 1 hora. Após repouso, tornou-se a agitar brevemente cada amostra com um bastão de vidro, mergulhou o eletrodo na suspensão homogeneizada e se procedeu a leitura do pH.

Fósforo Disponível: Foi pesado 10g da amostra de solo e colocado em Erlenmeyer de 125 mL, foram adicionados 100 mL de solução extratora Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) e agitado durante 5 minutos em agitador circular horizontal. Deixou para decantar durante uma noite. Após isso, foram pipetados 25 mL, sem filtrar, do extrato e colocado em recipiente plástico. Deste, foram pipetados 5,00 mL (o restante foi conservado para análise de K⁺), colocados em Erlenmeyer de 125 mL e adicionados 10 mL de solução de ácida de molibdato de amônio diluída e aproximadamente 30 mg de ácido ascórbico em pó, como redutor. Agitou-se de 1 a 2 minutos em agitador circular horizontal e deixou-se desenvolver a cor durante 1 hora. Após isto, foi realizada a leitura da densidade ótica no espectrofotômetro-UV-Vis, utilizando um filtro vermelho (comprimento de onda de 660 nm).

Cálculo:

$$P = \frac{(L - b)}{a} \times d \times 10$$

Em que:

P – concentração de fósforo disponível no solo, em mg kg⁻¹.

L – leitura da amostra, em absorbância.

a – coeficiente angular da reta dos padrões (intercepto).

b – coeficiente linear da reta dos padrões.

d – fator de diluição do extrato de Mehlich (se não for necessária à diluição, considerar d = 1).

Valor 10 – fator que leva em consideração a diluição solo:extrator.

Potássio: Realizado pelo princípio da extração com solução Mehlich-1 e depois determinado por espectrofotometria de chama. Foi utilizado o extrato conservado restante da análise de fósforo e posteriormente passado o extrato de solo obtido com solução de Mehlich-

I no fotômetro de chama e anotado a leitura. Para calcular a concentração de K^+ foi levada em conta a diluição efetuada. Também foi realizada uma prova em branco utilizando a solução extratora pura.

Cálcio + magnésio: Esta análise foi realizada baseando-se na extração com solução KCl 1 mol L⁻¹ e determinado por complexométrica em presença dos indicadores negro de eriocromo e murexida. Em uma alíquota de 25,00 mL obtida na extração com KCl 1 mol L⁻¹, adicionou-se 4 mL do coquetel tampão (cianeto de potássio, trietanolamina e solução tampão). Em seguida, adicionou-se aproximadamente 30 mg de ácido ascórbico e três gotas do indicador negro de eriocromo. Titulou-se imediatamente após a adição do indicador com a solução padronizada de EDTA 0,0125 mol L⁻¹, até viragem da cor vermelho-arroxeadada para azul puro.

Cálculo:

$$[Ca^{2+} + Mg^{2+}] = V \cdot f$$

Em que:

$[Ca^{2+} + Mg^{2+}]$ – concentração de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ trocáveis no solo, em cmolc kg⁻¹.

V – volume da solução padronizada de EDTA gasto na titulação, em mL.

f – fator de correção considerando a padronização da solução de EDTA 0,0125 mol L⁻¹.

f – [EDTApad] x 80. [EDTApad] – concentração da solução padronizada de EDTA, em mol L⁻¹.

Cálcio trocável: Em uma alíquota de 25,00 mL obtida na extração com KCl 1 mol L⁻¹, adicionou-se 3 mL de KOH a 10% e uma “pitada” de ácido ascórbico (aproximadamente 30 mg) e uma “pitada” do indicador ácido calconcarbônico + sulfato de sódio. Titulou-se com solução padronizada de EDTA 0,0125 mol L⁻¹ até viragem da cor de vermelho intenso para azul intenso.

Magnésio trocável: obtido pela diferença entre os valores de $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ e Ca^{2+} , determinados por complexometria.

Cálculo:

$$Mg^{2+} = [Ca^{2+} + Mg^{2+}] - Ca^{2+}$$

Alumínio trocável: Realizado pelo princípio extração com solução KCl 1 mol L⁻¹, com determinação volumétrica com solução diluída de NaOH. Foi retirado alíquotas de 25,00 mL que foram obtidas na extração com KCl 1 mol L⁻¹ e adicionado três gotas do indicador azul de bromotimol, para a titulação foi utilizado a solução padronizada de NaOH 0,025 mol L⁻¹, até que a coloração passasse de amarelo para rosa persistente.

Cálculo:

$$Al^{3+} = V \times f$$

Em que:

Al^{3+} – concentração de alumínio trocável no solo, em cmolc kg⁻¹.

V – volume da solução padronizada de NaOH gasto na titulação, em mL.

f – fator de correção considerando a padronização da solução de NaOH em que $f = [NaOH_{pad}] \times 40$

Acidez potencial: Foi realizado a extração da acidez potencial do solo com o acetato de cálcio tamponado a pH 7,0 e determinado pela volumetria com solução de NaOH em presença de fenolftaleína como indicador. Foram pesados 5g de solo (TFSA) e colocados em Erlenmeyer de 125 mL, juntamente com 75 mL de solução de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0. Foram agitados durante 10 minutos em agitador horizontal circular e posteriormente deixado em repouso durante uma noite. Após isso, foram pipetados 25 mL da solução no sobrenadante obtido com acetato de cálcio e transferido para um Erlenmeyer de 125 mL (evitando o arraste de partículas de solo). Foram adicionadas três gotas da solução de fenolftaleína e titulado com solução padronizada de 0,025 mol L⁻¹ de NaOH até o desenvolvimento da cor rósea persistente. Também foi realizada uma prova em branco para cada série de amostras.

Cálculo:

$$(H^+ + Al^{3+}) = (V_a - V_b) \times 1,65 \times f$$

Em que:

$(H^+ + Al^{3+})$ – acidez potencial do solo, em cmolc kg⁻¹.

