

INSTITUTO FEDERAL
GOIANO
Câmpus Rio Verde

ENGENHARIA AMBIENTAL

AVALIAÇÃO DA SENSIBILIDADE AO CÁDMIO POR *Parmotrema tinctorum* E *Usnea barbata*, DOIS LIQUENS COMUMENTE ENCONTRADOS NO BIOMA CERRADO

BÁRBARA GONÇALVES CRUVINEL

Rio Verde, GO

2022

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE
ENGENHARIA AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO DA SENSIBILIDADE AO CÁDMIO POR *Parmotrema
tinctorum* E *Usnea barbata*, DOIS LIQUENS COMUMENTE
ENCONTRADOS NO BIOMA CERRADO**

BÁRBARA GONÇALVES CRUVINEL

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dra. Luciana Cristina Vitorino

Rio Verde - GO

Abril, 2022

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Bárbara Gonçalves Cruvinel

Matrícula: 2016102200740470

Título do Trabalho: AVALIAÇÃO DA SENSIBILIDADE AO CÁDMIO POR *Parmotrema tinctorum* E *Usnea barbata*, DOIS LIQUENS COMUMENTE ENCONTRADOS NO BIOMA CERRADO

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: __/__/__

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 30/06/2022.



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

C957a Cruvinel, Bárbara Gonçalves
AVALIAÇÃO DA SENSIBILIDADE AO CÁDMIO POR
PARMOTREMA TINCTORUM E USNEA BARBATA, DOIS LIQUENS
COMUMENTE ENCONTRADOS NO BIOMA CERRADO / Bárbara
Gonçalves Cruvinel; orientadora Luciana Cristina
Vitorino. -- Rio Verde, 2022.
38 p.

TCC (Graduação em Engenharia Ambiental) --
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1. Liquens. 2. Poluição Agrícola. 3. Cádmio. I.
Vitorino, Luciana Cristina, orient. II. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 nº2376



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 21/2022 - GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) oito dia(s) do mês de abril de 2022, às 09 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Luciana Cristina Vitorino (orientador), Kelly Maria Zanuzzi Palharini (membro) e Alex Marcelino Dos Santos (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado “Avaliação da sensibilidade ao cádmio por *Parmotrema tinctorum* E *Usnea barbata*, dois líquens comumente encontrados no bioma Cerrado” do(a) estudante Bárbara Gonçalves Cruvinel, Matrícula nº 2016102200740470 do Curso de Engenharia Ambiental do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao(a) estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do(a) candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do(a) estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Luciana Cristina Vitorino

Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Kelly Maria Zanuzzi Palharini

Membro

(Assinado Eletronicamente)

(Nome do membro)

Membro

Observação:

Por Kelly Maria Zanuzzi Palharini tratar-se de membro externo ao IFGoiano, a orientadora assina também por ela.

Documento assinado eletronicamente por:

- Alex Marcelino dos Santos, 2019202310840013 - Discente, em 08/04/2022 13:57:13.
- Luciana Cristina Vitorino, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 08/04/2022 13:34:29.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 08/04/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 376813
Código de Autenticação: f1dcec2326



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a todos que apoiou toda minha trajetória até aqui. Agradeço imensamente a minha família, a minha mãe Herlany e meu pai Ronan, as minhas irmãs Camila e Nathalia por estar ao meu lado, a minha tia Herlania que sempre acreditou em meu potencial, me motivando a seguir meu caminho e me ensinou a ser quem a pessoa que sou hoje, agradecem também as minhas avós Maria Divina e Ivone, por me mostrar como é ser um exemplo de mulher.

Agradeço aos meus amigos que conheci durante o curso, Luclecio, Izadora e Danrley que foram a minha base em dias de dificuldades, que me apoiaram sempre que precisei que ficaram horas e horas ao meu lado estudando para que esse sonho que compartilhávamos se tornassem uma realidade. Agradeço também as minhas outras amizades, Débora, Gabrielle, Juliana, Fellipe e Silas que se mantiveram ao meu lado em todos os momentos sendo eles bons ou ruins.

Agradeço as professoras orientadoras Luciana Cristina Vitorino e Layara Bessa, pela grande oportunidade de fazer parte de um dos maiores grupo de pesquisa do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde esses anos trabalhando com vocês foram de grande aprendizado e evolução pessoal, ser IC me ajudou a ser uma pessoa totalmente diferente, me ajudou a amadurecer tanto mentalmente quanto pessoalmente, me trouxe tanto conhecimento e aprendizagem. Quero agradecer aos meus amigos do Laboratório, vocês tornaram esse trabalho mais fácil e mais gratificante, agradeço em especial ao Fellipe Oliveira, meu grande parceiro de pesquisa e um amigo muito querido e ao Alex que compartilhou essa última etapa ao meu lado.

E por fim quero agradecer a Deus, por ter planejado tudo tão certo em minha vida, que não deixou que as dificuldades abalassem o meu caminho, que sempre esteve me abençoando.

É com um grande carinho que eu deixo a todos vocês citados a cima o meu muito obrigada, vocês são pessoas especiais em minha história.

RESUMO

CRUVINEL, Bárbara Gonçalves. **Avaliação Da Sensibilidade Ao Cádmiio por *Parmotrema tinctorum* e *Usnea barbata*, Dois Líquens Comumente Encontrados No Bioma Cerrado**. 2022. 28 p Monografia (Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2022.

Líquens são muito sensíveis a alterações ambientais e devido as suas características morfológicas são considerados excelentes bioindicadores de poluição ambiental industrial e urbana, contudo, poucos trabalhos têm associado os líquens a biomonitoramento de poluentes agrícolas, como metais pesados utilizados na elaboração de fertilizantes e controladores de pragas. Este trabalho se propõe a avaliar alterações fisiológicas e a citotoxicidade de diferentes concentrações do metal pesado cádmio a duas espécies de líquens comumente encontrados em fragmentos de Cerrado, as espécies *Parmotrema tinctorum* e *Usnea barbata*. Nosso propósito foi identificar a espécie mais sensível, de forma a gerar uma perspectiva para sua utilização no biomonitoramento da dispersão de poluentes agrícolas.

Palavras-chaves: Poluição agrícola, bioindicadores, líquens, cádmio.

ABSTRACT

Lichens are very sensitive to environmental changes and due to their morphological characteristics are considered excellent bioindicators of industrial and urban environmental pollution. However, few studies have associated lichens to biomonitoring of agricultural pollutants, such as heavy metals used in the preparation of fertilizers and pest control. This work aims to evaluate physiological changes and the cytotoxicity of different concentrations of the heavy metal cadmium to two species of lichens commonly found in Cerrado fragments, the species *Parmotrema tinctorum* and *Usnea barbata*. Our purpose was to identify the most sensitive species, in order to generate a perspective for its use in biomonitoring the dispersion of agricultural pollutants.

Keywords: Agriculturalpollution, bioindicators, liquens, cadmium.

LISTA DE ABREVIACOES E SMBOLOS

Cd	Cádmio
As	Arsnio
Pb	Chumbo
Hg	Mercrio
Cr	Cromo
H ₂ O ₂	Perxido de Hidrognio
Br	Bromo
C	Carbono
Cl	Cloro
S	Enxofre
P	Fsforo
H	Hidrognio
N	Nitrognio
O	Oxignio
mL	Mililitros
DMSO	dimetilsulfxido
PVP	Polivinilpolipirrolidona
NM	Nanmetro
Chla	Clorofila a
Chlb	Clorofila b
TChl	Clorofila total
<i>P. tinctorum</i>	<i>Parmotrem tinctorum</i>
<i>U. barbata</i>	<i>Usnea barbata</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	2
2	OBETIVOS	4
	2.1. Objetivo Geral	4
	2.2. Objetivos Específicos	4
3	REVISÃO DE LITERATURA	4
	3.1. Bioma Cerrado.....	4
	3.2. Agroquímicos	5
	3.3. Poluição Ambiental.....	7
	3.4. Líquens.....	9
4	MATERIAIS E MÉTODOS	11
5	RESULTADO E DISCUSSÕES	15
6	CONCLUSÃO	21
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

1 INTRODUÇÃO

O bioma cerrado é conhecido por conter 5% da biodiversidade do planeta. O cerrado é responsável pela manutenção das nascentes que formam os rios das principais bacias do Brasil, isso ocorre através da captação da água da chuva por meio dos lençóis freáticos. O Cerrado possui uma área de 2.036.448 Km², cerca de 20% do território nacional, ele é considerado o segundo maior bioma da América do Sul. Com o grande aumento da exploração agropecuária, o bioma cerrado vem sofrendo bastante consequências, sendo que 80% da sua área já foram alteradas, restando 20% da vegetação nativa. De acordo com todos esses dados é possível dizer que a devastação do cerrado afeta diretamente nas existências de nascentes, veredas e reduziria as águas de todas as bacias. A devastação do cerrado prejudicaria também na sobrevivência das espécies biológicas e da população humana que a fonte principal da vida é a água. Sendo assim tornou-se cada vez mais necessário o desenvolvimento sustentável e ações que busquem um controle e identificação de possíveis poluentes, crimes ambientais, desmatamentos, entre outros (Freire, 2016).

A grande exploração agropecuária tem causado vários tipos de poluição ambiental, sendo elas, poluição do solo, do ar e das águas. Isso tem ocorrido devido aos usos excessivos de agroquímicos, utilizados para combater pragas e aumentar a produtividade agrícola. Os fertilizantes e agrotóxicos, bem como seus derivados podem se dispersar para áreas urbanas e fragmentos florestais impactando as comunidades biológicas.

