



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE BIOCÊNCIAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO  
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS COM ÊNFASE EM CIÊNCIAS  
AMBIENTAIS

LAURA REGUEIRA NAVARRO LESSA

**EFEITOS DA AGRICULTURA DE CORTE E QUEIMA NAS TRANSFORMAÇÕES  
DO NITROGÊNIO NO SOLO DA CAATINGA**

Recife

2023

LAURA REGUEIRA NAVARRO LESSA

**EFEITOS DA AGRICULTURA DE CORTE E QUEIMA NAS TRANSFORMAÇÕES  
DO NITROGÊNIO NO SOLO DA CAATINGA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Bacharelado em Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel.

Orientador (a): Marcelo Tabarelli

Coorientador (a): Alice Batista dos Santos

Recife

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Lessa, Laura Regueira.

Efeitos da Agricultura de Corte e Queima nas transformações no Nitrogênio  
no solo da Caatinga / Laura Regueira Lessa. - Recife, 2023.

42 : il., tab.

Orientador(a): Marcelo Tabarelli

Coorientador(a): Alice Batista dos Santos

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de  
Pernambuco, Centro de Biociências, Ciências Biológicas /Ciências  
Ambientais - Bacharelado, 2023.

Inclui referências, apêndices, anexos.

1. Agricultura de Corte e queima . 2. Florestas Tropicais Sazonalmente  
Secas. 3. Mudanças climáticas . 4. Uso do solo . 5. Ciclagem de nutrientes . I.  
Tabarelli, Marcelo . (Orientação). II. Santos , Alice Batista dos . (Coorientação).  
IV. Título.

570 CDD (22.ed.)

LAURA REGUEIRA NAVARRO LESSA

**EFEITOS DA AGRICULTURA DE CORTE E QUEIMA NAS TRANSFORMAÇÕES  
DO NITROGÊNIO NO SOLO EM UMA FLORESTA TROPICAL SAZONALMENTE  
SECA NA CAATINGA**

Trabalho de Conclusão de Curso de  
Graduação apresentado ao Bacharelado em  
Ciências Biológicas com ênfase em Ciências  
Ambientais da Universidade Federal de  
Pernambuco, como requisito parcial para  
obtenção do título de bacharel.

Aprovada em: 26/09/2023

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Dr. Marcelo Tabarelli /UFPE

Documento assinado digitalmente  
 **MARIANA SANTOS DE SOUZA GONCALVES**  
Data: 30/09/2023 18:17:40-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Dra. Mariana Santos de Souza  
Gonçalves/UFPE

Documento assinado digitalmente  
 **RENATO SOARES VANDERLEI**  
Data: 30/09/2023 02:04:13-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Dr. Renato Soares Vanderlei /UFPE

Dedico este Trabalho de Conclusão de Curso ao meu pai, Roberto (in memoriam), e à minha mãe, Patrícia, que estão por trás de cada página aqui escrita e de absolutamente tudo o que eu já realizei e vir a realizar.

## AGRADECIMENTOS

Para mim, escrever é uma forma de congelar um espaço de tempo e as pessoas e sensações que eu gostaria de eternizar nesse momento. Para tanto, eu não poderia deixar de nominar cada pessoa que contribuiu para a minha jornada acadêmica e pessoal dos últimos quatro anos.

Painho, você esteve comigo de corpo e alma nos primeiros três anos da minha graduação, sendo o maior dos meus incentivadores. Hoje, você me guia, me inspira e me faz seguir através das lembranças e do amor que, é claro, nunca morre.

Mainha, a segurança que eu sinto em você, faz com que eu siga caminhos tortuosos com a segurança de quem sempre tem com quem contar, caso seja necessário voltar atrás.

À minha irmã, Maria Eduarda, que acolheu, e sempre acolhe, o meu desespero, e me fez acreditar no impossível (tipo aprender estatística). Seria digna de uma página inteiramente dedicada a ela. Mas aqui vai um breve resumo: Duda, se esse trabalho existe, o crédito é todo seu.

Ao meu irmão, Pedro, por desde sempre possuir um jeito único e quase perfeito de levantar o meu astral e de me fazer enxergar muito além do que meus olhos alcançam. Minha admiração por você é gigante.

À minha cunhada, Juliana, por ser uma amiga, conselheira e referência nesse e em todos os momentos pessoais e profissionais.

À minha sobrinha, Juju, a maior responsável pelos alívios cômicos e confortos emocionais dos últimos três anos. Que um dia você saiba que foi fundamental para a realização desse trabalho, titia.

Brenno, Cauane, Eduarda, João, Juliana, Leonardo, Marcos, Maria Júlia, Pablo: se hoje olho para trás e enxergo a graduação com carinho, é porque vocês estavam lá nos dias mais necessários.

À Mariana, Nathália e Regina, por serem as minhas maiores confidentes e a minha família escolhida a dedo. Obrigada por segurarem a barra desses últimos meses junto a mim.

À Alice, Duda, Laiza, Marcela, e Olivia, que estão ao meu lado, em dias cinzas ou ensolarados, há tantos anos.

À minha coorientadora, Alice, que me acompanhou em campos, escritas e conversas tão fundamentais para o meu amadurecimento.

Ao meu orientador, Marcelo Tabarelli, por ter me acolhido no laboratório desde o primeiro e-mail enviado e por ser uma referência, para mim, de pesquisador.

Aos colegas do LEVA e do LFV, em especial Arthur, David e Lígia, por terem tornado o ambiente tão descontraído e educativo durante a minha jornada.

*“No coração da mata, gente quer prosseguir  
Quer durar, quer crescer, gente quer luzir  
[...]  
Gente, espelho da vida  
Doce mistério.”*

(VELOSO, 2018)

## RESUMO

A agricultura de corte e queima é responsável pela subsistência de milhares de pessoas ao redor do mundo. Entretanto, tal prática é responsável pela conversão florestas naturais em paisagens modificadas, levando a mudanças no uso do solo e na disponibilidade de nutrientes essenciais. Nesse contexto, a floresta tropical seca da Caatinga tem sido convertida em áreas agrícolas realizadas em pequena escala sem a adição de fertilizantes e dependentes dos nutrientes disponibilizados pela vegetação. A conversão de áreas para uso humano pode não só levar a perda de serviços ecossistêmicos, mas também aumentar a degradação e suscetibilidade a desertificação. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar como a agricultura de corte e queima afeta as transformações e disponibilidade do nitrogênio no solo. O trabalho foi realizado no PARNA Catimbau a partir de um experimento que visou simular o processo de agricultura de corte e queima seguido do estabelecimento de roça, colheita e abandono dessas áreas. Em cada área (controle e corte e queima) foram coletadas amostras compostas de solo e avaliadas as concentrações de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Foi observado que as concentrações de amônio variaram significativamente para as áreas controle e corte e queima, com aumentos depois do corte da vegetação, o que demonstra que outros atributos do solo, como umidade e temperatura, para além do processo de agricultura, estão controlando as concentrações desse elemento no solo. Diferentemente, as concentrações de nitrato apresentaram variação significativa nas áreas que foram cortadas e queimadas, com diminuição 1 dia depois da queima seguido de aumentos até 1 ano após a queima, indicando que mudanças a curto prazo, como lixiviação e escoamento superficial podem ter levado a redução das concentrações de nitrato logo após a queima. As concentrações de óxido nitroso não apresentaram variação significativa ao longo da agricultura, o que está relacionado com a ausência de mudança em outras características do solo, como o pH, que pode ter influência nas emissões desse elemento. Por fim, os resultados indicam que a prática agrícola na floresta seca da Caatinga afeta de forma diferente as transformações e disponibilidade do nitrogênio no solo, podendo afetar assim o estabelecimento de plantas e o processo de regeneração natural.

**Palavras-chave:** Agricultura. Floresta Seca. Nitrogênio. Solo. Caatinga. Nutrientes.

## ABSTRACT

Slash-and-burn agriculture is responsible for the livelihoods of thousands of people around the world, converting natural forests into modified landscapes, leading to changes in land use and the availability of essential nutrients. In this context, the dry tropical forest of the Caatinga has been converted into agricultural areas carried out on a small scale without the addition of fertilizers and dependent on the nutrients made available by the vegetation. The conversion of areas for human use can not only lead to the loss of ecosystem services, but also increase degradation and susceptibility to desertification. Therefore, the objective of this work was to evaluate how slash-and-burn agriculture affects the transformation and availability of nitrogen in the soil. The work was carried out at PARNA Catimbau based on an experiment that aimed to simulate the process of slash-and-burn agriculture followed by the establishment of fields, harvesting and abandonment of these areas. In each area (control and slash and burn) composite soil samples were collected and the concentrations of ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) and nitrous oxide ( $\text{N}_2\text{O}$ ) were evaluated. It was observed that ammonium concentrations varied significantly for the control and slash-and-burn areas, with increases after vegetation was cut. Indicating that other soil attributes, in addition to the agricultural process, are controlling the concentrations of this element in the soil. Differently, nitrate concentrations showed significant variation in the areas that were cut and burned, with a decrease 1 day after burning followed by increases up to 1 year after burning, indicating that short-term changes, such as leaching and surface runoff, may have led to reduction of nitrate concentrations immediately after burning. Nitrous oxide concentrations did not show significant variation throughout agriculture, indicating that the lack of change in other soil characteristics, such as pH, may have an influence on emissions of this element. Finally, the results indicate that agricultural practice in the Caatinga dry forest affects the transformations and availability of nitrogen in the soil differently, thus potentially affecting plant establishment and the natural regeneration process.