V_a – volume da solução padronizada de NaOH 0,025 mol L⁻¹ gasto na titulação da amostra, em mL.

V_b – volume da solução padronizada de NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ gasto na titulação da prova em branco, em mL.

Valor 1,65 – fator de correção, decorrente das alíquotas tomadas e da extração de apenas 90% da acidez por este método.

f – fator de correção considerando a padronização da solução de NaOH, em que $f = 0,025 / [\text{NaOH}_{\text{pad}}]$.

Para todos os dados, foram testadas as premissas para a análise de variância, sendo normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância dos erros (teste de Bartlett). Posteriormente, foram realizadas análises de variância, utilizando-se o teste de Tukey, quando o teste F foi significativo ($P < 0,05$). Foram considerados como fator fixo os níveis de adubação e como fator aleatório, os blocos. Quando o efeito do tratamento foi significativo, aplicou-se a análise de regressão. Para todas as análises estatísticas empregou-se o pacote estatístico R versão 3.2.5 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016).

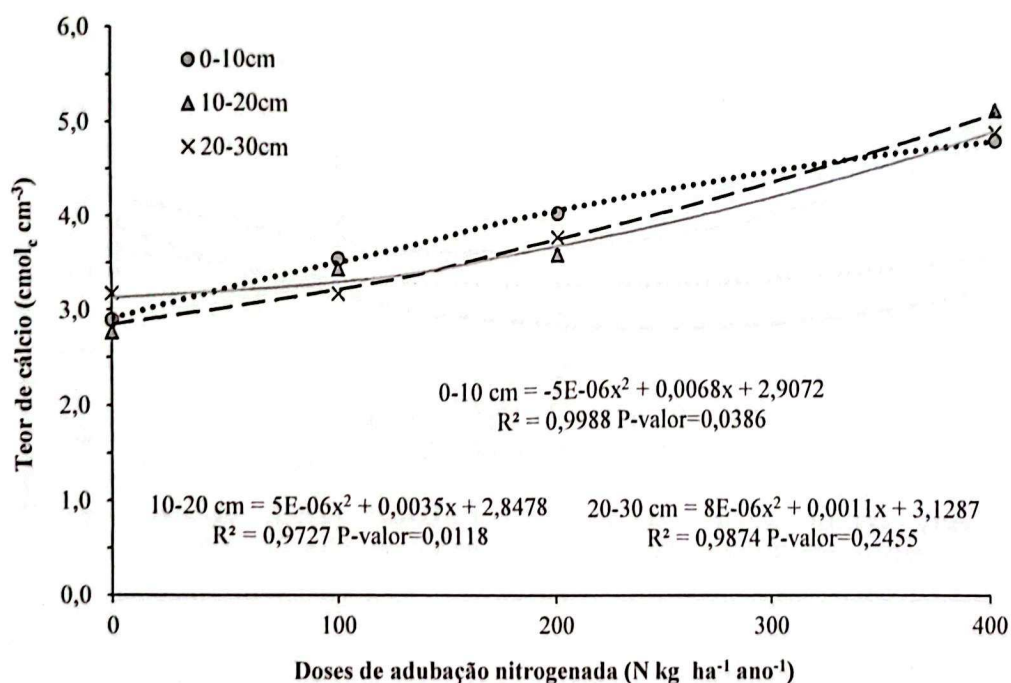
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram observadas diferenças estatísticas significativas para os valores de pH e os teores de P, H+Al e V% em relação às diferentes doses de adubação nitrogenada aplicadas. Contradizendo a hipótese do trabalho, onde esperava-se a elevação nos valores de acidez potencial do solo e conseqüentemente diminuição do pH, diferindo da maioria das literaturas encontradas, que encontraram alterações na acidez potencial e pH do solo em relação a adubação nitrogenada (DELBEM et al., 2011; REIS et al., 2011; ROSADO et al., 2016).

Na Figura 4 está apresentada a regressão dos valores de cálcio no solo em razão dos tratamentos de diferentes doses de nitrogênio aplicados em estudo. Observou-se um aumento nos valores de cálcio com o aumento das doses de nitrogênio, constatando maiores valores para a maior dose (400 Kg de N). Esse resultado foi inesperado, no entanto, os maiores teores de Ca nos tratamentos que receberam maiores doses de N podem estar relacionados com a maior absorção desse nutriente pelas raízes da gramínea em camadas mais profundas do solo e devolução destes na superfície, considerando-se que, quanto maior a dose de N, maior é a produção vegetal e maior é a devolução de resíduos na superfície do solo, com maior enriquecimento da camada superficial.