Sabemos que a atividade agrícola intensiva é consumidora de grande quantidade de químicos, incluindo fertilizantes, fungicidas, herbicidas, inseticidas, nematicidas e estimulantes do crescimento e desenvolvimento vegetal. Muitos destes produtos, como os fertilizantes, fungicidas e herbicidas podem afetar diretamente fragmentos do cerrado próximos as plantações. Diversos tipos de fertilizantes, por exemplo, além dos elementos essenciais e desejáveis, levam metais pesados como arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), mercúrio (Hg) e cromo (Cr) na sua formulação (Nava et al., 2011; Gonçalves Junior & Pessoa, 2002). As maiorias desses metais pesados podem causar uma fitotoxicidade em plantas e pode ficar retido no solo.

O metal pesado cádmio é um metal nocivo aos ecossistemas (Faroon et al., 2013). Mesmo quando encontrado em baixa concentração é considerado fitotóxico para a maioria das espécies vegetais. A exposição de plantas a Cd resulta em rápido declínio da capacidade de absorção e acúmulo deste elemento pelas raízes, principalmente em função da redução generalizada do metabolismo (Oliveira et al., 2001).

Plantas cultivadas com altas concentrações de metais pesados tóxicos podem oferecer risco de contaminação a toda cadeia produtiva, pois acumulam esses elementos em seus tecidos, sendo assim, são consideradas como biocumuladoras, podendo a partir disso atingir varios níveis tróficos prejudicando o equilíbrio da cadeia. Assim, faz-se urgente o desenvolvimento de estratégias de biomonitoramento da utilização e também da dispersão de metais pesados advindos da atividade agrícola, para a atmosfera para que seja possível o controle e remediação dessa poluição causada pelos metais pesados presentes nas composições desses produtos agroquímicos aplicados nas áreas de plantações.

A fim de procurar metodologias que possam indicar os níveis de poluição atmosférica nós encontrados em diversos estudos relacionados à poluição do ar causados pela atividade industrial métodos como, por exemplo, a coleta de aerossóis e partículas em filtros de ar. Entretanto, esta metodologia muitas vezes apresenta dificuldades devido ao custo elevado de aquisição dos equipamentos coletores de ar, custos de manutenção e de coleta e também devido ao grande número de pontos de amostragens necessários para o monitoramento (Saiki et al., 1997). Sendo assim não é uma metodologia muito viável de se usar a fim de indicar poluições atmosféricas advindas de aplicações de agrotóxicos em plantações agrícolas, e também por conta das amostragens de poluentes emanados a partir de áreas de atividade agrícola intensiva ainda é incipiente.

Para controlar problemas de amostragem e custos com amostradores, os líquens têm sido considerados como os mais eficientes biomonitores em estudos de poluição do ar. A utilização de líquens no biomonitoramento de níveis de poluentes atmosféricos é hoje considerada uma ferramenta bastante adequada quando comparada aos métodos convencionais de medidas diretas de contaminantes do ar (Smodis et al., 2007).

O líquen é por definição uma associação simbiótica entre um fungo e um microrganismo fotossintetizante (Nash III, 2008). Os dois organismos vivem em uma relação simbiótica do tipo mutualística, em que ambos são beneficiados (Raven et al., 2007). As algas realizam síntese de matéria orgânica através da fotossíntese, produzindo carboidratos para suprir as necessidades dos fungos em relação à respiração e crescimento. Os fungos por sua vez, oferecem proteção às algas contra dessecação e altas intensidades luminosas (Honda & Vilegas, 1999). Eles são considerados ótimos bioindicadores de poluição atmosférica devida sua estrutura ser simples, os líquens não possuem estomas e nem cutículas o que possibilita gases e aerossóis serem absorvidos rapidamente e facilmente.

Apesar de os líquens serem comumente utilizados para avaliar a presença de poluentes industriais e urbanos na atmosfera, pouco se sabe sobre a sua capacidade de bioindicarem a presença de poluentes agrícolas e derivados no ar. Portanto, este estudo, visa avaliar o potencial bioindicador de duas espécies de líquens amplamente distribuídas pelo bioma Cerrado, com o objetivo de desenvolver uma metodologia alternativa de avaliação de poluição atmosférica a metais pesados que podem ser altamente danosos a biodiversidade vegetal.

2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a sensibilidade de duas espécies liquênicas comumente encontradas no Cerrado à ação do metal pesado cádmio, visando o conhecimento de espécies estratégicas que bioindiquem a dispersão deste poluente agrícola para fragmentos vegetacionais deste bioma.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar os efeitos do cádmio sobre aspectos fisiológicos de duas espécies de líquens comumente encontradas no Cerrado (*Parmotrema tinctorum* e *Usnea barbata*);
- Avaliar os efeitos citotóxicos do cádmio sobre duas espécies de líquens comumente encontradas no Cerrado (*Parmotrema tinctorum* e *Usnea barbata*);
- Indicar, entre duas espécies de líquens comumente encontradas no Cerrado (*Parmotrema tinctorum* e *Usnea barbata*), a mais eficiente para a detecção da presença deste metal pesado em fragmentos do Cerrado.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Bioma Cerrado

O Bioma Cerrado ocupa cerca de 23,98% do território brasileiro, ele está em contato com o bioma Amazônia, bioma Caatinga, bioma Pantanal, bioma Mata Atlântica, só não está em contato com o bioma Pampa. A fitofisionomia mais comum de encontrar no bioma Cerrado é as árvores e arbustos tortuosos, porte baixo e a casca grossa (com muita cortiça). O Cerrado é rico em biodiversidade, sendo registrada mais de 10 mil espécies de plantas, 159 espécies de mamíferos, 837 de aves, 180 de répteis, 150 de anfíbios, 1.200 de peixes e 67 mil espécies de invertebrados (Aquino et al, 2006).

A partir de 1930 deu-se início a criação extensiva de gado nas regiões do bioma cerrado, e no final de 1950 ocorreu à expansão agrícola do Cerrado, tudo isso levou a uma diminuição de sua mata nativa. Os principais a serem afetados com essa exploração drástica e rápida foi à fauna e flora, essa alteração de habitats causou a extinção de várias espécies. E outro fator que está diretamente ligado é o aumento populacional, que se fez necessário o aumento de produção de alimentos tanto vegetal, quanto animal. Para isso foi necessário a implantação de técnicas de produção, que muitas das vezes é considerada poluidora, a técnica adotada para melhoria da agricultura mais usada é a aplicação de defensivo agrícola que em sua composição está presente várias substâncias químicas como, por exemplo, os metais pesados elementos que em certa quantidade pode ser nocivo a saúde e ao meio ambiente (Sousa, 2013).

Com o risco de extinção do Cerrado, autoridades e pesquisadores têm tentado desenvolver formas de minimizar e salvar parte que ainda resta, o Ministério do Meio Ambiente tem desenvolvido vários tipos de instrumentos de políticas públicas a fim de promover a conservação e uso sustentável da biodiversidade brasileira e do Bioma Cerrado. Em destaque a título de preservação temos a criação do Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC), promulgado em 2000. O SNUC tem como objetivo definir categorias de acordo com o objetivo principal de manejo de cada unidade de conservação, uma UC é um espaço territorial, incluindo águas jurisdicionais, que tem como objetivo a conservação da natureza, essa unidade de conservação pode ser dividida em dois grupos: proteção integral e o grupo classificado como uso sustentável (De Souza Dias, 2008).

De acordo com a Lei nº 9.985 as unidades de uso sustentável têm em seu objetivo compatibilizar o uso sustentável dos recursos naturais com a conservação da natureza. Já as unidades de proteção integral podem ser de cinco tipos, sendo elas: Estações Ecológicas, Reservas Biológicas, Parques Nacionais, Monumentos Naturais e Refúgios da Vida Silvestre. Todas essas cinco seguem o mesmo critério de que nessas áreas a preservação e a proteção ambiental devem ser de formas integrais, ou seja, não é permitida a interferência humana, podendo ocorrer em alguns casos somente a visitação, mas seguindo os protocolos de preservação.

3.2. Agroquímicos

A formulação dos agrotóxicos sofreu muitas mudanças com o passar do tempo, no final do século XIX o ácido cianídrico era bastante utilizado nos Estados Unidos como

furmigante, sendo esse composto bastante tóxico. Atualmente os agrotóxicos estão sendo classificados em classes para saber o grau de periculosidade apresentados para os seres humanos e ao meio ambiente (Zappe, 2011).

O Brasil foi considerado em 2008 o país que mais utiliza agrotóxicos em suas plantações, chegando a aplicar cerca de mais de um bilhão de litros de agrotóxicos. Em um estudo apresentado por Chaim, 2003 mostra que de uma pulverização que é realizada em culturas rasteiras em seu estágio inicial no geral uma média de 37% dos agrotóxicos é retido na planta e 24,8% vão para o ar e áreas vizinhas e 38% vai para o solo, sendo perdida nesse processo uma média de 63% do produto aplicado (Da Mata, 2013).

Estudos mostram que os agroquímicos (agrotóxicos, fertilizantes e corretivos) são hoje em dia o método mais utilizado como defensivo agrícola. Existe, portanto, uma estreita relação entre a agricultura moderna intensiva e a utilização de agrotóxicos. A partir da década de 1960, tal modelo agrícola foi difundido para as regiões do Terceiro Mundo, num processo conhecido como Revolução Verde (Spadotto et al., 2004).