**Keywords:** Agriculture. Dry Forest. Nitrogen. Soil. Caatinga. Nutrients.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 –	Varição temporal nas concentrações de $\text{NH}_4$ no controle e corte-queima ao longo do tempo durante a conversão da floresta da Caatinga para a agricultura	30
Gráfico 2 –	Varição temporal nas concentrações de $\text{NO}_3$ no controle e corte-queima ao longo do tempo durante a conversão da floresta da Caatinga para a agricultura.	30
Gráfico 3–	Relação significativa entre amônio e nitrato	31
Gráfico 4 –	Varição temporal nas concentrações de $\text{N}_2\text{O}$ no controle e corte-queima ao longo do tempo durante a conversão da floresta da Caatinga para a agricultura.	31

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Valores médios das concentrações de NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub> E N<sub>2</sub>O entre as áreas controle e corte-queima durante a conversão da floresta para agricultura em uma floresta tropical seca na Caatinga. 29
- Tabela 2 – Valores das concentrações de NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub> e N<sub>2</sub>O nas áreas controle e corte-queima durante a conversão da floresta para agricultura em uma floresta tropical seca na Caatinga. 29

## SUMÁRIO

1.	<b>INTRODUÇÃO</b>	14
2.	<b>JUSTIFICATIVA</b>	16
3.	<b>OBJETIVOS</b>	18
3.1	<i>OBJETIVO GERAL</i>	18
3.2	<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	18
4.	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	19
4.1	<i>AGRICULTURA DE CORTE E QUEIMA NA CAATINGA</i>	19
4.2	<i>CICLAGEM DO NITROGÊNIO DO SOLO E OS IMPACTOS DA QUEIMA</i>	20
4.3	<i>EFEITOS DA AGRICULTURA NA CICLAGEM DE NO<sub>3</sub>- E NH<sub>4</sub><sup>+</sup></i>	22
4.4	<i>EFEITOS DA AGRICULTURA NA EMISSÃO DE N<sub>2</sub>O DO SOLO</i>	23
5	<b>METODOLOGIA</b>	24
5.1	<i>ÁREA DE ESTUDO</i>	24
5.2	<i>DELINEAMENTO AMOSTRAL</i>	25
5.3	<i>ANÁLISE DE DADOS</i>	27
6	<b>RESULTADOS</b>	28
6.1	<i>CONCENTRAÇÕES DE NITRATO E AMÔNIO AO LONGO DA AGRICULTURA</i>	28
6.2	<i>TAXAS DE EMISSÃO DO N<sub>2</sub>O</i>	28
6.3	<i>pH DO SOLO</i>	29

<b>7</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>32</b>
<b>7.1</b>	<i>CONCENTRAÇÕES DE NITRATO E AMÔNIO AO LONGO DA AGRICULTURA</i>	<b>32</b>
<b>7.2</b>	<i>TAXAS DE EMISSÃO DO N<sub>2</sub>O</i>	<b>34</b>
<b>8.</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>35</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>38</b>
<b>APÊNDICE A –</b>	Variações significativas da concentração do amônio ao longo do tempo	<b>36</b>
<b>APÊNDICE B</b>	Variações significativas da concentração do amônio ao longo do tempo e tratamento	<b>37</b>
<b>APÊNDICE C-</b>	Variações significativas da concentração do amônio ao longo do tempo e tratamento	<b>37</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A exploração de recursos em ecossistemas naturais vem acarretando consequências que afetam a biodiversidade terrestre levam a perdas de serviços ecossistêmicos fundamentais, como disponibilidade hídrica, produção de alimentos, regulação climática e ciclagem de nutrientes. (OLIVER, MORCROFT, 2014) Nesse sentido, o termo “uso da terra” engloba uma série de alterações humanas, desenvolvidas em uma determinada fração da superfície terrestre, envolvendo a remoção da cobertura vegetal, como é o caso da prática agrícola, que possui o potencial de provocar severas alterações na dinâmica dos ecossistemas florestais. (BARATI et al, 2023). A agricultura de corte e queima é uma forma de uso da terra e consiste num termo genérico para denominar sistemas agrícolas através dos quais a vegetação é cortada manualmente, deixada para secar, e removida do campo através da queima, precedendo o cultivo das culturas. Posteriormente, durante o período do pousio, ocorre a restauração da fertilidade do solo (FUJISAKA et al. 1996). No entanto, conforme as populações humanas e a demanda por terras aumenta, os períodos de pousio são reduzidos ao mínimo necessário. (NORGROVE, 2013).

As principais mudanças no durante a agricultura de corte e queima estão associadas as mudanças nas propriedades do solo. Após a queima da biomassa vegetal, é esperado um aumento do pH do solo, devido ao caráter ácido que é típico das cinzas. Tal aumento da acidez pode promover a liberação de íons alcalinos das cinzas, que podem estimular o ciclo de N, elevando a quantidade do N inorgânico disponível por um determinado período (SCHAFER & MACK, 2010; HÖRTENSTEINER et al., 2002). Por outro lado, a mudança de pH ocorrida após a queima, também pode levar a um impacto significativo na estruturação das comunidades de bactérias fixadoras de nitrogênio, que são altamente sensíveis a essas flutuações. (NORGROVE, 2013). Além disso, a deposição de cinzas leva à liberação de nutrientes pela queima da matéria orgânica, visto que a madeira se decompõe lentamente, e os nutrientes presentes nela não estão prontamente disponíveis para as plantações anuais (NAVARRETE et al., 2015; NORGROVE, 2013).

Sabe-se que a fertilidade do solo é um fator fundamental para promover a produtividade das florestas, e que ela determina a dinâmica dos nutrientes na biomassa vegetal (JUO, A. S. R.; MANU, A, 1996). Dentro desse contexto, apesar do nitrogênio compor cerca de 79% da atmosfera terrestre, ele é o nutriente que mais limita a produção de alimentos dos animais. Isto acontece pelo fato de que ele precisa ser fixado em compostos químicos assimiláveis por plantas

antes de ser utilizado (DELWICH, C.C, 1970). Isto é, o nitrogênio precisa ser convertido e assimilado pelos organismos vegetais na forma de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) (TAIZ et al, 2009). Além disso, mudanças no uso da terra para agricultura pode elevar as emissões de óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ), um gás de efeito estufa que possui o potencial de acelerar a destruição da camada de ozônio (STEIN, L. Y.; KLOTZ, M. G, 2016; CHAPUIS-LARDY, L. et al 2007).

Nesse contexto, as florestas sazonalmente secas dos trópicos (em inglês, Seasonal Dry Tropical Forests, SDTFs) representam um dos ecossistemas florestais mais ameaçados em todo o mundo. Essas ricas florestas são perturbadas pelos impactos agudos, como a perda da vegetação para fins agropastoris e por perturbações crônicas, como é o caso do sobrepastoreio e a extração de lenha, além de enfrentarem longos períodos de escassez hídrica (RITO et al, 2017). As respostas das florestas secas mediante aos impactos antropogênicos estão longe de serem consideradas homogêneas, e ainda existe uma carência de estudos combinados das mudanças climáticas e das perturbações humanas sobre a vegetação das SDTFs. (PORTILLO-QUINTERO & C. SMITH, 2018).

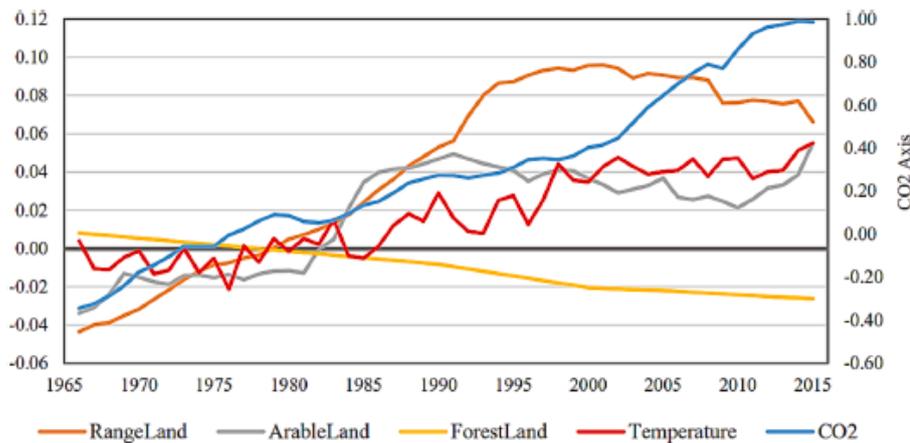
A floresta tropical seca brasileira, a Caatinga, representa o semiárido mais populoso do mundo, com a presença de moradores altamente dependentes dos recursos florestais para subsistência (SAMPAIO, 1995). Desde a colonização, o tipo de agricultura realizada na Caatinga é do tipo itinerante ou migratória. Nessa perspectiva, a região semiárida brasileira apresenta uma susceptibilidade à desertificação que varia de moderada a alta, devido principalmente à degradação do solo, que ocorre em consequência do seu manejo inadequado, associado à expansão da agricultura (VIEIRA et al, 2015).

Assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar as transformações do nitrogênio no solo durante o processo de agricultura de corte e queima em uma área de Caatinga. Espera-se um aumento nas concentrações no nitrogênio nas forma de nitrato e amônio nos dias seguintes após a queima, seguido por uma diminuição durante o plantio e abandono. Também será avaliado a taxa de emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  no solo, e a hipótese é de que esta acompanhe as oscilações na disponibilidade do nitrogênio, especialmente do processo de nitrificação. Por fim, espera-se também uma diminuição do pH do solo após a queima que justifique, em parte, a intensificação inicial da ciclagem do nitrogênio.

## 2. JUSTIFICATIVA

A conversão de áreas florestadas em áreas de pastagem e de terras cultiváveis passou por um processo de expansão considerável até o ano de 1990, seguido por um período de estabilidade. No entanto, a partir de 2010, o desmatamento para fins produtivos voltou a ser fortemente impulsionado. (**Figura 1**)

**Figura 1:** Conversão de áreas florestadas entre 1965-2015



**Fonte:** (BARATI et al, 2023)

Além das perdas da biodiversidade, a conversão dessas áreas está intimamente relacionada com as mudanças climáticas e com o aumento da temperatura, devido, principalmente à diminuição do estoque de carbono do solo e à degradação de terras e de corpos d'água. Uma vez que especialistas projetam que a população humana permaneça numa tendência de crescimento, e que, por volta de 2100, atinja a marca de 11,2 bilhões de seres humanos, serão necessárias cada vez mais áreas de cultivo com o fito de suprir as demandas mercadológicas. (BARATI et al, 2023).

Portanto, a conversão dessas áreas para uso humano, pode não só levar à perda dos seus serviços ecossistêmicos, mas também aumentar a degradação e a vulnerabilidade à desertificação (TABARELLI et al., 2017). Nos últimos 50 anos, a floresta da caatinga recebeu milhões de migrantes em busca de melhores oportunidades criadas pela expansão agrícola. (VIERA et al, 2015) Nessas condições, a região tem sido exaustivamente convertida em áreas agrícolas de pequena escala, sem a adição de fertilizantes e dependentes dos nutrientes disponibilizados pela vegetação.

A área da Caatinga abrange uma extensão de 912,529 km<sup>2</sup> e possui os menores índices de desenvolvimento humano de todo o país (LEAL, TABARELLI, 2017). Cerca de 50% da sua área foi degradada, e cerca de 11% de área foi desertificada devido ao pastejo bovino e caprino e práticas de agricultura inadequadas para o clima semiárido (BRADY, 1996; BARROS et al., 2021). Ao menos 63.3% da Caatinga é composta de ecossistemas antropogênicos. O impacto humano é ainda mais intenso em áreas que apresentam maior umidade e produtividade, do que nas regiões com o clima muito seco e solos naturalmente pobres em nutrientes. (SILVA, J.M.C, BARBOSA, L.C.F, 2019).

A biodiversidade do solo está sob pressão e a degradação é uma preocupação. Gerenciar os solos de forma sustentável requer monitoramento para entender a relação entre uso da terra e a melhor forma de conduzir o seu manejo, a fim de preservar os serviços que o solo proporciona. (PULLEMANN et al, 2012). Até o ano de 2050, prevê-se que a alteração no uso da terra desempenhará um papel significativo na condução das mudanças na oferta de serviços ecossistêmicos. (PERCY, S. et al). A Caatinga possui uma biota particular, e o manejo dessa biodiversidade é fundamental para determinar o futuro da proteção e restauração dos ecossistemas nativos (SILVA, J.M.C, BARBOSA, L.C.F, 2019), o que evidencia a necessidade de compreensão dos impactos da atividade humana sobre o solo da Caatinga.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GERAL**

Entender como o processo de agricultura de corte e queima na Caatinga afeta as transformações e disponibilidade do nitrogênio do solo

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Quantificar as concentrações de amônio e nitrato no solo ao longo da agricultura de corte e queima
- Avaliar os fluxos de  $N_2O$  ao longo da agricultura de corte e queima
- Mensurar as flutuações de pH no solo, relacionando com as alterações da ciclagem do N

## **4. REVISÃO DA LITERATURA**

### **4.1. A AGRICULTURA DE CORTE E QUEIMA NA CAATINGA**

A prática da agricultura de corte e queima na Caatinga tem sido objeto de estudos que revelam impactos significativos sobre esse ecossistema. De acordo com as descobertas de Bezerra et al. 2023, áreas queimadas no Vale do Catimbau apresentaram notáveis reduções na densidade de sementes, que chegaram a ser 15 vezes menores em comparação com áreas de floresta secundária. Além disso, a diversidade de espécies também foi drasticamente diminuída nos locais que sofreram queimadas (BEZERRA et al., 2023).

Essas consequências do fogo não param por aí. Foi observada uma diminuição significativa na frequência e na proporção de sementes intactas, bem como uma redução de 3,6 vezes na proporção de sementes viáveis. O processo de queima também levou a uma homogeneização das assembleias de sementes ao longo do espaço, reduzindo a dissimilaridade composicional entre as parcelas (BEZERRA et al., 2022). Essas descobertas ressaltam a fragilidade do banco de sementes do solo em face da prática da agricultura de corte e queima.

Além disso, os impactos não se restringem apenas às sementes e à vegetação. Um estudo conduzido por Da Silva et al. em 2021, demonstrou que a conversão da vegetação nativa em sistemas agrícolas resultou na diminuição do carbono do solo e da biomassa, além de afetar a atividade metabólica de nematoides indicadores de enriquecimento e estrutura do solo (DA SILVA et al., 2021). Assim, fica evidente que a agricultura de corte e queima na Caatinga não apenas impacta negativamente as sementes e a diversidade vegetal, mas também interfere nas propriedades do solo e na ecologia subterrânea.

## 4.2. CICLAGEM DO NITROGÊNIO DO SOLO E OS IMPACTOS DA QUEIMA

A ciclagem do nitrogênio do solo consiste em várias etapas, que permitem que o Nitrogênio inerte (gás dinitrogênio, ou  $N_2$ ), se transforme em nitrogênio reativo, que é aquele responsável por suportar o metabolismo e crescimento celular dos organismos. (STEIN, L. Y.; KLOTZ, M. G, 2016)

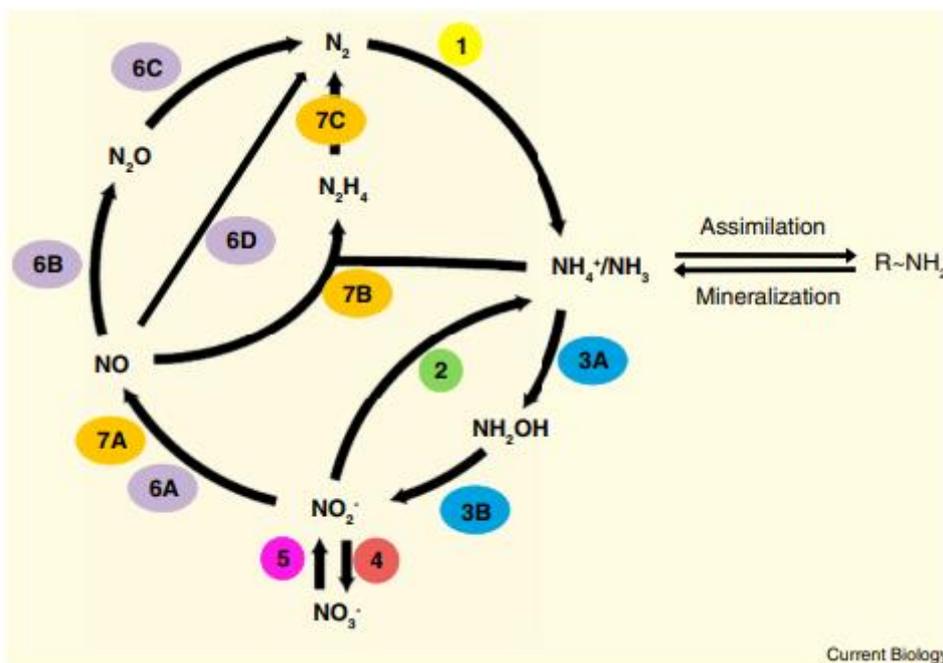
As etapas mais relevantes da ciclagem do nutriente, para fins do presente estudo, são:

1) Amonificação: Inclui a fixação do nitrogênio da atmosfera ( $N_2$ ) em amônio ( $NH_4^+$ ) (reação 1 da **Figura 2**), ou a conversão do nitrito ( $NO_2^-$ ) para amônio (reação 2 da **Figura 2**), processos que são realizados por bactérias e fungos.

2. Nitrificação: Consiste na conversão de amônia para nitrato ( $NO_3^-$ ) e depois para nitrito, trabalho realizado pela ação de bactérias nitrificantes. (Reações 3a, 3b e 4 da **Figura 2**).

3. Desnitrificação: É o processo de respiração anaeróbica do nitrito, óxido nítrico (NO) e óxido nitroso ( $N_2O$ ), convertendo-os em  $N_2$ . Porém, alguns grupos de bactérias e arqueias não possuem genes ligados a codificação enzimática ligadas às reações 5, 6b e/ou 6c (**Figura 2**), o que pode ocasionar a liberação de gases como NO e  $N_2O$  na atmosfera (STEIN, L. Y.; KLOTZ, M. G, 2016).