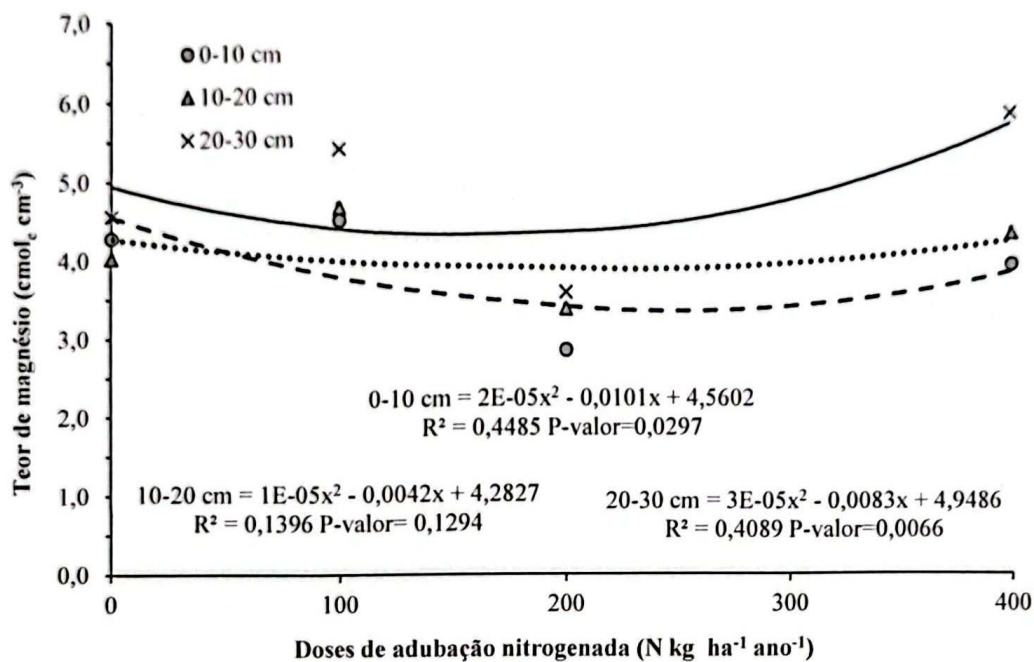
Bet (2021), avaliando o estado nutricional de *U. brizantha* cv. Marandu, constatou que em condições de adequado ou excessivo fornecimento de nitrogênio, o Ca é o terceiro nutriente mais acumulado nas plantas forrageiras. Mendonça et al. (2015), observaram uma rápida liberação de Ca, em até 10 dias após a deposição da palhada no solo, com redução constante a partir de 20 dias para a *U. brizantha* cv. Marandu e *U. ruziziensis*. Cavalli et al. (2018) em estudo com três resíduos (milho, consórcio milho-braquiária e braquiária) também observaram resultados semelhantes para liberação do Ca presente na palha. Os animais à pasto, os quais são catalizadores no processo de ciclagem, também podem ter influenciado este fluxo do nutriente e a distribuição do mesmo no solo, via desfolha das plantas, e o seu retorno para o solo, pela excreção, como esterco e urina (WHITEHEAD, 2000; NASCIMENTO & CAVALCANTE, 2001; SANTOS, 2003), já que a maior parte do cálcio ingerido, mais que 96 %, é excretado nas fezes (WHITEHEAD, 2000).

Figura 4 – Teores de cálcio em um Plintossolo Argilúvico Distrófico típico sob cultivo de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em resposta as diferentes doses de nitrogênio.



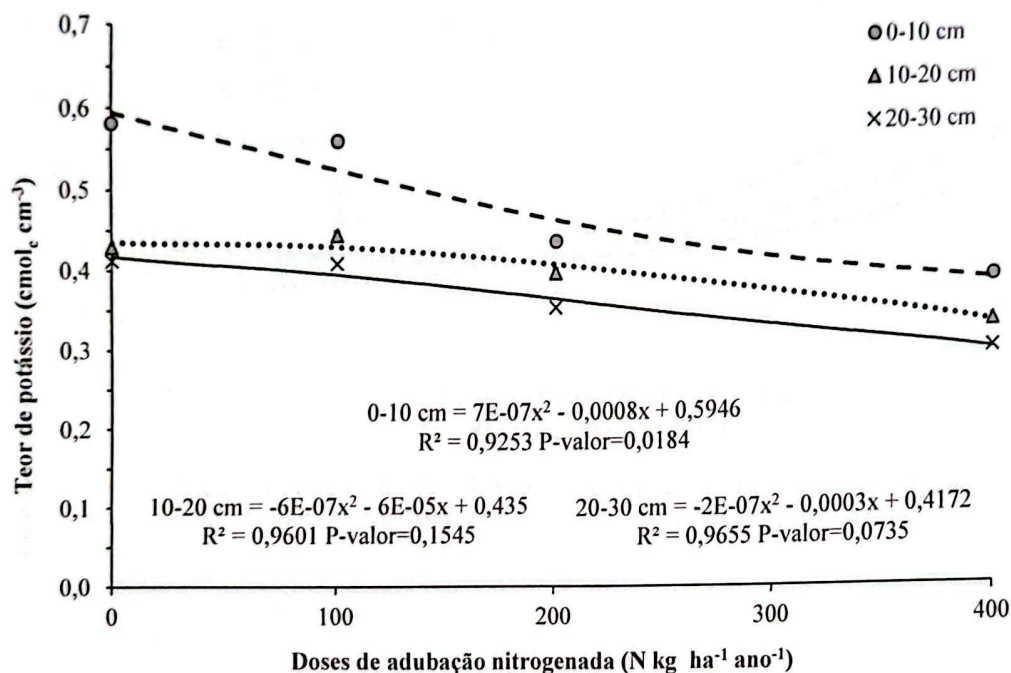
Na Figura 5, é apresentado a variação dos valores de magnésio em razão da aplicação das doses de nitrogênio. Observou-se um decréscimo dos teores de Mg das camadas mais superficiais (0-10 e 10-20 cm) para a profundidade 20-30 cm com o aumento das doses de N, essa variação dos valores de magnésio pode estar relacionada ao arraste do magnésio pela percolação do ânion nitrato (NO₃⁻), liberado pela ação das bactérias nitrificantes (DELBEM et al., 2011). Uma vez formado o nitrato no solo, ele se torna altamente propenso a lixiviação (SUBBARAO et al., 2015), Arnuti, (2014) encontrou que com a percolação do NO₃⁻ no perfil do solo, ocorreu o arraste dos cátions acompanhantes, como o Mg²⁺, para manter a eletroneutralidade da solução do solo. Sendo assim, quando são adicionadas altas quantidades de fertilizantes nitrogenados no solo, pode ocorrer uma intensa lixiviação de nitrato, principalmente em solos arenosos ou de baixo poder tampão. (ERNANI, 2008).

Figura 5 – Teores de magnésio em um Plintossolo Argilúvico Distrófico típico sob cultivo de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em resposta as diferentes doses de nitrogênio.