A formulação dos agrotóxicos sofreu muitas mudanças com o passar do tempo, no final do século XIX o ácido cianídrico era bastante utilizado nos Estados Unidos como fumigante, sendo esse composto bastante tóxico. Atualmente os agrotóxicos estão sendo classificados em classes para saber o grau de periculosidade apresentados para os seres humanos e ao meio ambiente (Zappe, 2011).

Na atualidade de todos os 115 elementos químicos conhecidos 11 deles são bastante utilizados na formulação dos agroquímicos, sendo eles: bromo (Br), carbono (C), cloro (Cl), enxofre (S), fósforo (P), hidrogênio (H), nitrogênio (N) e oxigênio (O). Os agrotóxicos são constituídos por princípio ativo, responsável pela atividade biológica desejada (Barbosa, 2004). Dentre todos esses elementos químicos que compõem as diversas formulas dos agroquímicos existem também outros componentes que fazem parte de sua composição, os metais pesados apesar de tóxico estão presentes em diversos tipos de fertilizantes, através disso ocorre à contaminação ambiental por meio desses metais, sendo eles: arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), mercúrio (Hg) e cromo (Cr) (Junior et al., 2000).

No trabalho de Gonçalves Junior, 2000 ele realizou algumas análises em cinco tipos de fertilizantes utilizados no Brasil, o Stimussed Plus, BR-12 Especial, FTE-Cerrado e Zincogran e Micronutri 121, ele identificou através dessas análises a presença de três metais pesados sendo eles o cádmio (Cd), chumbo (Pb) e cromo (Cr). As análises realizadas para determinar os metais nos fertilizantes, foi realizada através da digestão nitro-perclórica e os metais

determinados seguindo-se a técnicas de Espectrometria de Absorção Atômica, modalidade chama. Os resultados encontrados foram os seguintes:

Figura 1: Determinações de cádmio, chumbo e cromo nos fertilizantes.

Fertilizante	cádmio	chumbo	crômio
	(mg.kg ⁻¹)		
Stimussed Plus	4,0	1623	6500
BR-12 Especial	164	6132	104
FTE-Cerrado	323	1713	169
Zincogran	99	1464	1111
Micronutri 121	10,8	1960	292

(Fonte: Gonçalves Junior, 2000.)

Diversos estudos têm demonstrado que o Cd causa diminuição da Transpiração e da fotossíntese, aumento da taxa respiratória, clorose foliar, inibição do crescimento de raízes e da parte aérea e redução no acúmulo de matéria seca (Schutzendubel et al., 2001; Soltan & Rashed, 2003; Vecchia et al., 2005). O Cd interfere em muitas funções celulares, principalmente pela formação de complexos com grupos externos de compostos orgânicos, tais como proteínas, resultando na inibição de atividades essenciais (Metwally et al., 2003). Além disso, pode provocar alterações nos sistemas antioxidantes, estimulando o acúmulo de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e eventualmente morte celular (Schutzendubel et al., 2001).

Plantas cultivadas com altas concentrações de metais pesados tóxicos podem oferecer risco de contaminação a toda cadeia produtiva, pois acumulam esses elementos em seus tecidos, sendo assim consideradas como um reservatório desses elementos nocivos, ocasionando a contaminação de animais e seres humanos (Martins et al., 2003).

3.3. Poluição Ambiental

A Revolução Industrial deu-se início ao crescimento e desenvolvimento econômico através da exploração desordenada dos recursos naturais, promovendo então um colapso da natureza, acarretando uma série de poluição ambiental e degradação do meio ambiente. Foi observado que as mudanças climáticas ocorrem com mais frequência desde então causando diversas consequências ao planeta, e as áreas de preservação de recursos naturais que foram invadidas e destruídas, houve também uma baixa na qualidade do ar, solo e das águas. A

poluição atmosférica é o fator principal responsável pela mudança climática e do aumento dos problemas cardiovasculares na população. Ou seja essa poluição não causa apenas a degradação ambiental como também tem um evidente impacto na saúde e qualidade de vida de uma população (Roseiro, 2004).

O ambiente encontra-se poluído quando as concentrações de algum elemento estão em níveis que afetam os componentes bióticos do ecossistema, e a partir disso a funcionalidade e sustentabilidade ficam comprometidas. As plantações agrícolas para manter a grande produção fazem utilização de agrotóxicos a fim de evitar danos econômicos nas lavouras, é comum encontrar nesses produtos elementos como metais pesados, surfactantes, emulsificantes, entre outros que são considerados poluentes, que quando aplicados em grandes quantidades e com frequência ocasiona a poluição ambiental (Steffen, 2011).

Os agrotóxicos atingem a atmosfera com grande facilidade pois eles são elementos com alto potencial de volatilização, as propriedades físico-químicas encontradas nesses produtos agroquímicos podem variar assim como o princípio ativo. A toxicidade desses elementos está diretamente ligada ao funcionamento do ecossistema e preservação da saúde humana. A Fundação Nacional da Saúde criou então a Vigilância em Saúde Ambiental (VISA) que tem como objetivo criar ações para identificar alterações que causam mudanças no ambiente e risco para a saúde humana, e por fim cria possíveis medidas de prevenção e controle desses fatores que causam riscos ambientais (Souza et al., 2017).

A agropecuária produz uma contaminação química no meio ambiente por meio dos produtos agrícolas como os: fertilizantes, inseticidas e herbicidas. A contaminação ocorre no solo pois o agrotóxico é conduzido através das águas da chuva fazendo assim que uma parte penetre no solo, a contaminação da água ocorre devido à chegada dessas águas aos lençóis freáticos e contaminam o aquífero e outra parte é levada pela enxurrada até rios e lagos, a contaminação da atmosfera ocorre pela aspersão do produto no campo e muitas das vezes uma parte é levada pelo ar (Freitas, 2020).

Atualmente a contaminação do ar tem sido um tema bastante em alta no meio científico, tendo grande peso negativo na vida humana, ecossistemas e bens construídos, tendo grande caráter na implantação do desenvolvimento sustentável. Os poluentes ambientais tem sido classificados em duas categorias: os primários, quando emitidos diretamente pelas fontes; e os secundários, formados por reações químicas entre poluentes primários e outros constituintes da atmosfera (Braga et al., 2002; Brasil, 1990; Campos, 2002; Carneiro, 2004).

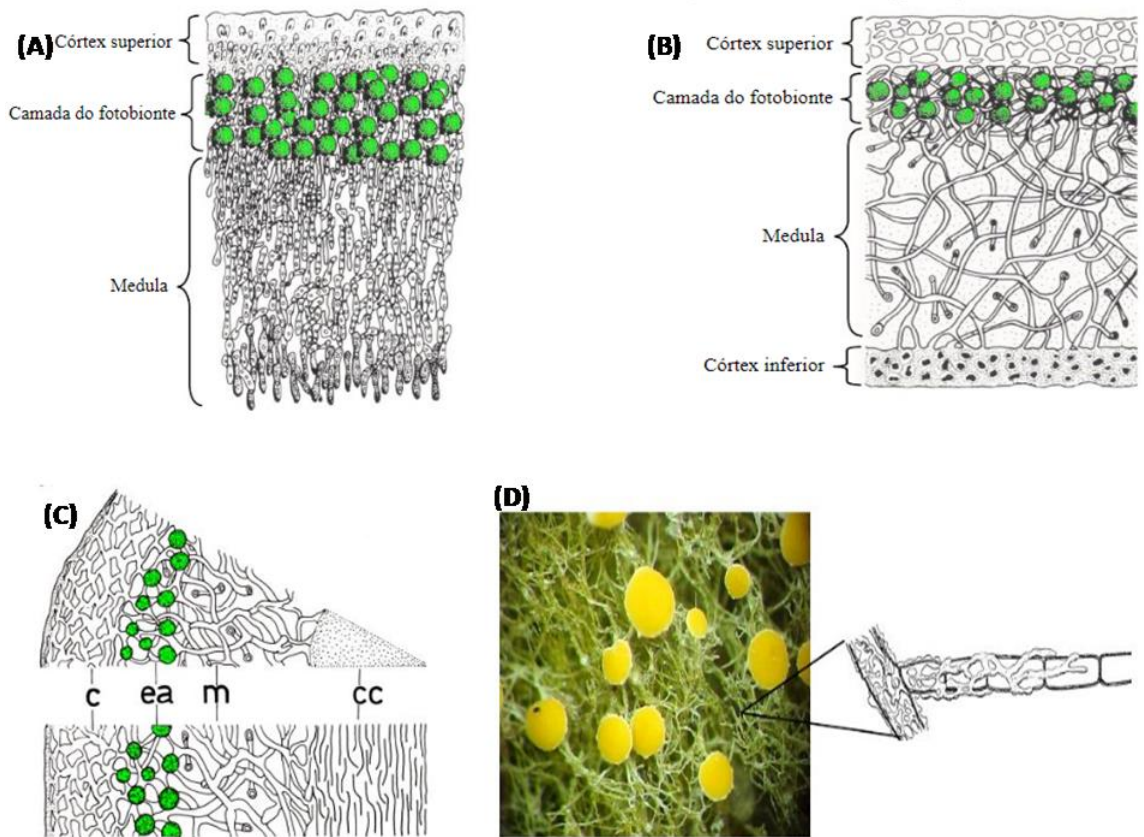
3.4. Líquens

O líquen é uma associação simbiótica entre um fungo e um microrganismo fotossintetizantes. A associação entre o micobionte (componente fúngico) e o fotobionte (componente fotossintético) resulta numa estrutura denominada talo, sendo esta estrutura de suma importância para a identificação dos líquens, visto que a morfologia e química do talo é um componente variante de cada espécie (Spielmann, 2006). De acordo com a sua morfologia os líquens podem ser classificados crostosos, foliosos ou fruticosos (Büdel & Scheidegger, 2008).