**Figura 2:** Esquema contemplando as etapas da ciclagem do Nitrogênio



**Fonte:** (STEIN, L. Y.; KLOTZ, M. G, 2016)

A agricultura de corte-e-queima tem como uma de suas principais consequências as mudanças nas propriedades do solo, devido à exposição às altas temperaturas e à erosão superficial, emissão de gases do solo, lixiviação hidrológica dos nutrientes e colheita de madeira, o que leva à perda de nutrientes, como é o caso do Nitrogênio (THOMAZ et al., 2014). Ademais, a etapa da queima pode ocasionar a eliminação parcial da macro e microfauna do solo, alterando as cadeias que são diretamente responsáveis pela ciclagem do Nitrogênio. (STEIN, L. Y.; KLOTZ, M. G, 2016). Perdas ou ganhos adicionais do nutriente também podem ocorrer à medida em que há a progressão da prática da agricultura, como através do plantio e da colheita de culturas.

### 4.3. EFEITOS DA AGRICULTURA NA CICLAGEM DE NO<sub>3</sub><sup>-</sup> E NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

Ao observar os efeitos da agricultura de corte e queima numa Floresta Sazonalmente Seca, ELLINGSON et al (2000), relatou um aumento significativo na quantidade de nitrogênio mineral nos primeiros 10 cm do solo, principalmente na forma de NH<sub>4</sub>-N, nos primeiros três meses após a queima. No entanto, após três meses, não foi observada diferença significativa entre os plotes queimados e os mantidos com a vegetação natural. Posteriormente, no meio da estação chuvosa, foi observado uma diminuição gradual do teor de Nitrogênio apenas nos plotes que foram submetidos à agricultura (ELLINGSON, L. J. et al, 2000).

Em consonância, um estudo realizado por Wang et al no sudoeste chinês, a prática do corte e queima alterou a dinâmica das transformações do nitrogênio, levando à redução dos estoques de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> seis meses após a queima, o que possibilitou a conclusão de que a prática reduz significativamente o estoque de Nitrogênio do solo, principalmente no caso do NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Tais diminuições foram atribuídas à redução na disponibilidade de substrato, que acarretaram mudanças na estrutura das comunidades microbianas envolvidas na ciclagem (WANG et al, 2022).

Por outro lado, em JARAMILLO et al. (2003), em uma floresta seca em Los Tuxtlas, México, o estudo não encontrou uma diminuição significativa nos pools de Nitrogênio do solo que pudesse ser atribuída a alterações no uso da terra. Entretanto, o estudo sugere que perdas de N foram observadas na biomassa acima do solo, e provavelmente estariam mais associadas à fase da queima da serrapilheira. (JARAMILLO, V. J. et al, 2003)

De maneira geral, uma série de alterações promovidas pela prática do corte e queima nas florestas tropicais sazonalmente secas podem alterar o equilíbrio da ciclagem de nutrientes do solo, normalmente diminuindo o pool de Nitrogênio nas fases iniciais da agricultura. É o caso das mudanças ocasionadas por derrubada de árvores, combustão de biomassa, alteração da matéria orgânica, alteração da comunidade de microrganismos devido à queima e flutuações na quantidade de carbono orgânico contido no solo etc. (WANG et al, 2022).

#### 4.4. EFEITOS DA AGRICULTURA NA EMISSÃO DE N<sub>2</sub>O DO SOLO

Apesar de encontrado em baixas concentrações na atmosfera, o N<sub>2</sub>O é um gás de efeito estufa (AL-GHUSSAIN, L) e o setor da agricultura é o maior responsável pelas emissões diretas e indiretas de N<sub>2</sub>O ocasionadas pela atividade humana (JANSSENS-MAENHOUT, G. et al). O aumento da liberação, na agricultura, do N<sub>2</sub>O, pode ser regulado tanto pela presença ou ausência de comunidades de organismos denitrificadores, como as bactérias denitrificantes, quanto pela rota de transformação do nitrato neste gás, como um mecanismo de eliminação do excesso do nitrato, que é comum após corte e queima (ISHIZUKA, S. et al, 2003).

Em ISHIZUKA, S. et al (2003), foi observado que o corte e a queima de árvores que restaram após a retirada pela população local, levaram a um aumento nas emissões de N<sub>2</sub>O. Além disso, houve uma intensa correlação positiva entre a taxa de nitrificação e a emissão do gás. (ISHIZUKA, S. et al, 2003). Adicionalmente, achados como os de WANG et al (2021), permitiram concluir que altos índices de ciclagem de Nitrogênio podem resultar numa maior produção de N<sub>2</sub>O, uma vez que são promovidas as condições ideais para os microrganismos desnitrificadores. Assim, flutuações nas populações microbianas são diretamente responsáveis por afetar os processos de ciclagem de nutrientes no solo. (WANG et al, 2021)

No entanto, em solos que apresentam baixa capacidade de reter nutrientes e com baixos índices de carbono orgânico, muito do nitrogênio liberado no processo de mineralização pode ser perdido por lixiviação, resultando numa emissão de N<sub>2</sub>O menor do que a esperada nas transformações do uso da terra. Também, presume-se que solos inférteis, ácidos e/ou épocas de menor umidade, levam a uma menor produção de NO<sub>3</sub> e conseqüentemente de N<sub>2</sub>O. (ISHIZUKA, S. et al, 2003). Em Davidson et al, por exemplo, o solo mais rico em argila, na região de Paragominas, apresentou maiores emissões de N<sub>2</sub>O do solo do que o solo arenoso em São Francisco do Pará (DAVIDSON et al, 2007).

## 5. METODOLOGIA

### 5.1. ÁREA DE ESTUDO

O Parque Nacional do Vale do Catimbau ( $8^{\circ}24'00''$  a  $8^{\circ}36'35''S$  e  $37^{\circ}09'30''$  a  $37^{\circ}14'40''O$ ) abrange os municípios de Buíque, Ibirimir e Tupanatinga. O parque é uma área com clima semiárido quente e apresenta uma grande variação anual de chuvas, entre 480 a 1100 mm/ ano, com a estação chuvosa sendo concentrada em três meses do ano (RITO et al, 2017). Sua temperatura média anual é de cerca de  $23^{\circ}C$ . (MELO & ALBUQUERQUE, 2018)

Sua vegetação é composta por um mosaico entre savana rochosa, savana neotropical, caatinga de terras secas, vegetação perene de sub-arbusto, florestas de terras altas e refúgios de vegetação (ATHIÊ-SOUZA et al. 2019). Cerca de 70% da área do parque é caracterizada por solos inférteis, os litossolos (RITO et al, 2017). Todas as áreas de estudo foram selecionadas em locais com o mesmo tipo de solo, arenosos e ácidos.

O parque foi estabelecido em 2002, e a maioria dos residentes da época ainda dependiam da exploração dos recursos naturais para a sua sobrevivência. (ARNAN et al, 2018). A agricultura de base extrativista no semiárido faz com que a produtividade seja baixa, e de fato, cerca de 40% das propriedades agrícolas dessa região possuem menos de 100ha (TABARELLI et al, 2018).

**Figura 3:** Localização do Parque Nacional do Vale do Catimbau



**Fonte:** (GEISE L. et al, 2017)

## **5.2. DELINEAMENTO AMOSTRAL**

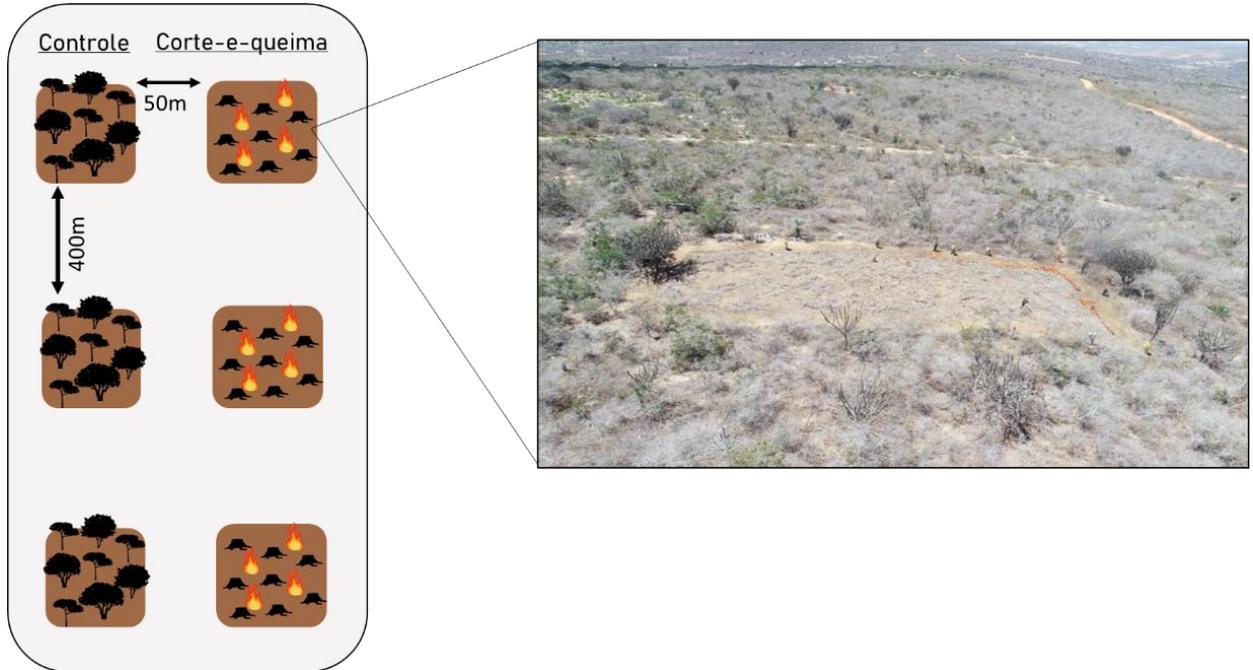
Esse trabalho foi conduzido a partir de um experimento realizado no Parque Nacional do Catimbau, onde foram estabelecidas seis parcelas de 20 x 50 m (totalizando 0.6 hectares). As parcelas foram divididas em 3 blocos compostos de dois tratamentos, controle e corte e queima. Trata-se de um experimento que visa simular o processo de agricultura de corte e queima seguido do estabelecimento de roça, colheita e abandono dessas áreas.