Para os teores de potássio, observou-se uma redução no solo à medida que se aumentou as doses de adubação de N, como mostra a Figura 6. Essa redução pode estar relacionada à maior extração de K pela gramínea devido a maior produção de massa de matéria seca pela pastagem, uma vez que as plantas forrageiras são muito exigentes em N e K. A extração de K é grande em capim marandu com produções elevadas de forragem (PRIMAVESI et al. (2006), sendo o K extraído no solo em proporções semelhantes do nitrogênio (OLIVEIRA et al., 2010). Faria et al. (2015), constataram que o potássio é o segundo nutriente mais limitante quando o nitrogênio é fornecido em quantidades adequadas, proporcionando aumentos significativos em todas as características morfológicas estudadas. CROCIOLLI (2008) e REIS et al. (2011), estudando doses e efeitos da adubação nitrogenada sobre os atributos químicos do solo, relatam que os teores de potássio no solo diminuíram com maiores doses de ureia aplicada no solo, corroborando com os resultados encontrados na pesquisa.

Figura 6 – Teores de potássio em um Plintossolo Argilúvico Distrófico típico sob cultivo de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em resposta as diferentes doses de nitrogênio.



Os valores de soma de bases (SB) (Figura 7) e CTC (Figura 8) apresentaram um comportamento semelhante as bases do solo em relação ao aumento das doses de nitrogênio aplicadas no solo, tendo uma pequena diminuição até a dosagem com 200N e posteriormente um aumento com a dose de 400N, dado esperado, visto que a SB corresponde à soma das quantidades de bases trocáveis alcalinas (RONQUIM, 2010). A diminuição inicial da curva de SB foi influenciada pela diminuição observada nos valores de K e Mg, já o crescimento da curva foi influenciado pelo aumento dos teores de Ca no solo com o aumento da dose de N. A CTC é composta pela soma de bases e acidez potencial do solo, logo, a curva de CTC apresentou comportamento muito semelhante à de SB, também pelo fato de H+Al não diferir estatisticamente, sendo mais influenciada pelas bases do solo.

Figura 7 – Valores de soma de bases em um Plintossolo Argilúvico Distrófico típico sob cultivo de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em resposta as diferentes doses de nitrogênio.

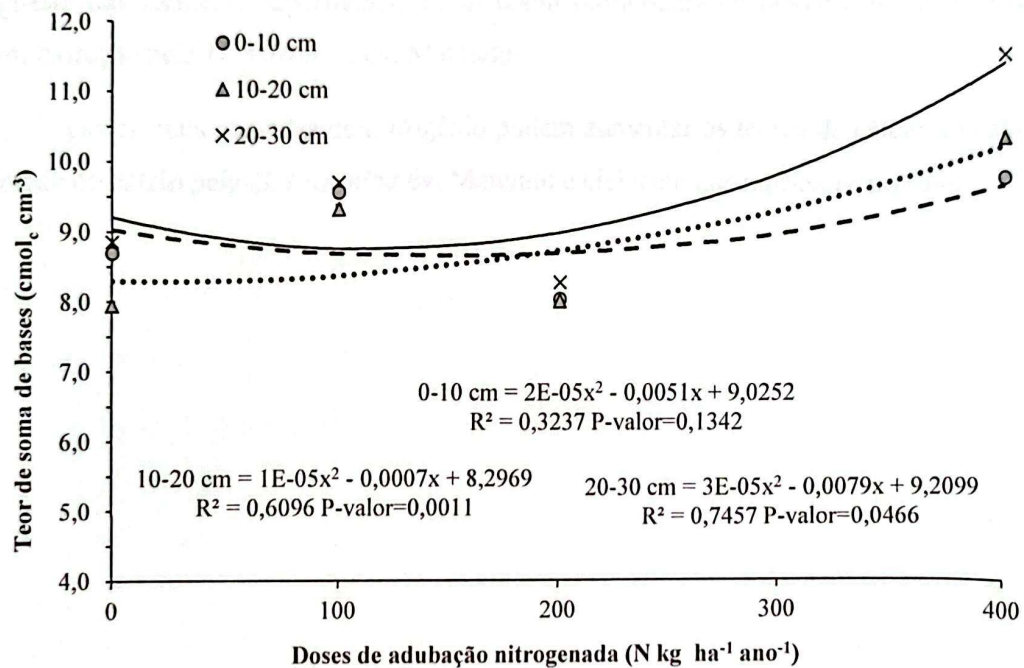
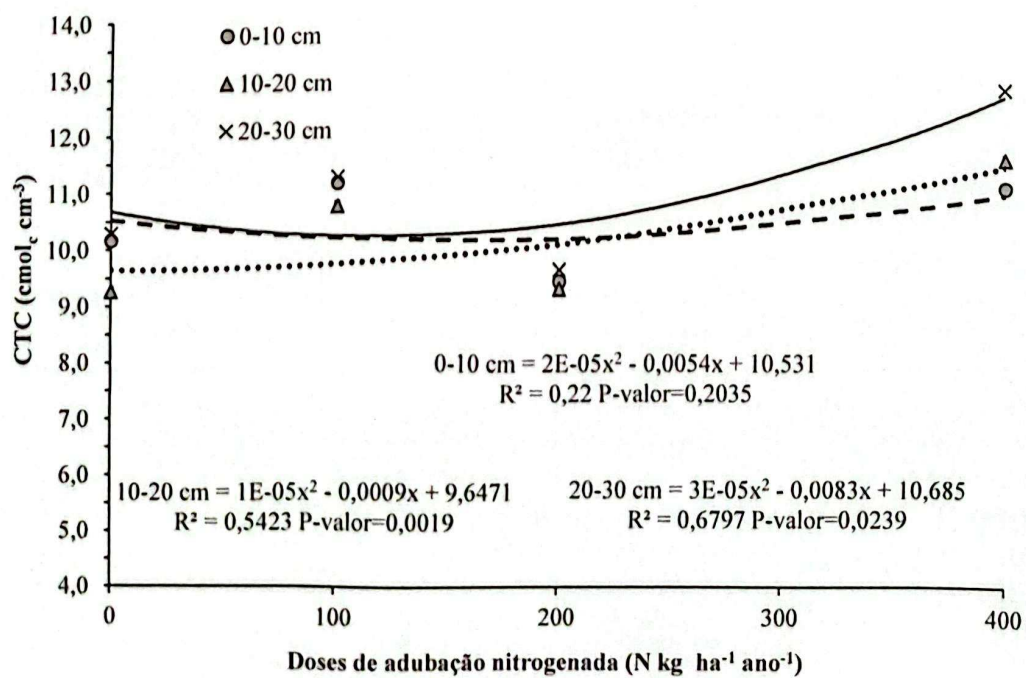


Figura 8 – Valores de CTC em um Plintossolo Argilúvico Distrófico típico sob cultivo de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em resposta as diferentes doses de nitrogênio.