O talo é constituído basicamente de um córtex superior que reveste o talo externamente e é composto por várias camadas de células ou menos comumente por um arranjo de hifas; por uma camada de células do fotobionte que se encontra arranjada entre hifas; e pela medula constituída exclusivamente de uma camada de hifas entrelaçadas, e por um córtex inferior (Kaffer, 2011).

Os principais tipos de talos nos líquens são: talo filamentoso, talo crostoso, talo folioso, talo fruticoso e os talos esquamuloso e dimórfico. Nos líquens com talo filamentoso é encontrado um talo mais simples, formado por filamentos frouxos de algas verdes entrelaçados pelas hifas do fungo. Nos de talo crostoso apresentam estrutura dorsiventral, é bastante aderido ao substrato que forma uma “crosta”, esses líquens com esse tipo de talo não apresentam córtex inferior, são as hifas da medula que prendem o líquen, esses líquens tem uma característica semelhante a uma crosta por isso de ser chamados crostosos. Os talos foliosos possuem estrutura dorsiventral, porém diferentemente do talo crostoso fica menos aderido ao substrato e podem apresentar um córtex inferior, os líquens foliosos possuem semelhança a pequenas folhas. Os de talos fruticosos são formados por ramos, podem ser simples, divididos, cilíndricos ou achatados, possuem estrutura radial ou isolateral, prendem-se ao substrato por poucos pontos, os líquens fruticosos são semelhantes a um arbusto. Os talos esquamulosos são formados por pequenas escamas agregadas, os talos dimórficos são uma combinação crostoso-fruticoso ou escamoso-fruticoso (Spielmann, 2006).

Figura 2. Estruturas dos talos dos líquens, (A) Estruturas geral do líquen crostoso, (B) Estrutura geral de um líquen folioso, (C) Estrutura geral de um fruticoso, (D) Estrutura do líquen fiamentoso mostrando filamento de *Trebouxia* envolto por hifas do fungo *Coenogonium*.



(Fonte: Spielmann, 2006.)

Os líquens podem variar em formas ou tipos, como os líquens crostosos, folioso, fruticosos, esquamulosos e fiamentosos. São de um grupo bastante diversificado e exercem diferentes funções no ecossistema. Geralmente encontrado em ambientes luminosos (espécies heliófitas), mas também tem alguns que podem ser encontrados em lugares mais sombrios (espécies umbrófitas), ou seja podendo ser encontrados em diversos lugares com extremas umidades e temperaturas (Lemos et al., 2007).

Os líquens são amplamente distribuídos no ambiente terrestre, estando presentes até em ambientes mais inóspitos como desertos e pólos, como na Antártica (Garty, 1985). Há cerca de 13.500 espécies de líquens ocupando diversos habitats. Eles podem ocorrer nos mais variados substratos, tais como, troncos de árvores, rochas, muros e postes (Tortora et al., 2012).

As características morfológicas, anatômicas e fisiológicas dos líquens fazem com que eles sejam organismos sensíveis a qualquer alteração sofrida no ambiente, sendo comumente utilizados como bioindicadores de modificações ambientais, seja no clima ou na composição química da atmosfera (Matos et al., 2017).

Por serem muito sensíveis à poluição atmosférica os líquens são amplamente utilizados como indicadores ambientais (bioindicadores), ou seja, organismos que podem ser usados para a determinação de fatores ambientais gerados por humanos através de sintomas particulares ou respostas, geralmente de forma qualitativa (Costa & Mineo, 2013). Tal sensibilidade se deve a suas peculiaridades anatômicas. Líquens não apresentam estomas nem cutículas, sendo assim, gases e aerossóis podem ser absorvidos pelo talo e rapidamente se difundir no tecido onde o fotobionte está. A ausência destas estruturas também impossibilita a excreção de substâncias nocivas e a seleção das que serão absorvidas (Martins et al., 2008). Inibição do crescimento e desenvolvimento do talo, alterações nos processos metabólicos e mudanças na anatomia e morfologia são alguns dos efeitos que poluentes podem ocasionar em uma comunidade líquênica (Schlensog & Schroeter, 2001). A detecção e mensuração destes efeitos possibilitam a determinação de diferentes espécies de líquens para serem utilizadas na bioindicação de diferentes poluentes. Contudo apesar de os líquens serem comumente utilizados para avaliar a presença de poluentes industriais e urbanos na atmosfera, pouco se sabe sobre a sua capacidade de bioindicarem a presença de poluentes agrícolas e seus derivados no ar.

A utilização de líquens é uma metodologia rápida, eficaz, de baixo custo financeiro e fácil implementação, fornece informações adicionais a respeito dos efeitos sobre a biodiversidade e detecta as mudanças que ocorridas no meio ambiente (Klumpp et al., 2001). Fertilizantes e agrotóxicos, bem como seus derivados podem se dispersar para áreas urbanas e fragmentos florestais impactando as comunidades biológicas. Como algumas espécies de líquens são mais sensíveis a determinados poluentes, é preciso se conhecer espécies estratégicas, que possam ser utilizadas, sobretudo em áreas de intensa agricultura para bioindicar a emissão destes agroquímicos a partir das áreas de cultivo.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse trabalho foram utilizadas duas espécies de líquens amplamente distribuídas e comumente encontradas em áreas de Cerrado. A coleta de material foi feita no Parque Nacional das Emas, uma área de preservação permanente, do tipo Cerrado sensu stricto. Utilizamos uma espécie de líquens dentro de duas das classificações para talo: Folioso e Fruticoso. Como líquen folioso será utilizado a espécie *Parmotrema tinctorum* e para fruticoso *Usnea barbata*.

O experimento consistiu em expor os líquens a um modelo de estresse abiótico. Em laboratório, os líquens foram expostos ao cádmio através da metodologia de chuva simulada, que consistiu em borrifar nos líquens diferentes concentrações de cádmio usando um borrifador de água com cerca de 50ml da solução de 1000ml preparada das concentrações de cádmio, assim simulando a dispersão de partículas que acontece na natureza, às análises foram realizadas 24 horas após as exposições.

As concentrações testadas para o metal foi: 0, 10, 25, 50, 100, 250 e 500 μM , cada solução foi preparada uma em um volume total de 1000 mL. O metal foi fornecido na forma divalente (Cd^{2+}), como cloreto. O delineamento experimental consistiu em esquema fatorial duplo: 02 espécies de líquens, 07 concentrações do metal pesado. As análises foram conduzidas em triplicatas, somando 42 unidades experimentais.

Figura 3. Soluções de Cádmio nas concentrações: 0, 10, 25, 50, 100, 250 e 500 μM .



(Fonte: acervo pessoal da autora.)

Após a imersão os líquens foram mantidos em câmara climática a 22 °C, sob um fotoperíodo de 16 horas usando densidade de fluxo fotossintética de 30 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de luzes fluorescentes brancas frias. O metal foi fornecido na forma divalente (Cd^{2+}), como cloreto. Como caracteres fisiológicos foram analisados a concentração de pigmentos fotossintéticos e a fluorescência da clorofila e como critério de citotoxicidade foi avaliada a vitalidade do fotobionte. Todos os testes estatísticos para comparação de médias foram realizados em ambiente R version 3.6.1 (R Core Team, 2020).

Foi avaliada a concentração de pigmentos fotossintéticos (clorofila a, b e total) nos talos. Nos líquens a alta concentração de substâncias ácidas pode aumentar o índice de feofitização da clorofila. Para evitar este efeito, os talos foram previamente lavados em acetona 100% saturada com CaCO_3 .

A extração dos pigmentos cloroplastídicos do fotobionte foi feita em solução de DMSO contendo 2.5 mg/ml Polivinilpirrolidona (PVP). Posteriormente os talos (20 mg) foram inoculados em 5 ml da solução de extração. Os frascos foram selados, cobertos com papel alumínio e mantidos a 65°C , no escuro, por 40 min. O espectro de absorção foi medido em espectrofotômetro, para os comprimentos de onda 665 e 648 nm, a 435 e 415 nm para a integridade das clorofilas e a 480 nm para carotenoides (para carotenoides, absorbâncias mais altas que 0.8 a 665 nm foram diluídas em DMSO para que a absorbância se concentre entre 0.2-0.80). O branco foi calibrado contendo apenas a solução de extração. A turbidez foi verificada em 750 nm. Nos casos em que o valor foi superior a 0,01 DO, o extrato foi centrifugado (2000 g) por 90 segundos e o sobrenadante reavaliado. As concentrações de clorofila a (Chla), b (Chlb), total (TChl) e carotenoides foram estimados com base no trabalho de Wellburn (1997).

