

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

DEBORA NATIELLE DE SOUZA NOVAIS

GERLIANE BENITEZ VIANA

**INCIDÊNCIA DE LIQUENS EM ÁREA DE USO INTENSIVO DO PARQUE
NACIONAL DO IGUAÇU – FOZ DO IGUAÇU, PR**

MEDIANEIRA

2021

**DEBORA NATIELLE DE SOUZA NOVAIS
GERLIANE BENITEZ VIANA**

**INCIDÊNCIA DE LIQUENS EM ÁREA DE USO INTENSIVO DO PARQUE
NACIONAL DO IGUAÇU – FOZ DO IGUAÇU, PR**

Incidente of lichens in the intensive use area of The Iguaçu National Park - Foz
do Iguaçu, PR

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do
título de Tecnólogo em Gestão Ambiental da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Orientador: Dra. Marcia Antonia Bartolomeu
Agustini

Coorientadora: Dra. Cristhiane Rohde

MEDIANEIRA

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

DEBORA NATIELLE DE SOUZA NOVAIS

GERLIANE BENITEZ VIANA

**INCIDÊNCIA DE LIQUENS EM ÁREA DE USO INTENSIVO DO PARQUE
NACIONAL DO IGUAÇU – FOZ DO IGUAÇU, PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Tecnólogo em Nome do Curso de Tecnologia em
Gestão Ambiental da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 26 de setembro de 2021

Larissa De Bortolli Chiamolera Sabbi
Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Cristhiane Rohde
Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Marcia Antonia Bartolomeu Agustini
Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

MEDIANEIRA

2021

RESUMO

A qualidade do ar é algo que vem sendo cada vez mais estudado, a fim de encontrar soluções para os diversos problemas relacionados a este fator, como doenças respiratórias. Os bioindicadores são espécies biológicas que através da sua existência e da sua quantidade indicam o grau de poluição. Os líquens são uma relação simbiótica entre fungos (organismos ramificados) e algas ou cianobactérias (fotossimbiose), formando uma estrutura sem raízes ou estrato córneo, que depende principalmente da atmosfera para obter nutrição, sendo que incidência de líquens indica a qualidade do ar no ambiente. O estudo teve como objetivo quantificar a incidência de líquens em 5 pontos distintos (1 - Trilha centro de visitantes, 2 - Trilha das bananeiras, 3 - Início trilha principal, 4 - Espaço tarobá, 5 - Estacionamento Porto Canoas) no Parque Nacional do Iguaçu. Foi feita a quantificação do preenchimento de líquens em um quadrante de 50x50 cm em 4 alturas diferentes de cada árvore estudada (0-50 cm, 51-101 cm, 102- 152 cm e 153-203 cm, no córtex das árvores). Em cada ponto foram estudadas 10 árvores. Após foi feita a classificação do grau de poluição de acordo com o grau de classe de cobertura liquênica proposto por Troppmair (1988), a qual varia entre 0% até 100%. Em todos os pontos avaliados, verificou-se que o Parque Nacional do Iguaçu apresentou classificações 4 e 5, ou seja, grau de poluição fraca ou sem poluição. A utilização dos líquens como bioindicadores se mostrou um método fácil e simples. De acordo com o estudo, a incidência de líquens no Parque Nacional do Iguaçu se encontra abundante, mesmo em zonas de uso intensivo, indicando a importância das unidades de conservação de proteção integral para manutenção do meio ambiente equilibrado e para aumentar o contato do homem com a natureza.

Palavras-chave: qualidade do ar; árvores; unidade de conservação.

ABSTRACT

Air quality is something that has been increasingly studied in order to find solutions to the various problems related to this factor, such as respiratory diseases. Bioindicators are biological species that through their existence and quantity indicate the degree of pollution. Lichens are a symbiotic relationship between fungi (branched organisms) and algae or cyanobacteria (photosymbiosis), forming a structure without roots or stratum corneum, which depends mainly on the atmosphere for nutrition, and the incidence of lichens indicates the air quality in the environment. The study aimed to quantify the incidence of lichens in 5 different points (1 - Visitors Center Trail, 2 - Banana Trees Trail, 3 - Beginning of the main trail, 4 - Tarobá Space, 5 - Porto Canoas Parking Lot) in the Iguazu National Park. Quantification of lichen filling was done in a 50x50 cm quadrant at 4 different heights on each tree studied (0-50 cm, 51-101 cm, 102- 152 cm and 153-203 cm, on the tree cortex). At each point 10 trees were studied. Then the pollution degree was classified according to the lichen cover class proposed by Troppmair (1988), which ranges from 0% to 100%. In all points evaluated, it was found that the Iguazu National Park presented classifications 4 and 5, in other words, a weak degree of pollution or no pollution. The use of lichens as bioindicators proved to be an easy and simple method. According to the study, the incidence of lichens in the Iguazu National Park is abundant, even in areas of intensive use, indicating the importance of fully protected conservation units for maintaining a balanced environment and to increase the contact between man and nature.