Cada bloco está a 400 m de distância, enquanto as parcelas de tratamento dentro de cada bloco estão a 20 m de distância uma da outra. Os blocos foram estabelecidos entre agosto e novembro de 2020, e no mês de agosto, todos os indivíduos lenhosos (i.e., árvores e arbustos; diâmetro na altura do solo maior ou igual a 3 cm e altura total maior ou igual a 1 m) foram identificados até o menor nível taxonômico. Em outubro do mesmo ano, as parcelas de corte e queima foram cortadas e em novembro houve queimadas, com estabelecimento das roças no início da estação chuvosa.

A vegetação lenhosa dos plotes expostos à agricultura de corte e queima foram completamente cortados por agricultores locais, com o auxílio de machados e facões. O corte ocorreu no fim da estação seca (entre novembro e dezembro). A vegetação de alta densidade foi coletada como costumeiramente ocorre, já que os habitantes as utilizam para produção de lenha, cercas. O que restou de biomassa foi deixado secar por um período de 20 dias, empilhados em pequenas quantidades, e depois foi queimado durante 20-40 minutos. Por fim, os agricultores plantaram três quilos de feijão, milho e melancia (BEZERRA et al, 2023).

No centro de cada parcela foram amostradas em cinco pontos amostras de solo (0-5 cm de profundidade). As amostras foram peneiradas e foram utilizados 20 g de solo para extração de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  com KCL 1 M. Em cada amostra, a extração de solo foi realizada no dia da coleta da amostra. Após 24 horas as amostras foram filtradas e as concentrações de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  foram estimadas pelo método volumétrico por destilação. Por esse método, o nitrogênio é retido em solução ácida bórica e titulado com ácido sulfúrico a 0,0025 M (TEIXEIRA et al., 2017).

**Figura 4:** Blocos do experimento de Agricultura de Corte e Queima



**Fonte:** (A AUTORA, 2023)

### 5.3. ANÁLISE DE DADOS

Para testar se há as diferenças entre os tratamentos (controle e corte e queima) ao longo do tempo, utilizando  $p < 0.05$ , em relação às concentrações de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  e fluxos de  $\text{N}_2\text{O}$ , foi conduzida uma análise de modelo linear misto para investigar a relação entre as variáveis fixas (tempo e tratamento) e as variáveis resposta. Além disso, bloco e parcela foram incorporados no modelo considerar a estrutura hierárquica dos dados. A inclusão dos fatores aleatórios permitiu a modelagem das variações não explicadas por efeitos fixos, levando em consideração as influências específicas das áreas. As análises foram realizadas utilizando o software R Studio.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. CONCENTRAÇÕES DE AMÔNIO (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) E NITRATO (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) NO SOLO

As concentrações médias de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> foram de  $15.16 \pm 3.56$  mg/kg para controle e de  $17.90 \pm 5.51$  mg/kg para corte e queima, apresentando grande variação de 7.56 mg/kg a 18.6 mg/kg para controle e de 7.67 mg/kg a 25.62 mg/kg para corte e queima. (**Tabela 1**). Em relação aos efeitos da agricultura de corte e queima nas concentrações de amônio no solo houve uma diferença significativa entre os tratamentos ( $p < 0.00001$ ,  $R^2 = 0.74$ ) apresentando uma tendência de aumento nas concentrações após o corte da vegetação (**Figura 6**). As diferenças podem ser observadas com maior nível de detalhamento nas tabelas que se referem às diferenças entre os tempos (**Apêndice A e Tabela 2**) e entre os tratamentos ao longo do tempo (**Apêndice B e Tabela 2**).

As concentrações de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> foram de  $4.16 \pm 1.51$  mg/kg e  $3.97 \pm 1.41$  mg/kg, controle e corte e queima, respectivamente (**Figura 7**), com a variação de 2.72 mg kg<sup>-1</sup> a 5.12 mg kg<sup>-1</sup> para controle e de 1.87 mg kg<sup>-1</sup> a 5.07 mg kg<sup>-1</sup> para corte e queima. Os efeitos da agricultura de corte e queima nas concentrações de nitrato também foram significativos entre os tempos e tratamentos ( $p=0.001$ ,  $R^2 = 0.56$ ) (**Figura 8**). Diferentemente do amônio, as concentrações de nitrato variaram significativamente apenas nas áreas submetidas ao corte e queima, destacando-se relações significativas de aumento nas concentrações depois do corte, redução após a queima e aumento gradativo das concentrações até 1 ano após a queima (**Figura 8**). Por fim, foi observado uma tendência linear de aumento na concentração de nitrato à medida em que aumentava as concentrações de amônio no solo ( $p=0.01$   $R^2=0.11$ ) (**Figura x**).

### 6.2. TAXAS DE EMISSÃO DO N<sub>2</sub>O

O N<sub>2</sub>O não apresentou variação significativa nas taxas de emissões entre as áreas controle e corte e queima, com os valores variando de 1.4 a -0.9 mg/ m<sup>2</sup> /dia em controle e de 1 a -0.8 mg/ m<sup>2</sup> /dia no corte e queima. Os valores médios foram semelhantes para os dois tratamentos, com valores de  $0.16 \pm 0.53$  mg/ m<sup>2</sup> /dia e  $0.19 \pm 0.43$  mg/ m<sup>2</sup> /dia, para o controle e corte e queima, respectivamente (**Tabela 1**).

### 6.3. pH do solo

Em relação as mudanças no pH no solo, não foi observada nenhuma diferença significativa ao longo dos tempos e entre os tratamentos.

**Tabela 1.** Valores médios das concentrações de NH<sub>4</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N<sub>2</sub>O entre as áreas controle e corte-queima durante a conversão da floresta para agricultura em uma floresta tropical seca na Caatinga.

	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N <sub>2</sub> O
<b>Controle</b>	15.2±3.6	4.2±1.5	0.2±0.5
<b>Corte e queima</b>	17.9±5.5	4.0±1.4	0.2±0.4

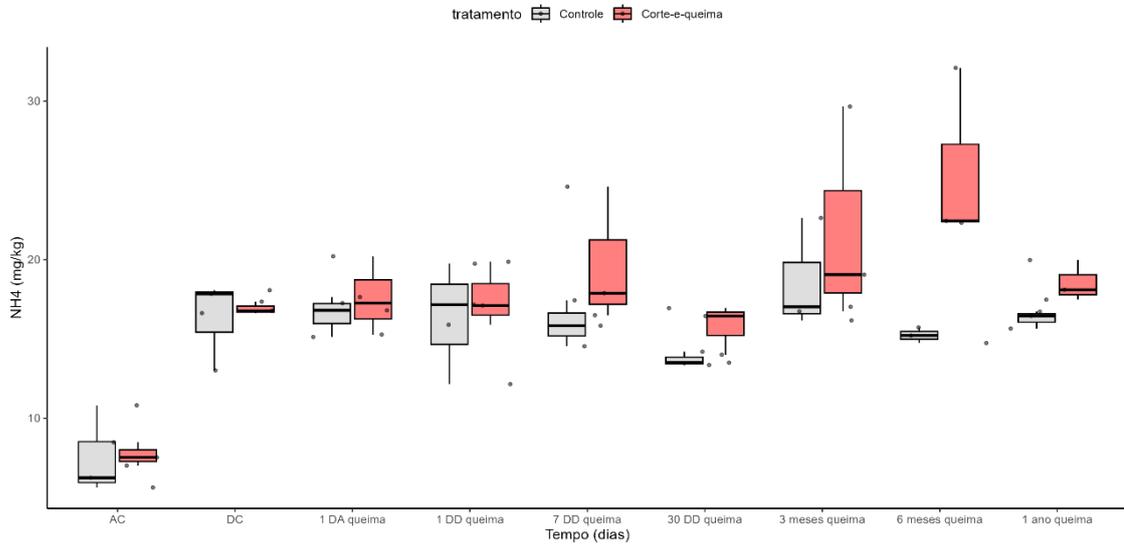
Fonte: A AUTORA (2023)

**Tabela 2.** Valores das concentrações de NH<sub>4</sub><sup>-</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nas áreas controle e corte-queima durante a conversão da floresta para agricultura em uma floresta tropical seca na Caatinga.