A fluorescência transiente OJIP da clorofila a foi determinada com o uso de fluorômetro portátil FluorPen FP 100 (Photon Systems Instruments; Drasov, Czech Republic). O produto da energia luminosa do centro de reação fotossistema II foram determinados com o método de saturação por pulso. Foram calculados os fluxos específicos de energia através do centro de reação e rendimentos energéticos, como transporte de elétrons por centro de reação (EToRC), fluxo específico de absorção de energia luminosa (ABS/RC), taxa de captura máxima do FSII (TRo/RC), fluxo específico de dissipação da energia ao nível das clorofilas da antena. Quanto mais alto o valor, maior o estresse. (DIo/RC), índice de desempenho fotossintético (PIABS), rendimento quântico máximo de fotoquímica primária (PHiPo), rendimento quântico (PSIo) e rendimento quântico do transporte de elétrons (PHIEo).

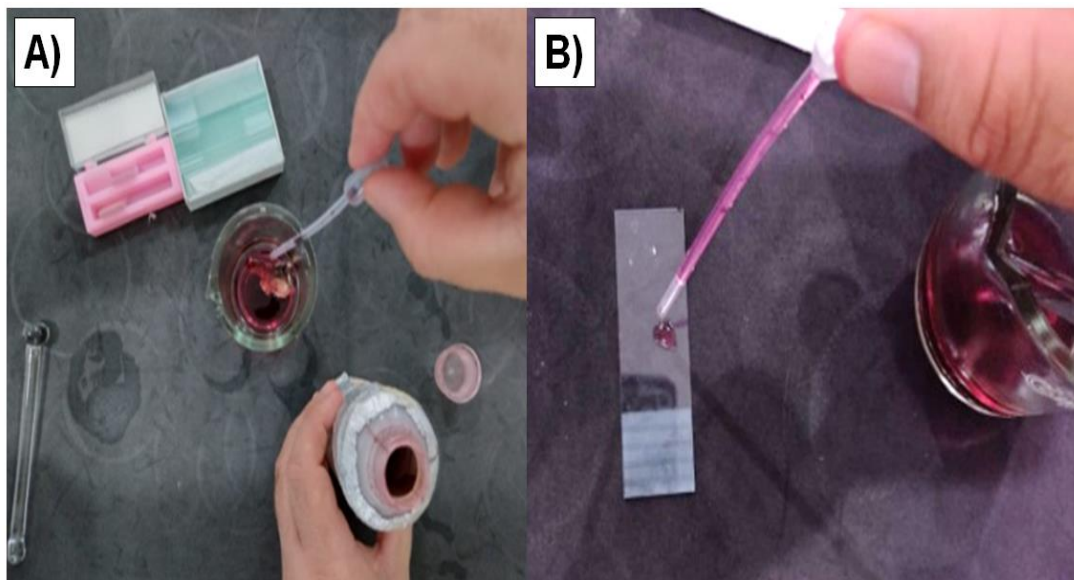
Figura 4. Medição da fluorescência transiente OJIP da clorofila (A), fluorômetro portátil FluorPen FP 100 (B).



(Fonte: acervo pessoal da autora.)

O teste de viabilidade celular foi realizado como o objetivo de avaliar o nível de citotoxicidade por meio de coloração das células fotossintéticas (fotobionte). Foi utilizado o ensaio de retenção do corante vermelho neutro, que avalia a viabilidade celular baseado na capacidade das células viáveis para incorporar e reter o corante vermelho neutro nos lisossomos. O corante atravessa as membranas celulares por difusão passiva, concentrando-se nos lisossomos. A absorbância obtida é diretamente proporcional à capacidade dos lisossomos para reter o corante vermelho neutro, assim como à capacidade das células manterem gradientes de pH. Foram contadas em microscópio o total de 100 células por amostra, para se obter o percentual de células vivas e mortas.

Figura 5. Coloração das células com corante vermelho neutro (A), laminação para contagem em microscópio (B).



(Fonte: acervo pessoal da autora.)

5 RESULTADO E DISCUSSÕES

Após os líquens *P. tinctorum* e *U. barbata* serem submetidos a chuva simulada contendo a solução de cádmio em sete doses diferentes (0, 10, 25, 50, 100, 250 e 500 μM). Avaliamos a viabilidade celular, os parâmetros de fluorescência da clorofila e a avaliamos os pigmentos fotossintéticos. A fim de entender como seria a reação dos líquens quando submetidos a um fator abiótico, se eles seriam resistentes ou afetados.

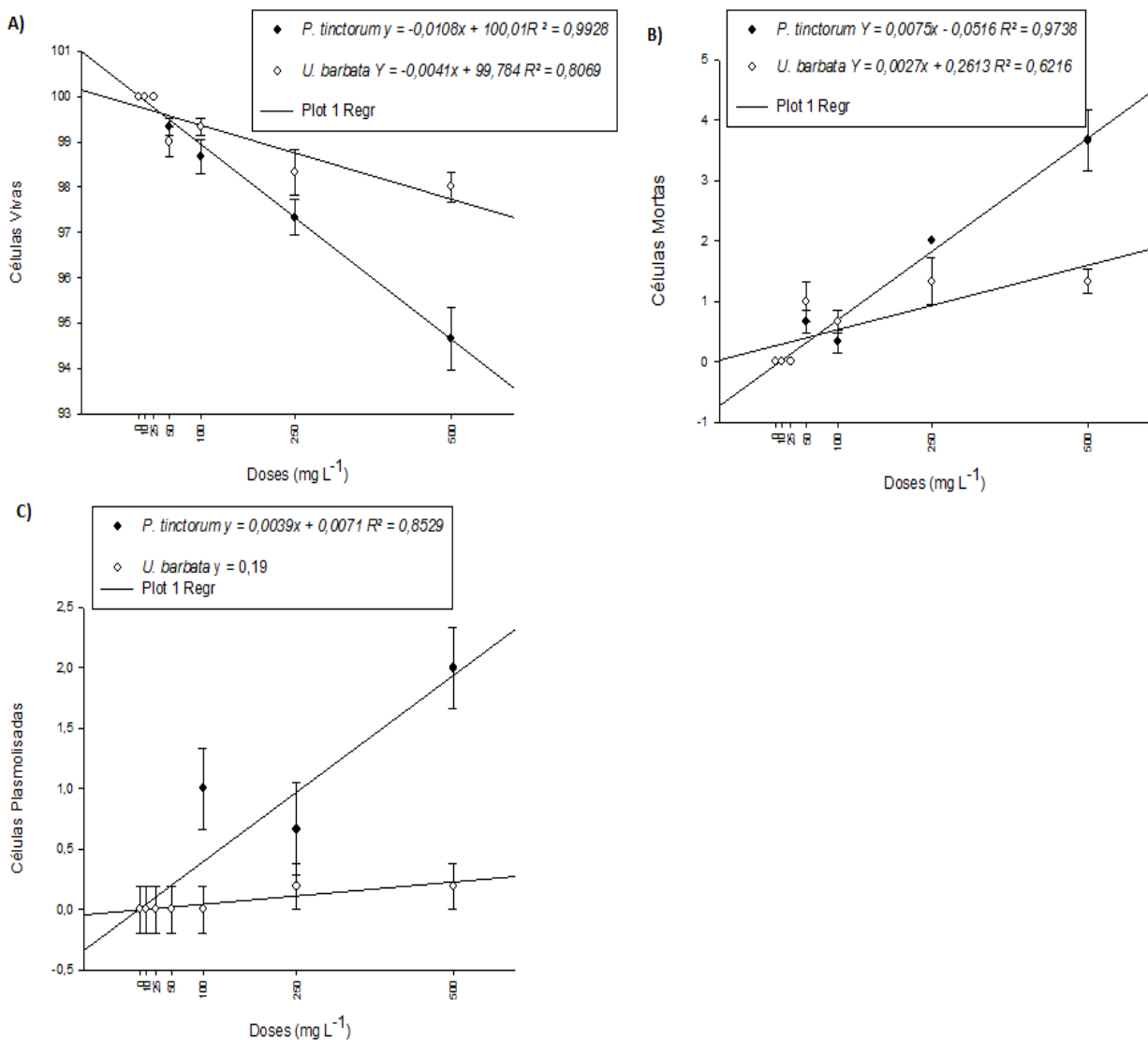
Foi observado efeito dos tratamentos com cádmio sobre a vitalidade do fotobionte na espécie *P. tinctorum* em relação ao número de células vivas, mortas e plasmolisadas. De acordo com o gráfico 'A' da Figura 1 conseguimos distinguir que esse líquen apresenta um alto índice de células vivas em doses pequenas de solução de cádmio, e ocorre o contrário para as doses altas. É possível observar que para o líquen *P. tinctorum* o menor número médio de células vivas foi de 94,66, encontrado na dose de 500 μM de Cádmio, já para as células mortas tivemos que o maior número médio encontrado foi de 3,66 referente à última dose como apresentado no gráfico 'B' da Figura 1, o mesmo ocorreu para as células plasmolisadas sendo encontrado o maior valor médio (2) na mesma dose das anteriores (gráfico 'C' da Figura 1).

Para o líquen *U. barbata* foi encontrado efeito sobre o número de células vivas e mortas. Em *U. barbata* o menor número médio de células vivas foi observado também na dose mais baixa de cádmio (98,00), enquanto os maiores valores para células mortas ocorreram na sexta e sétima dose respectivamente (1,13). Nesse líquen foi observado também

que não houve efeito em relação às células plasmolisadas, sendo que em todas doses a quantidade de células plasmolisadas foi à mesma.