Keywords: Air quality, trees, conservation unit

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivo Geral	16
2.2	Objetivos Específicos	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	Poluição atmosférica	17
3.1.1	Tipos de poluentes do ar	17
3.1.1	1 Particulados	18
3.1.1.3	Líquidos.....	19
3.2	Padrões de qualidade do ar.....	19
3.2.1	Bioindicadores da qualidade do ar	20
<u>3.2.1.1</u>	<u>Líquens.....</u>	<u>21</u>
<u>3.2.1.2</u>	<u>Líquens como bioindicadores.....</u>	<u>22</u>
3.3	Parque Nacional do Iguaçu (UC)	23
4.1	Área de estudo	24
4.2	Levantamento de dados	25
4.3	Análise de dados	30
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
	REFERÊNCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA nº 491/2018, determina que um poluente atmosférico é qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade.

Para Koch (2016), diversas ações agravam o quadro de poluição atmosférica e dentre elas, as modificações na paisagem com transformação de florestas e áreas verdes naturais em áreas urbanas, tem somado para intensificar ainda mais os efeitos da poluição na saúde humana e ambiental, além de alterar o clima das cidades.

Em função de se tornar uma questão tão importante, o monitoramento da qualidade do ar tem ganhado espaço, e houve incremento nos métodos disponíveis para medir poluentes do ar e para realizar o monitoramento. Para Rocha (2015), muitas vezes estes métodos de monitoramento da qualidade do ar apresentam complexidade devido à custos elevados de instrumentação e ao grande número de pontos de amostragens necessários para monitorar áreas urbanas relativamente pequenas.

O uso de indicadores biológicos é adequado para detectar o impacto dos poluentes atmosféricos nos organismos vivos. No entanto, o uso de indicadores biológicos não é intencional e não pode substituir o uso de métodos físicos e químicos para medir a concentração ambiental de poluentes, mas fornece informações adicionais sobre o impacto nos organismos vivos (KLUMPP, 2001).

Ao analisar a diversidade e quantidade de líquens em uma área específica, o nível de poluição do ar pode ser avaliado por meio da análise de vários indicadores biológicos, inclusive por líquens que apresentam alta sensibilidade aos fatores ambientais (HAVEN, 2010).

Os líquens são muito sensíveis à poluição ambiental, a sua presença indica um baixo grau de poluição e o seu desaparecimento indica o agravamento da poluição ambiental (NASCIMENTO et al. 2009). De acordo com Moura et al. apud Gonçalves (2007), a utilização de líquens como bioindicadores permite a avaliação da qualidade

do ar com diagnóstico precoce, quando os efeitos visuais ainda não são possíveis, mesmo quando os poluentes são obviamente lançados no ar.

A existência de líquens pode variar de acordo com os habitats e microhabitats, da disponibilidade dos fatores físicos e climáticos fornecidos e as condições necessárias para o seu desenvolvimento. Sendo assim, uma área de Conservação Federal e uma área urbana podem apresentar comunidades de líquens com seus próprios componentes específicos respondendo de acordo às condições ambientais existentes (HONDA; VILEGAS, 1998).

As Unidades de Conservação (UC) têm como objetivo a preservação e conservação dos aspectos bióticos e abióticos, características culturais, belezas naturais, recuperar os ecossistemas degradados, promover o desenvolvimento sustentável, dentre outros fatores que visam à preservação dos ecossistemas (ICMBIO, 2000).

As UCs desempenham uma série de funções, e grande parte da população brasileira exerce essas funções - inclusive setores econômicos que estão crescendo sem perceber. Alguns exemplos: o desempenho parte da qualidade e quantidade da água que constitui o reservatório de uma hidrelétrica, que fornece energia para cidades e indústrias, e é garantida pela unidade de proteção. A indústria do turismo, que promove o desenvolvimento econômico de muitas cidades do país, é possível porque a existência de unidades de proteção proporciona proteção à paisagem. Em muitos casos, o desenvolvimento de medicamentos e cosméticos de consumo diário utiliza espécies protegidas por unidades de conservação (MEDEIROS; YOUNG; PAVESE & ARAÚJO, 2011).

Do mesmo modo, as unidades de conservação contribuem de forma efetiva para enfrentar um dos grandes desafios atuais, a mudança no clima. Ao diminuir a emissão de CO₂ e de outros gases de efeito estufa decorrente da degradação de ecossistemas naturais, as unidades de conservação ajudam a barrar o acréscimo da concentração desses gases na atmosfera terrestre (MEDEIROS, YOUNG; PAVESE, & ARAÚJO, 2011).

O presente trabalho visou a quantificação da incidência de líquens em uma unidade de conservação do Parque Nacional do Iguaçu, localizado em Foz do Iguaçu-PR, pois essa área é utilizada para turismo e de forma indireta impactos são inevitáveis, e como líquens são sensíveis aos impactos climáticos e atmosféricos é

possível observar se há pouco ou muito impacto através de sua incidência em diferentes pontos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Quantificar a incidência de líquens no Parque Nacional do Iguaçu – Foz do Iguaçu PR.