Tempo	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		N <sub>2</sub> O	
	Controle	Corte-e-queima	Control e	Corte - e-queima	Control e	Corte-e-queima
1 dia Antes do corte	7.6±2.8	7.7±0.7	2.7±1.7	1.9±1.3	0.2±0.4	2.7±1.7
1 dia Depois do corte	16.3±2.9	16.9±0.4	5.0±2.4	3.7±0.4	0.4±0.2	0.2±0.6*
1 dia antes da queima	16.5±1.3	17.6±2.5	3.7±0.5	5.7±0.8	0.2±0.1	0.5±0.4
1 dia depois	16.4±3.9	17.6±2.0	3.0±0.6	2.1±0.5	0.3±1.2	0.3±0.4
7 dias depois	15.9±1.4	19.7±4.3	3.3±0.4	4.7±1.0	0.3±0.5	0.5±0.6
30 dias depois	13.7±0.4	15.8±1.6	5.1±0.9	4.0±0.9	0.0±0.6	0.0±0.5
3 meses depois	18.6±3.5	21.8±6.9	5.1±2.2	4.1±0.5	0.0±0.5	0.1±0.3
6 meses depois	25.6±5.6	15.2±0.5	4.7±0.8	5.1±1.6	-	-
1 ano depois da	16.3±0.6	18.5±1.3	4.4±0.8	5.0±0.8	0.1±0.3	0.1±0.2

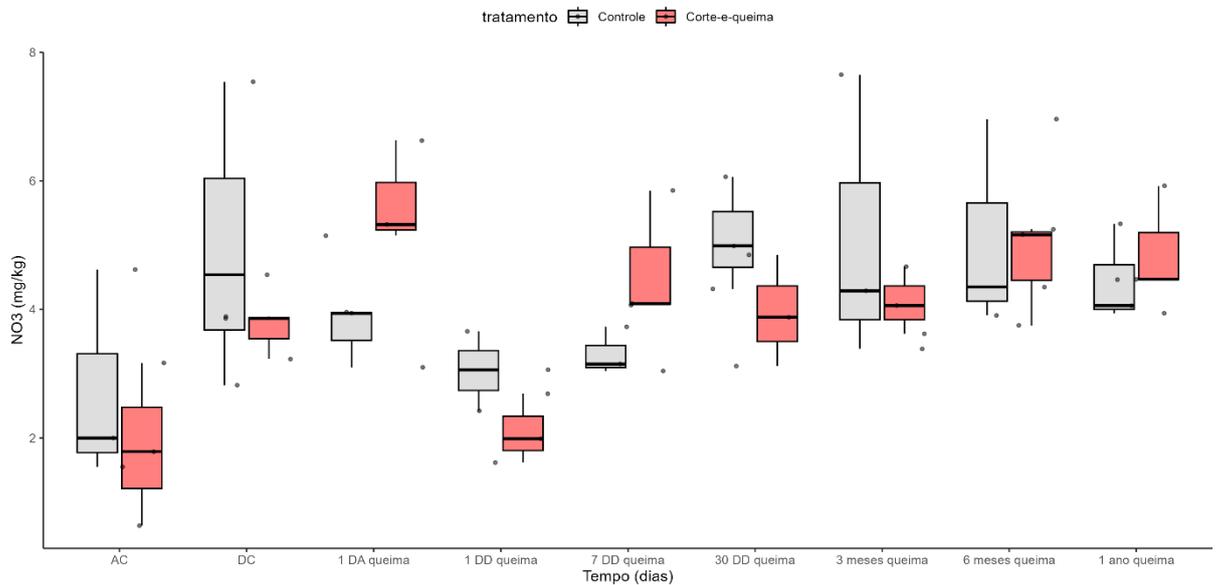
Fonte: A AUTORA (2023)

**Gráfico 1.** Variação temporal nas concentrações de  $\text{NH}_4$  no controle e corte-queima ao longo do tempo durante a conversão da floresta da Caatinga para a agricultura.



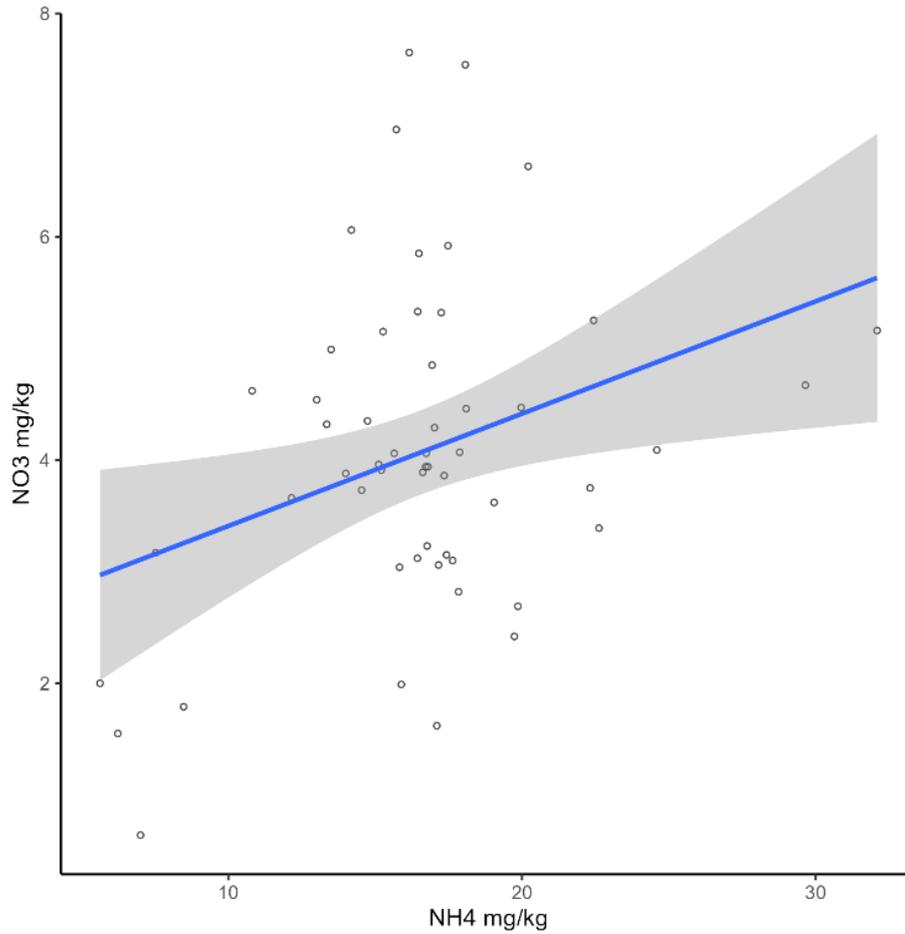
Fonte: A AUTORA (2023).

**Gráfico 2.** Variação temporal nas concentrações de  $\text{NO}_3$  no controle e corte-queima ao longo do tempo durante a conversão da floresta da Caatinga para a agricultura.



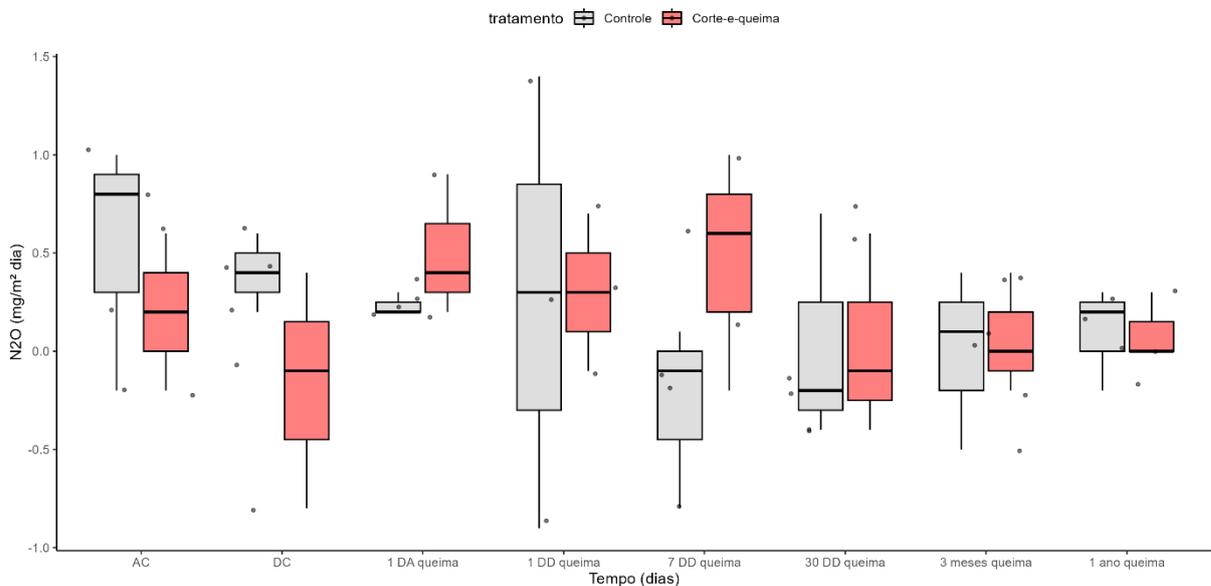
Fonte: A AUTORA (2023).