Os líquens possuem morfologias diferentes entre si, isso pode influenciar diretamente na taxa de acumulação de elementos presentes na atmosfera. Nesse trabalho estamos lidando com os dois tipos de líquens, os foliosos que são dorsiventrals e possui talos com superfícies bem definida e são presos ao substrato, e os fruticosos que são densamente ramificados e com um único ponto de fixação. A forma de crescimento é o responsável por ordenar a orientação na superfície para o acúmulo de elementos presentes na atmosfera. Podendo assim ser possível que algum dos tipos apresentado consiga acumular maiores quantidade de elementos aerotransportados, isso é algo que vem sendo estudado cada vez mais pelos pesquisadores (Raposo Junior et al, 2007).

Figura 6. Número médio de células viáveis vivas (A) mortas (B) e Plasmolisadas (C) em função das doses aplicadas.



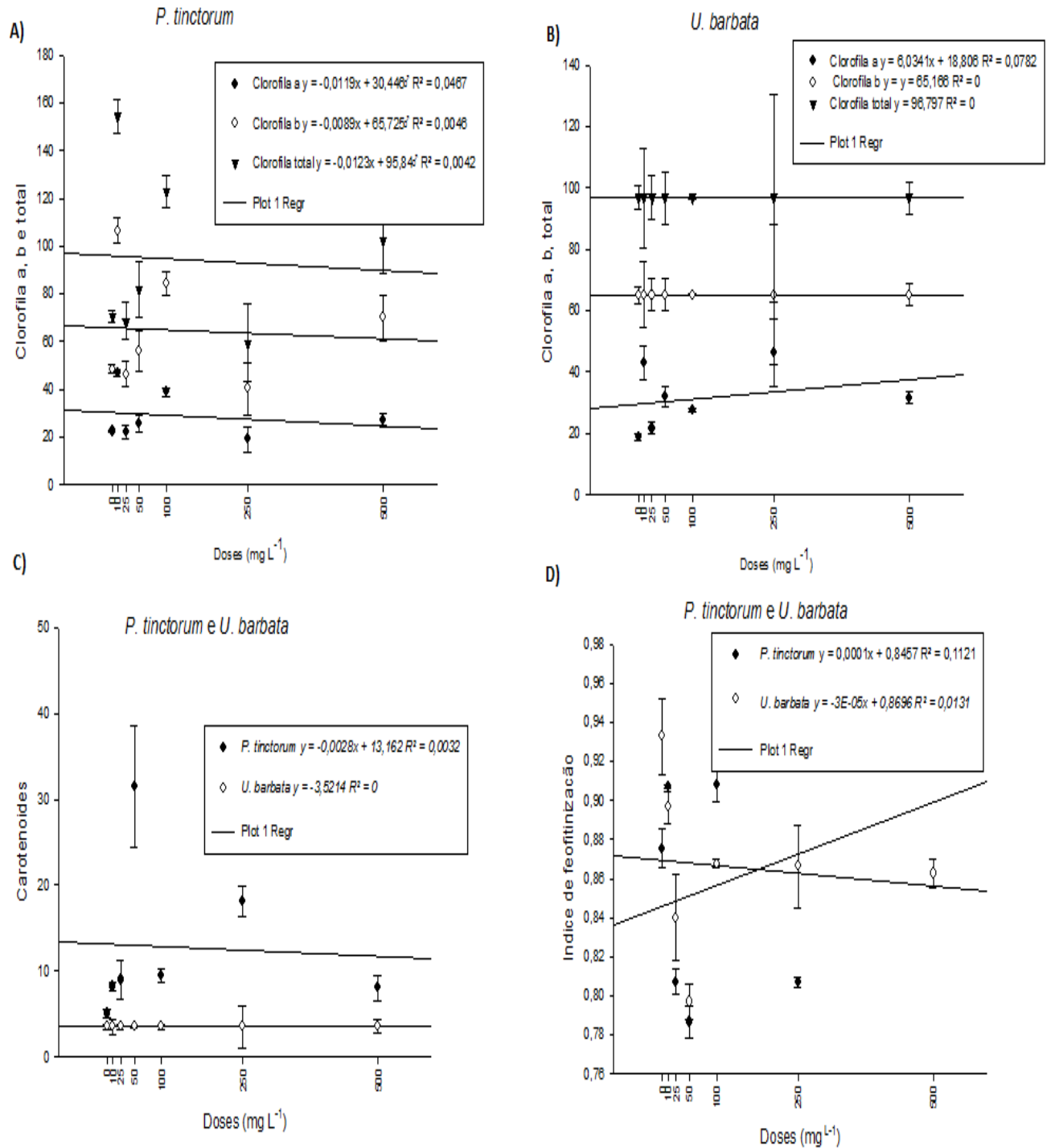
O líquen é formado por uma associação simbiótica mutualista entre fungo e alga, sendo a alga autótrofa, ou seja, realiza fotossíntese e assim possui clorofila que consegue produzir alimento para manter-se e também é utilizado pelo fungo. O fungo é a parte do líquen heterótrofo, tem a função de proteger a alga contra a desidratação, além de absorver água e sais minerais do ambiente, que também é utilizado pelas algas (Franco, 2011).

O que ocorre quando os líquens absorvem substâncias tóxicas como os metais pesados geralmente encontrados no ar em áreas próximas das plantações agrônomicas, é a alteração do balanço simbiótico entre o fotobionte e o micobionte, podendo ser identificada de forma rápida através da ruptura desta associação. Se essa ruptura ocorrer o líquen perde o seu benefício oferecido pela junção alga/fungo (Martins et al, 2008).

Na avaliação dos pigmentos fotossintéticos observamos que houve efeito das doses de cádmio na espécie *P. tinctorum* em relação à clorofila *a*, *b* e total. Para esse líquen a segunda dose foi a que apresentou o maior valor de clorofila *a*, *b* e total respectivamente (46,70; 106,26; 59,39), e a sexta dose foi a que apresentou maior degradação do pigmento para as clorofilas *a*, *b* e total respectivamente (19,18; 40,21), como podemos observar na Figura 2 (A). Não houve homogeneidade no efeito das doses sobre a concentração de carotenóides em *P. tinctorum*, sendo observada a maior concentração deste pigmento na quarta dose (31,56) e maior degradação na primeira dose (8,04) (Figura 2 'C'). Quanto ao índice de feofitinação não foi observado homogeneidade do efeito sobre a integridade das moléculas de clorofila, em *P. tinctorum* o maior índice de degradação de clorofila ocorreu na sétima dose (0,93) e o menor na quarta dose (0,79), como apresentado na Figura 2 (D).

Como podemos observar na Figura 2 (B e C) em relação ao líquen *U. barbata* não foi observado efeito das doses de cádmio em relação a clorofila *a*, *b* e total, e o mesmo ocorreu para a variável carotenóides. Quanto ao índice de feofitinação *U. barbata* apresentou efeito das doses de cádmio, sendo que o maior índice ocorreu na primeira dose (0,93) e o menor na quarta dose (0,80) (Figura 2.D). Em líquens a concentração de pigmentos fotossintéticos reflete seu estado fisiológico e é um ótimo biomarcador de estresse para esses organismos (Boonpragob 2002). Em estudos feitos Backor et al (2010) demonstrou que o aumento das concentrações de cádmio diminuiu significativamente os teores de clorofila *a*, *b* e carotenóides nos líquens *Peltigeraru fescense* (folhoso) *Cladina arbuscula* (fruticoso).

Figura 7. Teores de clorofila *a*, *b*, total em *P. tinctorum*(A), Teores de clorofila *a*, *b*, total em *U. barbata* (B), teores de carotenoides (C), índice de fertilização (D) em função dos tempos de exposição.