6. CONCLUSÃO

A aplicação de doses elevadas de nitrogênio no solo provoca a lixiviação do magnésio das camadas superficiais, assim como diminuição do potássio no solo devido a maior extração pela *U. brizantha* cv. Marandu.

Doses mais elevadas de nitrogênio podem aumentar os teores de cálcio no solo pela absorção do cálcio pela *U. brizantha* cv. Marandu e ciclagem dos nutrientes no solo.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. D. C. F., BICUDO, S. J., SOBRINHO, J. R. S. C., MARTINS, A. L. S., COELHO, K. P., & MOURA, E. G. (2010). Nutrient recycling and physical indicators of alley cropping system ins sandy loam in the pre-Amazon region of Brazil. *Nutrient Cycling In Agroecosystems*, v.86, p. 189-198, 2010.

AGUIAR, A. P. A.; SILVA, A. M. Calagem e adubação da pastagem. In: *Simpósio de Forragicultura e Pastagens*. p. 177-246, 2005.

ALMEIDA, R. G.; RANGEL, J. H. A.; CAVALCANTE, A. C. R.; ALVES, F. V. **Sistemas silvipastoris: produção animal com benefícios ambientais.** In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 9., 2014, Ilhéus. *Produção animal: novas diretrizes; trabalhos apresentados.* Ilhéus: SNPA, 2014. 3 f.

ARAÚJO EDS, MARSOLA T, MIYAZAWA M, SOARES LHDB, URQUIAGA S, BODDEY RM, ALVES BJR. **Calibração de câmara semiaberta estática para quantificação de amônia volatilizada do solo.** *Pesquisa Agropecuaria Bras* 44(7):769-776. 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000700018>.

ARNUTI, F. **Dinâmica do nitrogênio em argissolo em função de irrigação e adubação nitrogenada do milho em plantio direto.** 2014.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. de O.; STONE, L. F. (Ed.). **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta.** Brasília, DF: Embrapa, 2011a. 130 p. Edição bilíngue: português e inglês.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. STONE, L. F. (Ed, tec.). **Marco referencial: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta.** Referencedocument: crop-livestock-forestryintegration. Brasília, DF: Embrapa. p.130. 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 Agronômicas IPNI*, n. 138, p. 1-18, jul. 2012.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A. de; MARTINEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. **Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 10, p. i-xii, out. 2011b. Prefácio. DOI: 10.1590/S0100-204X2011001000001.

BALSAN, R. **“Impactos Decorrentes Da Modernização Da Agricultura Brasileira”;** <file:///C:/Users/Administrador/Downloads/11787-Texto%20do%20artigo-55073-1-10-20120316.pdf>. *CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia agrária*, v. 1, n. 2, p. 123-151, ago. 2006.

BET, J. A. **Diagnose do estado nutricional de nitrogênio, potássio e cálcio em *Urochloa brizantha* cv. Marandu utilizando-se técnicas de machine learning** (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo). 2021.

BERNARDINO, F. S.; TONUCCI, R. G.; GARCIA, R.; NEVES, J. C. L.; ROCHA, G. C. **Produção de forragem e desempenho de novilhos de corte em um sistema silvipastoril: efeito de doses de nitrogênio e oferta de forragem.** Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v. 40, n. 7, p. 1412-1419, 2011

BISHAW, B., NEUFELDT, H., MOWO, J., ABDELKADIR, A., MURIUKI, J., DALLE, G. & MBOW, C. (2013). **Farmers' strategies for adapting to and mitigating climate variability and change through agroforestry in Ethiopia and Kenya.**

BONATO, V. **Efeito da adubação nitrogenada ao longo do pastejo da aveia na biomassa microbiana em sistema integrado de produção agropecuária (SIPA) em Curitibaanos – SC.** 43 p. 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/228488/TCC_Vinicius_Bonato.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 12 Jan. 2022.

BOUMA J. **Land quality indicator of sustainable land management across scales.** Agriculture, Ecosystems & Environment 88:129-136. 2002.

CADISCH, G.; GILLER, K.E.; URQUIAGA, S. et al. **Does phosphorus supply enhance soil-N mineralization in Brazilian pastures?** Eur. J. Agron., v.3, p.339-345, 1994.

CAMPANHA, M. M. HOLANDA JÚNIOR, E. V. **Sistemas agrossilvipastoris – uma alternativa para criação de caprinos em comunidades tradicionais do sertão baiano do são Francisco.** Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária, 2007.

CAMPOS, F.P.; NICÁCIO, D.R.O.; SARMENTO, P. et al. **Chemical composition and in vitro ruminal digestibility of hand-plucked samples of Xaraes palisade grass fertilized with incremental levels of nitrogen.** Anim. Feed Sci. Technol., v.215, p.1-12, 2016.

CARVALHO, G. J., CARVALHO, M. D. P., FREDDI, O. D. S., & MARTINS, M. V. (2006). **Correlação da produtividade do feijão com a resistência à penetração do solo sob plantio direto.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 10, 765-771.

CAVALLI, E., LANGE, A., CAVALLI, C., & BEHLING, M. **Decomposition and release of nutrients from crop residues on soybean-maize cropping systems.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias 13: 1-8. 2018.