**Gráfico 3.** Relação significativa entre as concentrações de amônio e nitrato no solo



**Fonte:** A AUTORA (2023)

**Gráfico 4.** Variação temporal nas concentrações de  $N_2O$  no controle e corte-queima ao longo do tempo durante a conversão da floresta da Caatinga para a agricultura.



**Fonte:** A AUTORA (2023)

## **7. DISCUSSÃO**

### **7.1. CONCENTRAÇÕES DE AMÔNIO E NITRATO AO LONGO DA AGRICULTURA**

Os efeitos do uso do fogo na agricultura podem alterar as concentrações de amônio e nitrato no solo através de seus efeitos de curto e longo prazo nas características físicas e químicas do solo, tais como umidade do solo e atividade microbiana (LEDUC AND ROTHSTEIN, 2007). Uma das principais consequências do fogo está associada às mudanças nos ciclos biogeoquímicos (GINZBURG & STEINBERGER, 2012), uma vez que os nutrientes acumulados na biomassa e serapilheira podem ser depositados no solo como cinzas (GROGAN ET AL., 2000) levando a um aumento na fertilidade do solo a curto prazo, disponibilizando nutrientes liberados pela queima da matéria orgânica (NAVARRETE ET AL., 2015).

Dentro desse contexto, os presentes resultados indicam que as concentrações de amônio no solo foram semelhantes entre as áreas controle e corte e queima, indicando que as mudanças no uso do solo não foram suficientes para alterar significativamente as concentrações desse elemento no solo. No entanto, as mudanças semelhantes em ambas as áreas (controle e corte e queima) indicam que outras características ambientais podem ter maiores efeitos nas concentrações de amônio, como o corte da vegetação.

De fato, ocorreu uma tendência significativa de aumento na concentração do amônio nas parcelas de corte e queima. Entretanto, a mesma tendência também é observada no solo do tratamento controle, o que indica que outras variáveis tais como sazonalidade, umidade do solo, dentre outras propriedades físicas e químicas podem estar atuando no sentido de fomentar a ciclagem do N no solo. No entanto, maiores concentrações foram observadas como possíveis consequências da queima no decorrer da prática da agricultura, expressadas através de um aumento significativo do  $\text{NH}_4$  de 1 dia antes do corte para os períodos que sucedem a queima, e de 30 dias após a queima para 6 meses após a queima, o que comprova parcialmente a tese de que houve liberação de nutrientes proporcionada pelas cinzas que se decompõem, nas parcelas queimadas. (JORDAN et al, 1983).

Em relação às concentrações de nitrato no solo, os resultados mostram que o processo de agricultura de corte e queima tem efeitos nas concentrações desse elemento no solo, indicando que a queima pode levar a processos que aumentam as perdas desse elemento no solo a curto prazo. No entanto, mudanças em outras características no solo a longo prazo, podem levar a uma maior disponibilidade no nitrogênio na forma de nitrato.

O aumento ocorrido um dia antes da queima, e, portanto, após o corte, pode ser derivado da continuidade da presença dos microrganismos na ausência da competição pelas plantas, após a retirada da vegetação, e/ou ainda da ausência de lixiviação do  $\text{NO}_3$  pela chuva nas etapas iniciais da agricultura. (ELLINGSON et al, 2000). Já a diminuição das concentrações do nitrato um dia após a queima nas áreas de corte e queima podem estar associados ao fato de que íons nitrato são solúveis em água e podem ser facilmente removidos do solo por meio de lixiviação e escoamento superficial (WANG ET AL., 2019), enquanto o aumento que segue nas próximas fases pode ser um produto da liberação de nutrientes das cinzas. (ELLINGSON et al, 2000).

Além disso, os valores do nitrato são representativamente menores do que as concentrações de amônio nos dois tratamentos. Possivelmente, aumentos na produção de  $\text{NO}_3^-$  podem ser rapidamente absorvidos pelas plantas e microrganismos, gerando a diminuição de N no ecossistema (DAVIDSON et al., 1992). Ainda, devido à baixa capacidade de reter nutrientes do solo arenoso, possivelmente muito do N mineralizado em  $\text{NO}_3^-$  pode ter sido perdido por lixiviação (MAPANDA et al, 2010).

Por fim, é válido ressaltar que as concentrações de nitrato aumentaram conforme aumentava-se a concentração do amônio, o que foi demonstrado por regressão linear, demonstrando-se que a ciclagem de Nitrogênio estaria ocorrendo normalmente, uma vez que a nitrificação é a etapa que segue a amonificação (STEIN, L. Y.; KLOTZ, M. G, 2016).

## 7.2. TAXAS DE EMISSÃO DO N<sub>2</sub>O

Foi observado que a agricultura de corte e queima não levou a mudanças nas emissões de N<sub>2</sub>O ao longo do tempo. Uma alta disponibilidade de N pode levar numa maior emissão de N<sub>2</sub>O nas fases iniciais pós agricultura (WANG, S. et al, 2021). Logo, é possível que a emissão desse gás não tenha sido afetada devido à ausência de grandes variações na ciclagem do Nitrogênio ao longo das etapas da prática agrícola analisadas.

Além disso, devido à baixa capacidade de reter nutrientes do solo arenoso, possivelmente muito do N mineralizado pode ter sido perdido por lixiviação, resultando numa emissão de N<sub>2</sub>O relativamente baixa (MAPANDA et al, 2010). SIMEK et al. (2002) observou que o pH ótimo para os desnitrificadores se aproxima ao pH natural do solo. Além disso, as mudanças nas emissões de N<sub>2</sub>O do solo dependem dos processos de nitrificação e desnitrificação. A nitrificação envolve a conversão de amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) em nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), enquanto a desnitrificação converte nitrato em N<sub>2</sub>O. Esses processos são influenciados por vários atributos do solo, como umidade e pH do solo. Nossos resultados mostraram que o pH do solo não apresentou variação ao longo do tempo, indicando que juntamente com outros atributos do solo pode parcialmente explicar a ausência da variação da emissão de N<sub>2</sub>O (SIMEK et al., 2002).

## 8. CONCLUSÕES

Conclui-se que a agricultura de corte e queima praticada na Caatinga pode afetar de formas diferentes as transformações do nitrogênio no solo, possivelmente associados a outras mudanças nas propriedades físicas e químicas. Além disso, embora esta prática agrícola seja um meio subsistência das comunidades locais, também apresenta riscos para a saúde e fertilidade do solo bem como a sustentabilidade a longo prazo desse ecossistema. Sugerimos que outros estudos investigando como outros nutrientes no solo e como características físicas, químicas e biológicas são necessários para melhor compreensão dessas transformações no solo, uma vez que a dinâmica de mineralização de nitrogênio em nitrato e amônio no solo, além da desnitrificação com a emissão de  $N_2O$ , são fenômenos multifacetados, onde a intensidade do fogo, a composição da vegetação, os tipos funcionais de plantas, a lixiviação pela chuva, erosão do solo e os padrões espaço-temporais também interferem. Por fim, práticas e estratégias sustentáveis de gestão da terra que considerem tanto as necessidades humanas como a conservação dos ecossistemas são essenciais para mitigar os impactos ecológicos negativos da agricultura de corte e queima nesta região.

**APÊNDICE A – Variações significativas da concentração do amônio ao longo do tempo**

Tempo 1	Tempo 2	p-value
1 dia antes do corte	1 dia depois do corte	0.0002437
1 dia antes do corte	1 dia antes da queima	0.0001134
1 dia antes do corte	1 dia depois da queima	0.0001272
1 dia antes do corte	7 dias depois da queima	0.0000308
1 dia antes do corte	30 dias depois da queima	0.0057409
1 dia antes do corte	3 meses após a queima	0.0000005
1 dia antes do corte	6 meses após a queima	0.0000003
1 dia antes do corte	1 ano após a queima	0.0000622

**Fonte:** A AUTORA (2023)

**APÊNDICE B – Variações significativas da concentração do nitrato ao longo do tempo e do tratamento**

Tratamento	Tempo 1	Tempo 2	p-value
Controle	Antes do corte	1 dia antes da queima	0.0599154
Controle	Antes do corte	3 meses após a queima	0.0065259
Corte e queima	Antes do corte	1 dia depois do corte	0.0455478
Corte e queima	Antes do corte	1 dia antes da queima	0.0229143
Corte e queima	Antes do corte	1 dia após a queima	0.0219315
Corte e queima	Antes do corte	7 dias após a queima	0.0021994
Corte e queima	Antes do corte	3 meses após queima	0.0001624
Corte e queima	Antes do corte	6 meses após queima	0.0000015
Corte e queima	Antes do corte	3 meses após queima	0.0081739
Corte e queima	30 dias após	6 meses após a queima	0.0249809

**Fonte:** A AUTORA (2023)

**APÊNDICE C – Variações significativas da concentração do nitrato ao longo do tempo e do tratamento**

Tratamento	Tempo 1	Tempo 2	P-value
Corte e queima	1 dia antes da queima	1 dia depois da queima	0.0466861
Corte e queima	1 dia depois do corte	1 dia antes da queima	0.0252947

**Fonte:** A AUTORA (2023)

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, ULYSSES PAULINO DE ; MELO, FELIPE P. L. **Socioecologia da Caatinga**. CIÊNCIA E CULTURA , v. 70, p. 40-44, 2018.