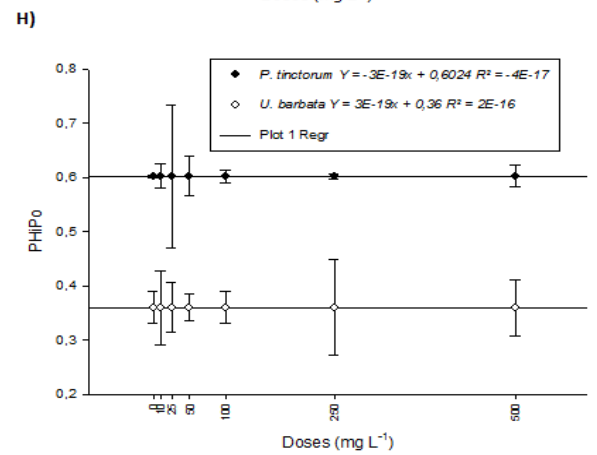
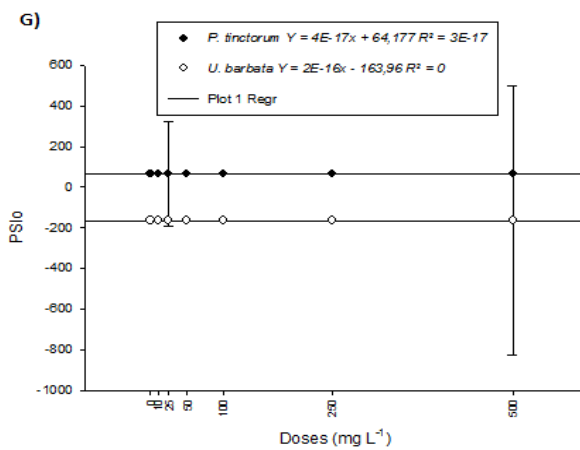
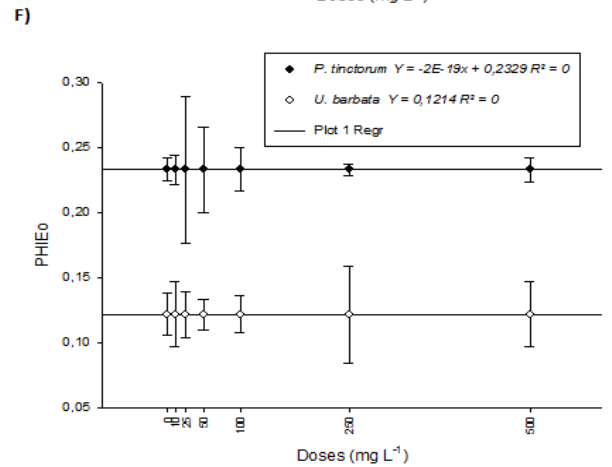
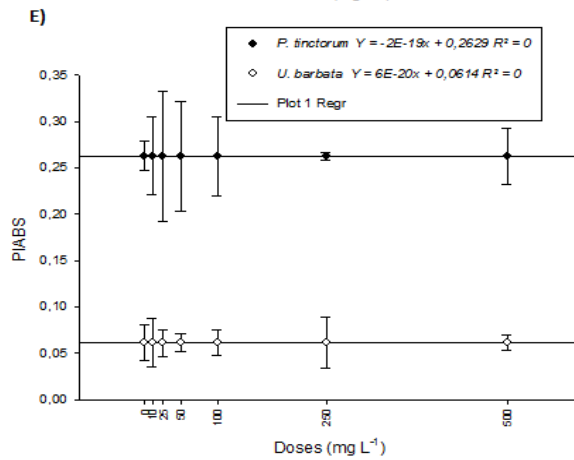
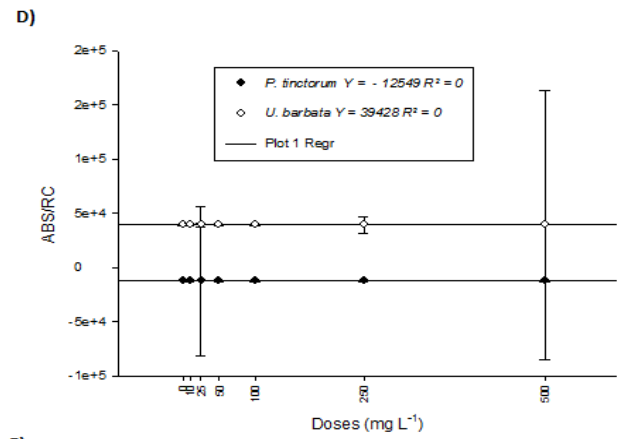
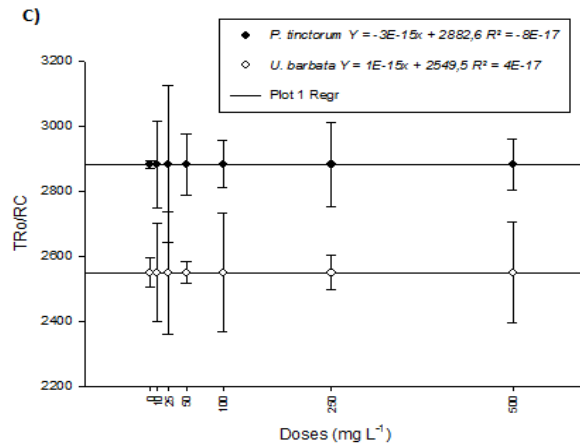
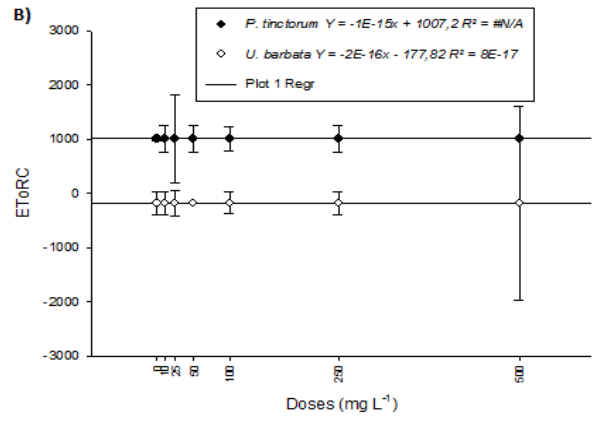
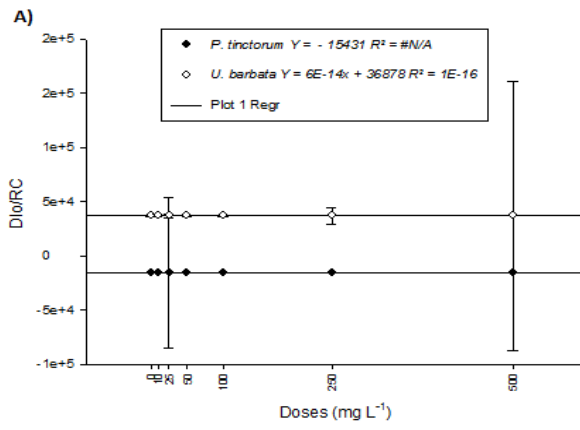


Para as variáveis PHiPo, PSIo, PHIEo, PIABS, ABS/RC, TRo/RC, EToRC, DIo/RC que são os parâmetros de fluorescência da clorofila *a* não apresentaram efeito em relação doses de cádmio aplicadas nas espécies *P. tinctorum* e *U. barbata*. A hipótese é que essas

concentrações foram baixas ao ponto de não serem totalmente absorvida pelo cortex superior que é a camada onde esta presente o fungo e essa pouca concentração que atingiu essa primeira camada o fungo conseguiu se proteger fazendo assim com que o metal não chegasse até a camada do fotobionte, que é onde esta presente a alga o organismo responsável pela fotosíntese, ou seja o córtex serviu como uma barreira de proteção para a alga, fazendo com que o metal pesado não atingisse a mesma e por isso que não houve um dano muito significativo sobre os teores de clorofila que afetasse a fase fotoquímica da fotossíntese desses dois líquens, como podemos observar na Figura 3.

Na estrutura do talo dos líquens geralmente é encontrado dois tipos de córtex o superior e o inferior, compostos pelas hifas do fungo entrelaçadas e compactadas, geralmente com diferentes tamanhos e espessuras de parede. Nas hifas é possível encontrar vários tipos de substâncias específicas que tem como papel desempenhar uma barreira de proteção. No córtex inferior podem existir estruturas de fixação do líquen ao substrato. E abaixo do córtex superior encontra-se a camada do fotobionte onde ocorrem trocas gasosas que são facilitadas pelos espaços no tecido frouxo da medula subjacente, e nela ocorre também o contato e troca entre os indivíduos (Palharini, 2020; Purvis, 2000; Jahns, 1973; Sanders, 2001).

Figura 8. Parâmetros de fluorescência da clorofila a em função das doses aplicadas.



6 CONCLUSÃO

Os líquens *P. tinctorum* e o *U. barbata* são sensíveis ao metal pesado cádmio, pois sua vitalidade e fisiologia sofreu grandes danos após o contato com o cádmio, mas em relação aos parâmetros da fluorescência da clorofila as duas espécies não obtiveram alterações, nesse caso tornam-se necessários testes alternativos com diferentes tipos de doses e tempos maiores de exposição para que haja maior absorção da substância. Conclui-se que ambas as espécies podem ser utilizadas como bioindicadores do metal pesado cádmio disperso para fragmentos florestais, porém a fluorescência de clorofila não é um biomarcador recomendável para avaliar a ação do cádmio. O líquen *P. tinctorum* foi identificado entre as duas espécies avaliadas como o melhor bioindicador do metal pesado cádmio, pois apresentou maior sensibilidade quando submetido às concentrações testadas de cádmio.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, F. de G.; DE OLIVEIRA, Maria Cristina. Reserva legal no bioma cerrado: uso e preservação. **Embrapa Cerrados-Documentos (INFOTECA-E)**, 2006.

Bačkor M, Kováčik J, Piovár J, Pisani T, Loppi S. Physiological aspects of cadmium and nickel toxicity in the lichens *Peltigerarufescens* and *Cladinaarbuscula* subsp. *mitis*. *Water, Air, Soil Pollut.* 2010; 207:253-262. Bačkor M, Loppi S. *Interactions*.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L; BARROS, M.T.L. de; VERAS JUNIOR, M.S. O meio atmosférico. In: **Introdução a Engenharia Ambiental**. São Paulo: Editora Printice Hall, 2002. Cap. 10, p. 169-214.

BRASIL. Lei n.º 6.983 de 31/08/1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seu fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências. Diário Oficial da União de 02/09/1981. Disponível em : <<http://www.gov.br/port/CONAMA/index.cfm>>. Acesso em 06 abr. 2004.

Boonpragob, K. (2002). Monitoring physiological change in lichens: total chlorophyll—content and chlorophyll degradation. In P. L. Nimis, C. Scheidegger & P. A. Wolseley (Eds.), *Monitoring with lichens—monitoring lichens* (pp. 323–326). New York: Kluwer.