CORDEIRO, L. A. M., VILELA, L., MARCHÃO, R. L., KLUTHCOUSKI, J., & MARTHA JÚNIOR, G. B. **Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo.** Embrapa Cerrados-Artigo em periódico indexado (ALICE). 2015a

CORDEIRO, L. A. M.; BALBINO, L. C.; GALERANI, P. R.; DOMIT, L. A.; SILVA, P. C.; KLUTHCOUSKI, J.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; SKORUPA, L. A.; WRUCK, F. J. **Transferência de Tecnologias para Adoção da Estratégia de Integração LavouraPecuáriaFloresta.** In: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.;

MARCHÃO, R. L. (Ed.). *Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília, DF: Embrapa, 2015b. p. 377-393. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).

CROCIOLLI, C. A. Doses e fontes de fertilizantes nitrogenados e seus efeitos nos atributos químicos do solo, produção e estado nutricional da *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés. 2008.

DELBEM, F. C., SCABORA, M. H., SOARES FILHO, C. V., HEINRICHS, R., CROCIOLLI, C. A., & CASSIOLATO, A. M. R. Fontes e doses de adubação nitrogenada na atividade microbiana e fertilidade do solo cultivado com *Brachiaria brizantha*. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 33, p. 361-367, 2011.

DI NASSO, N.N.; LASORELLA, M.; RONCUCCIA, N.; BONARIA, E. Soil texture and crop management affect switchgrass (*Panicum virgatum* L.) productivity in the Mediterranean. *Ind. Crop. Prod.*, v.65, p.21-26, 2015.

DIAS-FILHO, M. 2006. DEGRADAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS. IN: PEDREIRA, C. G. S., MOURA, J. C., SILVA, S. C. & FARIA, V. P. (ed.). *As pastagens e o meio ambiente*. Fealq, Piracicaba, São Paulo, Brasil. 2006.

DOMINGUES, M. S.; BERMANN, C. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo v.15, n.2, p.1-22, mai-ago, 2012.

DUBEUX JÚNIOR, J., LIRA, M. D. A., SANTOS, M. D. & CUNHA, M. D. 2006. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de pastagens: impactos no ambiente e na produtividade. *Simpósio sobre o Manejo da Pastagem*, 23, 439-506.

ERNANI, P. R. *Química do solo e disponibilidade de nutrientes*. Lages: Paulo Ernani, 2008. 230 p.

FARIA, Á. J. G., DE FREITAS, G. A., GEORGETTI, A. C. P., JÚNIOR, J. M. F., DA SILVA, M. C. A., & DA SILVA, R. R. Adubação nitrogenada e potássica na produtividade do capim Mombaça sobre adubação fosfatada. *Journal of bioenergy and food science*, 2(3). 2015.

FEDERAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO MARANHÃO – FAMEM. Maranhão passa a ocupar a maior área no mapa da Amazônia legal. 2021.

FLORES, C. A. “O uso da terra e a necessidade de mudanças”; Embrapa. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPACT-2009-09/11707/1/artigo-Flores_usoterra.pdf. Public ado em: site Infobibos, em 28/7/2008.

GALINDO, F.S., BUZETTI, S., FILHO, M. C. M. T., DUPAS, E., CARVALHO, F. C. Manejo da adubação nitrogenada no capim-mombaça em função de fontes e doses de nitrogênio. *Revista de Ciências Agrárias* 41:900-913. 2018

GIAROLA, N. F. B.; SILVA, A. P. Conceitos sobre solos coesos e hardsetting. *Scientia agrícola*, v. 59, n. 3, p. 613-620, 2002.

GOMES, E.P.; RICKLI, M.E.; CECATO, U. et al. **Produtividade de capim Tifton 85 sob irrigação e doses de nitrogênio.** Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient., v.19, p.317-323, 2015.

HALISK A. **Atributos químicos do solo e produtividade da soja influenciados pela calagem superficial e adubação nitrogenada no sistema plantio direto.** 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Ponta Grossa. 2015

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA -INMET. **Dados meteorológicos.** 2021.

INTITUTI BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE. **Amazonia Legal.** 2020.

IWAMOTO, B.S.; CECATO, U; RIBEIRO, O.L. et al. **Produção e composição morfológica do capim-tanzânia fertilizado com nitrogênio nas estações do ano.** Bioscience, v.30, p.530-538, 2014.

JANSSENS I.A, DIELEMAN W., LUYSSAERT S., SUBKE J.A, REICHSTEIN M, CEULEMANS R, CIAIS P, DOLMAN A.J, GRACE J, MATTEUCCI G, PAPALE D, PIAO S.L, TANG J, LAW B.E. **Reduction of forest soil respiration in response to nitrogen deposition.** Nature geoscience 3:315-322. 2010

KLUTHCOUSKI, J.; CORDEIRO, L. A. M.; MARCHÃO, R. L. **Potencial para adoção da estratégia de integração Lavoura-Pecuária-Floresta para o uso sustentável de solos arenosos.** In: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (Ed.). **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Brasília, DF: Embrapa, 2015a. p. 319-331. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).

KLUTHCOUSKI, J.; CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; SALTON, J. C.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; BALBINO, L. C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MÜLLER, M. **Conceitos e modalidades da estratégia de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta.** In: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (Ed.). **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Brasília, DF: Embrapa, 2015b. p. 21-33. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. **Manejo Sustentável dos Solos dos Cerrados.** In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração Lavoura-Pecuária.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 59-104.

LIMA J.E, NASCENTE A.S, LEANDRO W.M, SILVEIRA P.M.D (2016) **Urochloa ruziziensis responses to sources and doses of urea.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 20:401-407.

LOURENTE E. R. P, SILVA E. F., MERCANTE F. M., SERRA A. P, PEIXOTO P. P. P, SEREIA R. C, ENSINAS S. C., LUIZ NETO A. L. N., ALOVISI A. M.T., MARCHETTI M. E, CORTEZ J.W. 2016. **Agricultural management systems effect on physical, chemical and microbial soil properties.** Australian Journal of Crop Science 10: 683.