AL-GHUSSAIN, L. **Global warming: Review on Driving Forces and Mitigation**. Environmental Progress & Sustainable Energy, v. 38, n. 1, p. 1–9, 5 out. 2018.

ARANIBAR, J. N. et al. **Nitrogen cycling in the soil-plant system along a precipitation gradient in the Kalahari sands**. Global Change Biology, v. 10, n. 3, p. 359–373, 10 dez. 2003.

ARNAN, X., LEAL. et al (2018). **A framework for deriving measures of chronic anthropogenic disturbance: surrogate, direct, single and multi-metric indices in Brazilian Caatinga**. Ecological Indicators, 94, 274-282.

SARAH MARIA ATHIÊ-SOUZA et al. **Nomenclatural update of Dalechampia sect. Dioscoreifoliae (Euphorbiaceae)**. Kew Bulletin, 1 set. 2019.

BARATI, A. A. et al. **Interactions of land-use cover and climate change at global level: How to mitigate the environmental risks and warming effects**. Ecological Indicators, v. 146, p. 109829, 1 fev. 2023.

BARROS, M. F. et al. **Resprouting drives successional pathways and the resilience of Caatinga dry forest in human-modified landscapes**. Forest Ecology and Management, v. 482, p. 118881, 15 fev. 2021.

BEZERRA, J. S. et al. **Negative impact of slash-and-burn agriculture on the seed rain in a tropical dry forest**. Forest Ecology and Management, v. 531, p. 120821, mar. 2023.

BEZERRA, J. S. et al. **Drastic impoverishment of the soil seed bank in a tropical dry forest exposed to slash-and-burn agriculture**. Forest Ecology and Management, v. 513, p. 120185, jun. 2022.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio De Janeiro: F. Bastos, 1989.

- CHAPUIS-LARDY, L. et al. **Soils, a sink for N<sub>2</sub>O? A review.** *Global Change Biology*, v. 13, n. 1, p. 1–17, jan. 2007.
- DA SILVA, J. V. C. DE L. et al. **Effect of land use and seasonality on nematode faunal structure and ecosystem functions in the Caatinga dry forest.** *European Journal of Soil Biology*, v. 103, p. 103296, 1 mar. 2021.
- DAVIDSON, E. A. et al. **Recuperation of nitrogen cycling in Amazonian forests following agricultural abandonment.** *Nature*, v. 447, n. 7147, p. 995–998, jun. 2007.
- DELWICHE, C. C. **The nitrogen cycle.** *Scientific American*, v. 223, n. 3, p. 136–147, 1970.
- ELLINGSON, L. J. et al. **Soil N dynamics associated with deforestation, biomass burning, and pasture conversion in a Mexican tropical dry forest.** *Forest Ecology and Management*, v. 137, n. 1-3, p. 41–51, out. 2000.
- FUJISAKA, S.; HURTADO, L.; URIBE, R. **A working classification of slash-and-burn agricultural systems.** *Agroforestry Systems*, v. 34, n. 2, p. 151–169, maio 1996
- GEISE, L. et al. **Non-volant mammals, Parque Nacional do Catimbau, Vale do Catimbau, Buíque, state of Pernambuco, Brazil, with karyologic data.** *Journal of species lists*, v. 6, 2010
- GINZBURG, O., & STEINBERGER, Y. (2012). **Effects of forest wildfire on soil microbial-community activity and chemical components on a temporal-seasonal scale.** *Plant and Soil*, 360(1–2), 243–257.
- GROGAN, P., BRUNS, T. D., & CHAPIN III, F. S. (2000). **Fire effects on ecosystem nitrogen cycling in a Californian bishop pine forest.** *Oecologia*, 122(4), 537–544.
- HÖRTENSTEINER, S.; FELLER, U. **Nitrogen metabolism and remobilization during senescence.** *Journal of Experimental Botany*, v. 53, n. 370, p. 927–937, 15 abr. 2002
- ISHIZUKA, S.; TSURUTA, H.; MURDIYARSO, D. **An intensive field study on CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O emissions from soils at four land-use types in Sumatra, Indonesia.** *Global Biogeochemical Cycles*, v. 16, n. 3, p. 22–122–11, set. 2002.
- JANSSENS-MAENHOUT, G. et al. EDGAR v4.3.2 **Global Atlas of the three major greenhouse gas emissions for the period 1970–2012.** *Earth System Science Data*, v. 11, n. 3, p. 959–1002, 8 jul. 2019.
- JARAMILLO, V. J. et al. **Biomass, Carbon, and Nitrogen Pools in Mexican Tropical Dry Forest Landscapes.** *Ecosystems*, v. 6, n. 7, p. 609–629, 1 nov. 2003.

JUO, A. S. R.; MANU, A. **Chemical dynamics in slash-and-burn agriculture.** *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 58, n. 1, p. 49–60, jun. 1996.

JORDAN, C. et al. **Nitrogen Dynamics during Conversion of Primary Amazonian Rain Forest to Slash and Burn Agriculture.** *Oikos*, v. 40, n. 1, p. 131, jan. 1983.

LEDUC, STEPHEN D., AND DAVID E. ROTHSTEIN. **"Initial recovery of soil carbon and nitrogen pools and dynamics following disturbance in jack pine forests: a comparison of wildfire and clearcut harvesting."** *Soil Biology and Biochemistry* 39.11 (2007): 2865-2876.

MAPANDA, F. et al. **A cross-ecosystem assessment of the effects of land cover and land use on soil emission of selected greenhouse gases and related soil properties in Zimbabwe.** *European Journal of Soil Science*, v. 61, n. 5, p. 721–733, 29 jul. 2010.

NAVARRETE, A. A. et al. **Soil microbiome responses to the short-term effects of Amazonian deforestation.** *Molecular Ecology*, v. 24, n. 10, p. 2433–2448, 21 abr. 2015.

OLIVER, Tom H.; MORECROFT, Mike D. **Interactions between climate change and land use change on biodiversity: attribution problems, risks, and opportunities.** *Advanced Review*. 2014. Available at:

<<https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/wcc.324>>. Acesso em: 31 Maio 2023.

PULLEMAN M, et al.: **Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services—an overview of European approaches,** *Curr Opin Environ Sustain* (2012), <http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2012.10.009>

PERCY, S. et al, **Opportunities and Challenges for Business and Industry Ecosystems and human well-being.** Disponível

em:<[https://www.unioviado.es/ranadon/Ricardo\\_Anadon/docencia/DoctoradoEconomia/Millemium%20Eco%20Assesment%2005%20Oppor%20Business%20Industry.pdf](https://www.unioviado.es/ranadon/Ricardo_Anadon/docencia/DoctoradoEconomia/Millemium%20Eco%20Assesment%2005%20Oppor%20Business%20Industry.pdf)>

PORTILLO-QUINTERO, C.; SMITH, V. **Emerging trends of tropical dry forests loss in North & Central America during 2001–2013: The role of contextual and underlying drivers.** *Applied Geography*, v. 94, p. 58–70, maio 2018

RITO, K. F. et al. **Precipitation mediates the effect of human disturbance on the Brazilian Caatinga vegetation.** v. 105, n. 3, p. 828–838, 5 jan. 2017.

SCHAFFER, J. L.; MACK, M. C. **Short-term effects of fire on soil and plant nutrients in palmetto flatwoods.** *Plant and Soil*, v. 334, n. 1-2, p. 433–447, 7 maio 2010.

SAMPAIO, E.V.S.B. (1995) **Overview of the Brazilian Caatinga.** In: **Bullock, S.H., Mooney, H.A and Medina, E., Eds., Seasonally Dry Tropical Forests**, University Press, Cambridge, 35-63.

STEIN, L. Y.; KLOTZ, M. G. **The nitrogen cycle.** *Current Biology*, v. 26, n. 3, p. R94–R98, fev. 2016.

SILVA, J. M. C. D.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (EDS.). **Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America.** Softcover Reprint of the Original 1st 2017 ed. edição ed. [s.l.] Springer, 2019.

SILVA, J. M. C. DA; BARBOSA, L. C. F. **Impact of Human Activities on the Caatinga.** *Caatinga*, p. 359–368, 2017.

ŠIMEK, M.; JÍŠOVÁL.; HOPKINS, D. W. **What is the so-called optimum pH for denitrification in soil?** *Soil Biology and Biochemistry*, v. 34, n. 9, p. 1227–1234, set. 2002.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia vegetal.** [s.l.] Porto Alegre Artmed, 2009.

TOKY, O. P.; RAMAKRISHNAN, P. S. **Secondary Succession Following Slash and Burn Agriculture in North- Eastern India: II. Nutrient Cycling.** *The Journal of Ecology*, v. 71, n. 3, p. 747, nov. 1983

VIEIRA, R. M. S. P. et al. **Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast.** *Solid Earth*, v. 6, n. 1, p. 347–360, 18 mar. 2015.

WANG, S. et al. **Acceleration of soil N<sub>2</sub>O flux and nitrogen transformation during tropical secondary forest succession after slash-and-burn agriculture.** *Soil and Tillage Research*, v. 208, p. 104868, 1 abr. 2021.

WANG, G. et al. **Slash-and-burn in karst regions lowers soil gross nitrogen (N) transformation rates and N-turnover.** *Geoderma*, v. 425, p. 116084, 1 nov. 2022.