BÜDEL, B; SCHEIDEGGER, C. Thallus morphology and anatomy. Pp. 40-68. In: Nash, T. H. III (Ed.) **Lichen Biology**. 2 ed. Cambridge, Cambridge University Press. 2008.

CAMPOS, M. L. De A. Introdução à **química de ambientes aquáticos e da atmosfera** (apostila). Departamento de Química da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Univerdade de São Paulo. Ribeirão Preto, 2002.

CARNEIRO, Regina Maria Alves. Bioindicadores vegetais de poluição atmosférica: uma contribuição para a saúde da comunidade. **Ribeirão Preto**, 2004.

COSTA, W. R. MINEO, M. F. Os líquens como bioindicadores de poluição atmosférica no município de Uberaba, Minas Gerais, Brasil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET**, UFSM, Santa Maria, 13 ago. 2013.

CHAIM, A. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos: fatores que afetam a eficiência e o impacto ambiental. In: Silva CMMS, Fay EF. Agrotóxicos & Ambiente. Brasília: Embrapa; 2004. p. 289-317.

DA MATA, João Siqueira; FERREIRA, Rafael Lopes. Agrotóxico no Brasil: uso e impactos ao Meio Ambiente e a Saúde Pública. **Biologia**, v. 5, n. 6, 2013.

DE LEMOS, Alessandra Bittencourt; KAFFER, Marcia Isabel; MARTINS, Suzana Maria Azevedo. Composição e diversidade de líquens corticícolos em três diferentes ambientes: Florestal, Urbano e Industrial. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S2, p. 228-230, 2007.

DE SOUZA DIAS, Braulio Ferreira. Conservação da Biodiversidade no Bioma Cerrado: histórico dos impactos antrópicos no Bioma Cerrado.

FRANCO, Elci TH et al. COMPOSIÇÃO E DIVERSIDADE DE LIQUENS EM TRÊS DIFERENTES ÁREAS NO “MATO DO SILVA”, CHIAPETTA, RS. **Salão do Conhecimento**, 2011.

FREITAS, Eduardo de. "Poluição química no campo"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/poluicao-quimica-no-campo.htm>. Acesso em 29 de agosto de 2020.

FREIRE, Arnaldo Cardoso. O BIOMA CERRADO. **REVISTA UNIARAGUAIA**, v. 9, n. 9, p. 280-285, 2016.

GARTY, J. The amounts of heavy metals in some lichens of the Negev Desert. **Environmental Pollution**, v.10, p. 287-300, 1985.

GONÇALVES JUNIOR, A.C.; PESSOA, A.C.S. Fitodisponibilidade de Cádmio, Chumbo e Crômio, em soja cultivada em argilossolo vermelho eutrófico a partir de adubos comerciais. **Scientia Agrária**, v.3, n.1-2, p.19-23, 2002.

GONÇALVES JUNIOR, Affonso Celso; LUCHESE, Eduardo Bernardi; LENZI, Ervim. Avaliação da fitodisponibilidade de cádmio, chumbo e crômio, em soja cultivada em Latossolo Vermelho escuro tratado com fertilizantes comerciais. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 173-177, 2000.

HONDA, N. K; VILEGAS, W. A química dos líquens. **Quím. Nova**, São Paulo , v. 22, n. 1, p. 110-125, Feb. 1999.

JAHNS, H. M. Anatomy, morphology and development. In: *The Lichens*. Edited by V. Ahmadjian and M.E. Hale. New York: Academic Press. 1973.

JUNIO, Affonso Celso Gonçalves; LUCHESE, Eduardo Bernardi; LENZI, Ervim. AVALIAÇÃO DA FITODISPONIBILIDADE DE CÁDMIO, CHUMBO E CRÔMIO, EM SOJA CULTIVADA EM LATOSSOLO VERMELHO ESCURO TRATADO COM FERTILIZANTES COMERCIAIS. **Química Nova**, Brasil, v. 23, n. 2, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v23n2/2115.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2020.

KAFFER, M. I. Biomonitoramento da Qualidade do Ar com uso de Líquens na cidade de Porto Alegre, RS. 2011. 220 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

KLUMPP, A, et al . Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental: a rede europeia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras (EuroBionet). **Rev. bras. Bot., São Paulo** , v. 24, n. 4, supl. p. 511-518, Dec. 2001.

MATOS, P.; GEISER, L.; HARDMAN, A.; GLAVICH, D.; PINHO, P.; NUNES, A.; SOARES, A.M.V.M.; BRANQUINHO, C. Tracking global change using lichen diversity: towards a global-scale ecological indicator. *Methods in Ecology and Evolution*, v. 8, n. 7, p. 788-798, 2017.

MARTINS, A.L.C. et al. Produção de grãos e absorção de Cu, Fe, Mn e Zn pelo milho em solo adubado com lodo de esgoto, com e sem calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.3, p.563-574, 2003.

MARTINS, S. M. A; KAFFER, M. I; LEMOS, A. Líquens como bioindicadores da qualidade do ar numa área de termoeletrica, Rio Grande do Sul, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo , v. 35, n. 3, p. 425-433, 2008.

METWALLY, A.; FINKEMEIER, I.; GEORGI, M., DIEZT, K-J. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. **Plant Physiology**, 132: 272-281, 2003.

NASH III, T.H. Lichen Biology. Ed. Cambridge University Press, Cambridge: 2008.

NAVA, I.A.; GONÇALVES JUNIOR, A.C.; NACKE, H.; GUERINI, V.L., SCHWANTES, D. Disponibilidade dos metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e cromo no solo e tecido foliar da soja adubada com diferentes fontes de NPK+ZN. **Ciênc. Agrotec.**, v. 35, n. 5, p. 884-892, 2011.

PALHARINI, Kelly et al. IMPACTO DA ATIVIDADE AGRÍCOLA E DA ESTRUTURA DE COMUNIDADES BOTÂNICAS SOBRE A COMUNIDADE DE LIQUENS CORTÍCOLAS EM FRAGMENTOS DE CERRADO. 2020.

PURVIS, W. Lichens. Washington: Smithsonian Institution Press, 2000.

SANDERS, W.B. Lichens: the interface between Mycology and Plant Morphology. *BioScience*, 51 (12): 1025-1035, 2001.

SOUZA, Gustavo dos Santos et al. Presença de agrotóxicos na atmosfera e risco à saúde humana: uma discussão para a Vigilância em Saúde Ambiental. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, p. 3269-3280, 2017.

STEFFEN, Gerusa Pauli Kist; STEFFEN, Ricardo Bemfica; ANTONIOLLI, Zaida Inês. Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos. **Tecno-lógica**, v. 15, n. 1, p. 15-21, 2011.

RAPOSO JUNIOR, Jorge Luiz; RÉ-POPPI, Nilva; HONDA, Neli Kika. Avaliação da concentração de alguns íons metálicos em diferentes espécies de líquens do cerrado Sul-Mato-Grossense. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 582-587, 2007.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

ROSEIRO, Maria Nazareth Vianna; TAKAYANAGUI, Angela Maria Magosso. Meio ambiente e poluição atmosférica: o caso da cana-de-açúcar. **Saúde (Santa Maria)**, v. 30, n. 1-2, p. 76-83, 2004.

SAIKI, M.; CHAPARRO, C. G.; VASCONCELLOS, M. B. A., MARCELLI, M. P. Determination of trace elements in lichens by instrumental neutron activation analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 217, n. 1, p. 111-115, 1997.

SCHLENSOG, M. SCHROETER, B. A new method for the accurate in situ monitoring of chlorophyll a fluorescence in lichens and bryophytes. **The Lichenologist** 33: 443-452, 2001.

SMODIS B., BLEISE A. IAEA quality control study on determining trace elements in biological matrices for air pollution research. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, 2007.

SOUSA, J. de A. A devastaco do Cerrado como consequência da exploraco do agronegócio. 2013.

Spadotto, Claudio A. Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendaes / Claudio A. Spadotto... [et. al].-- Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 29 p.-- (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 42).

SPIELMANN, A. A. **Fungos Liquenizados (Liquens)**. Programa de capacitao de monitores e educadores. Programa de Pós graduao em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente – Instituto de Botnica, São Paulo: Brasil, 2006. Disponível em: <http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/estagio_docencia/AdrianoSpielmann.pdf>.

SCHTZENDBEL, A.; SCHWANZ, P.; TEICHMANN, T.; GROSS, K.; LANGENFELD-HEYSER, R.; GODBOLD, D.L.; POLLE, A. Cadmium-induced changes in antioxidative systems, hydrogen peroxide content, and differentiation in scots pine roots. **Plant Physiology**, 127: 887-898, 2001.

SOLTAN, M.E.; RASHED, M.N. Laboratory study on the survival of water hyacinth under several conditions of heavy metal concentrations. **Advances in Environmental Research**, 7: 321-334, 2003.

TORTORA, G. J; FUNKE, B.R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. Porto Alegre: Artmed, 2012.

VECCHIA, F.D.; LA ROCCA, N.; MORO, I.; DE FAVERI, S.; ANDREOLI, C.; RASCIO, N. Morphogenetic ultrastructural and physiological damages suffered by submerged leaves of *Elodea canadensis* exposed to cadmium. **Plant Science**, 168: 329-338, 2005.

ZAPPE, Janessa Aline et al. Agrotóxicos no contexto químico e social. 2011.