MANDARINO, A. P. **Efeitos da adubação nitrogenada nos atributos químicos do solo.** In: MANDARINO, A. P. **Atributos Químicos De Latossolo Vermelho Em Função De Plantas**

De Cobertura E Adubação Nitrogenada. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, [S. l.], 2020. p. 44.

MANLAY R.J., FELLER C., SWIFT M.J. **Historical evolution of soil organic matter concepts and their relationships with the fertility and sustainability of cropping systems.** Agriculture, Ecosystems & Environment 119:217-233. 2007

MATEUS G.P., CRUSCIOL C.A.C., BORGHI E., PARIZ C.M., COSTA C., SILVEIRA J.P.F. **Adubação nitrogenada de sorgo granífero consorciado com capim em sistema de plantio direto.** Pesquisa Agropecuária Brasileira 46:1161-1169. 2012

MENDONÇA, V. Z. D., MELLO, L. M. M. D., ANDREOTTI, M., PARIZ, C. M., YANO, É. H., & PEREIRA, F. C. B. L. **Liberção de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja.** Revista Brasileira de Ciência do Solo 39: 183-193. 2015.

MOTA, M. R.; SANGOI, L.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; DALL'IGNA, L. **Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho.** R. Bras. Ci. Solo, 39:512- 522, 2015.

MOURA, E. G., MACEDO, V. R. A., SENA, V. G. L., CAMPOS, L. S., & AGUIAR, A. C. F. **Soil physical changes and maize growth in a structurally fragile tropical soil due to mulching and duration between irrigation intervals** Soil use and management, 33 (4), 631-638. 2017.

MOURA, E. G., OLIVEIRA, A. K. C., COUTINHO, G., PINHEIRO, K. M., & AGUIAR, A. C. F. **Management of a cohesive tropical soil to enhance rootability and increase the efficiency of nitrogen and potassium use.** Soil use and management, v. 28, n. 3, p. 370-377, 2012.

MOURA, EG, MONROE, PHM, COELHO, MJA, COSTA SOBRINHO, JRS, & AGUIAR, ACF. **Effectiveness of calcined rock phosphate and leucaenaprunings as a of nutrients for maize in a tropical soil.** Biological Agriculture & Horticulture, 29 (2), 132-144. <http://dx.doi.org/10.1080/01448765.2013.781486>, 2013.

MULLINS, C.E. **Hardsetting soils.** In: **Handbook of soil science** (ed. M.E. Summer), pp. G65-G87. CRC Press, New York. 1999.

NASCIMENTO JR., D. & CAVALCANTE, M.A.B. **Reciclagem de excreções animais na pastagem.** 2001. Disponível em: < <http://atividaderural.com.br/artigos/530f7869070b4.pdf>> Acesso em 10 de janeiro de 2022

NICODEMO, M. L. F.; MELOTTO, A. M. **10 anos de pesquisa em Sistemas Agroflorestais em Mato Grosso do Sul.** In: ALVES, F. V.; LAURA, V. A.; ALMEIDA, R. G. de (Ed.). **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável.** Brasília, DF: Embrapa, 2015. p.1-27

OLIVEIRA, E. C. A; FREIRE, F. J; OLIVEIRA, R. I; FREIRE, M. B. G. S; NETO, D. E. S; SILVA, S. A. M. **Extração e exportação de nutrientes por variedades de cana-deaçúcar**

cultivadas sob irrigação plena. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 34, n. 13, p. 1343-1352, 2010.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O. D. O.; CORRÊA, L. A.; SILVA, A. G.; CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. *primavesi. Ciência e Agrotecnologia*, v. 30, n. 3, p. 562-568, 2006

RAIJ B.V., ANDRADE J.C., CANTARELLA H., QUAGGIO J.A. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônomo, 235 p. 2001.

RAKKAR M.K., BLANCO-CANQUI H., DRIJBER R.A., DREWNOSKI M.E., MACDONALD J.C., KLOPFENSTEIN T. *Impacts of cattle grazing of corn residues on soil properties after 16 years*. *Soil Science Society of America Journal* 81:414-424. 2017.

REETZ, H. F. *Fertilizantes e seu uso eficiente/ Harold F. Reetz Jr; tradução: Alfredo Scheid Lopes- São Paulo: ANDA, 2017. 1ª.ed.p.179. ISBN 979-10-92366-04- 4.*

REIS, G. L., LANA, Â. M. Q., LANA, R. M. Q., SILVA, A. A., MOREIRA, G. H. F. A., PEREIRA, F. M., ... & MACHADO, R. M. *Sombreamento e fertilização nitrogenada sobre atributos químicos de solo em uma pastagem de brachiaria brizantha cv. Marandu*. *Revista Brasileira De Agropecuária Sustentável*, 1(2). 2011. <https://doi.org/10.21206/rbas.v1i2.38>

RIBELATTO, P. J. C.; GENÚ, A. M.; LUSTOSA, S. B. C.; POTT, C. A. *Atributos químicos do solo e produção Urochloa brizantha cv. Marandu*. *Investigación Agraria*, [s. l.], 2019.

ROCHA AA, SOUZA DG, SILVA CSRA, GUERRA JGM, ESPINOLA JAAE, ARAÚJO ES. *Volatilização de amônia a partir de diferentes adubos orgânicos em função do tempo após a aplicação no solo*. In: *Semana Científica Johanna Dobereiner, EmbrapaAgrobiologia, Seropédica*. 2017.

RONQUIM, C. C. *Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais*. Embrapa Territorial-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2010.

ROSADO, T. L., GONTIJO, I., ALMEIDA, M. S. D., & ANDRADE, F. V. *Fontes e doses de nitrogênio e alterações nos atributos químicos de um latossolo cultivado com capim-mombaça*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38, 840-849. 2014

ROSADO, T. L., GONTIJO, I., ALMEIDA, M. S., CHAMBELA NETO, A., & SIMON, C. P. *PRODUCTION AND TILLERING OF MOMBAÇA GRASS WITH DIFFERENT SOURCES AND LEVELS OF APPLIED NITROGEN*. *Revista Engenharia Na Agricultura - REVENG*, 24(2), 139–146. <https://doi.org/10.13083/reveng.v24i2.664>. 2016

ROSSO, G. *Eficiência da adubação nitrogenada da pastagem depende das condições climáticas*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. 2019. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/40537701/eficiencia-da-adubacao-nitrogenada-da-pastagem-depender-de-condicoes-climaticas>>. Acesso em: 12 Jan. 2022.

ROWLINGS, D.W.; SCHEER, C.; LIU, S.; GRACEA, P.R. Annual nitrogen dynamics and urea fertilizer recoveries from a dairy pasture using 15N; effect of nitrification inhibitor DMPP and reduced application rates. *Agric. Ecosyst. Environ.*, v.216, p.216-225, 2016.

SALMAN, A.K.D; GIUSTINA, C.D; GB MARTINEZRA, G.B; MONTEIRO, C. **Sistemas agrossilvipastores para produção de leite. Pecuária leiteira na Amazônia.** Brasília, DF: Embrapa, 2020.

SALTON, J. C. (Ed.). PEZARICO, C. R.; TOMAZI, M.; COMAS, C. C.; RICHETTI, A.; MERCANTE, F. M.; CONCENÇO, G. **20 Anos de Experimentação em Integração LavouraPecuária na Embrapa Agropecuária Oeste: relatório.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015. 167 p. (Documentos 130).

SALTON, J.C., MERCANTE, F.M., TOMAZI, M. ZANATTA, J.A., CONCENCO, G., Silva, W.M. e M. RETORE. **Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: toward a sustainable production system.** *Agriculture, Ecosystems & Environment* Vol. 190: 70-79. 2014.

SAMUEL & EBENEZER. **Mineralization Rates of Soil Forms of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium as Affected by Organomineral Fertilizer in Sandy Loam, Advances in Agriculture** Volume 2014, Article ID 149209, 5 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/149209>. 2014

SAMUEL A. L., EBENEZER A. O. **Mineralization Rates of Soil Forms of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium as Affected by Organomineral Fertilizer in Sandy Loam.** *Advances in Agriculture* 2014:5. 2014. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/149209>

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356p

SANTOS, H.Q. **Sistema para cálculo do balanço de nutrientes e recomendação de calagem e adubação de pastagens para bovinos de corte.** Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 142p.

SILVA, A. J. C. **Eficiência do uso do nitrogênio e desempenho agrônômico do milho em sistema de plantio direto na palha de leucena no trópico úmido.** 2016. Chapadinha, MA. 2016.

SILVEIRA M.L.A. (2005). **Dissolved organic carbon and bioavailability of N and P as indicators of soil quality.** *ScientiaAgricola* 62:502-508.

SOTERRONI, A. C., MOSNIER, A., CARVALHO, A. X., CÂMARA, G., OBERSTEINER, M., ANDRADE, P. R., ... & RAMOS, F. M. **Future environmental and agricultural impacts of Brazil's Forest Code.** *Environmental Research Letters*, v. 13, n. 7, p. 074021, 2018.

SOUZA D.M.G., MIRANDA L.N., OLIVEIRA A.S. (2007). *Acidez do solo e sua correção*. In.: NOVAIS RF, ALVAREZ VH, BARROS NF, FONTES RL, CANTARUTTI RB, NEVES JCL (Eds.) *Fertilidade do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 205-275.

TEIXEIRA, P. C., DONAGEMMA, G. K., FONTANA, A., & TEIXEIRA, W. G. (2017). *Manual de métodos de análise de solo*. Brasília: Embrapa, 573.

SUBBARAO, G. V., YOSHIHASHI, T., WORTHINGTON, M., NAKAHARA, K., ANDO, Y., SAHRAWAT, KL, ... & BRAUN, HJ. *Suppression of soil nitrification by plants*, *Plant Sci.* 233 (2015) 155–164.

UDAWATTA, R. P., GANTZER, C. J., & JOSE, S. *Agroforestry Practices and Soil Ecosystem Services*. *Soil Health and Intensification of Agroecosystems*, 305–333. doi:10.1016/b978-0-12-805317-1.00014-2, 2017.

VENDRAMINI, J., DUBEUX JR, J. C. & SILVEIRA, M. *Nutrient cycling in tropical pasture ecosystems*. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 9(2). 2014.

VIAUD V, SANTILLÀN-CARVANTES P, AKKAL-CORFINI N, LE GUILLOU C, PRÉVOST-BOURÉ NC, RANJARD L, MENASSERI-AUBRY S. *Landscape-scale analysis of cropping system effects on soil quality in a context of crop-livestock farming*. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 265:166-177. 2018

WADT, PGS; SILVA, JRT; FURTADO, SC *Dinâmica de nutrientes com ênfase para as condições dos solos do Estado do Acre. Manejo do Solo e Recomendação de Adubação para o Estado do Acre*. Rio Branco: Embrapa Acre, v. 1, p. 175-228, 2005.

WHITEHEAD, D. C. *Nutrient elements in grassland: soil-plant-animal relationships*. Wallingford: CABI Publishing, 2000. 369 p

WONG, M. T. F.; ASSENG, S. *Yield and environmental benefits of ameliorating subsoil constraints under variable rainfall in a Mediterranean environment*. *Plant and Soil*, v. 297, n. 1-2, p. 29-42, 2007.

XU, G.; FAN, X.; MILLER, A.J. *Plant nitrogen assimilation and use efficiency*. *Annual Review of Plant Biology*, v.63, p.153-182, 2012.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. e. *Informações Recentes Para Otimização Da Produção Agrícola*. *Informações Agrônômicas*. N 117 Mar/2007.