2.2 Objetivos Específicos

- Quantificar a ocorrência de líquens nos troncos de árvores, em diferentes pontos no Parque Nacional do Iguaçu – Foz do Iguaçu PR, para determinar a qualidade do ar do ambiente;
- Comparar a quantidade de líquens em diferentes pontos de coleta no Parque Nacional do Iguaçu – Foz do Iguaçu PR, para verificar se eles indicam alguma alteração na qualidade do ar.
- Classificar o grau de poluição de cada ponto amostral utilizando as classes de grau de cobertura proposto por Troppmair (1988).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Poluição atmosférica

O termo poluente refere-se a substâncias que presentes no ar e em determinadas concentrações podem causar prejuízos ao bem estar público e danos a flora, fauna e materiais, além de tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo a saúde de populações (CETESB, 2001).

A poluição atmosférica tem vários agentes, mas pode ser definida como a presença na atmosfera de substâncias danosas e em quantidade suficiente para interferir em seu equilíbrio e composição, prejudicando o meio ambiente e populações humanas, a fauna e flora (AZUAGA, 2000).

A legislação brasileira (RESOLUÇÃO N°491, DE 19 DE NOVEMBRO DE 2018) estabelece que o ar está poluído quando os gases ou partículas estão presentes em concentrações (definidas como a massa de um poluente por volume de ar) e estabelece limites para os valores máximos de diferentes poluentes (CONAMA, 2018).

3.1.1 Tipos de poluentes do ar

Os poluentes atmosféricos artificiais são descarregados diretamente na atmosfera (poluentes primários) ou formados na atmosfera por meio de reações químicas envolvendo poluentes primários (poluentes secundários). No processo de conversão química em poluentes secundários, o composto pode mudar de um estado desagradável para um estado que pode ser prejudicial em altas concentrações, como óxidos em dióxido de nitrogênio. Os poluentes atmosféricos também são produzidos naturalmente (CETESB, 2013).

Usualmente, os poluentes no ar são divididos em dois grupos maiores: particulados e gases, e recentemente uma terceira forma de poluição tem sido reconhecida que é o estado líquido (FILHO, 1989).

3.1.1.1 Particulados

Na atmosfera, os particulados ocorrem com vários tamanhos e formas. Usualmente eles são classificados em particulados finos, aqueles com diâmetro menor que $2,5\mu$. Os particulados finos são mais importantes, porque podem ser inalados pelo homem e animais e entrar nos pulmões. Também os particulados finos ($0,3-1\mu$) são responsáveis pela redução da visibilidade, eles são formados primeiramente pela combustão incompleta e/ou reações químicas de poluentes primários na atmosfera. Eles são leves em peso e podem persistir na atmosfera por dias (FILHO, 1989).

Os particulados grosseiros são formados primeiramente pela ressuspensão de poeiras do solo, processos de moagem e brisa marítima. Eles causam menos problemas que os particulados finos, uma vez que a gravidade fará sua deposição no solo em poucas horas. Entretanto, aqueles particulados grosseiros que se entram entre 2,5 a 15μ em diâmetro podem ser importantes para o ponto de vista da saúde das pessoas com problemas respiratórios e que sempre respiram pela boca. Para pessoas que respiram normalmente pelo nariz, esses particulados não causam problemas uma vez que são bloqueados na passagem nasal. Os particulados reduzem a visibilidade e a absorção e dispersão da luz (FILHO, 1989).

3.1.1.2 Gases

O segundo grupo de poluentes do ar é composto de gases. Enquanto somente uma relativa pequena porcentagem de gases na atmosfera é poluente, eles exercem um papel importante porque são perigosos e possuem efeitos desagradáveis. Alguns poluentes gasosos são liberados na atmosfera por meio de processo de combustão, outros são liberados por processo de vaporização (mudança de um líquido para um estado gasoso), ou são formados por reações químicas na atmosfera (FILHO, 1989).

Os principais poluentes gasosos na atmosfera podem ser categorizados como gases contendo: carbono, enxofre, nitrogênio e ozônio.

3.1.1.3 Líquidos

A chuva ácida ou a precipitação ácida tem recentemente recebido muita atenção devido ao impacto ecológico severo que pode causar em áreas bastante extensas. Em decorrência da combustão de enorme quantidade de combustíveis fósseis tais como carvão e óleo, no Brasil, são descarregadas anualmente na atmosfera milhões de toneladas de compostos de enxofre e óxido de nitrogênio. Através de uma série complexa de reações químicas estes poluentes podem ser convertidos para ácidos os quais podem retornar a terra como componentes de uma chuva (FILHO, 1989).

A chuva caindo através de uma atmosfera limpa tem pH de 5,6 a 7 unidades de pH. A chuva ácida tem um pH abaixo de 5,6. Em geral, quanto mais baixo o pH mais poluída e mais corrosiva a chuva se tornará.

3.2 Padrões de qualidade do ar

No Brasil os padrões de qualidade do ar são estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018, que revogou e substituiu a Resolução CONAMA nº 3/1990.

Segundo esta Resolução, o padrão de qualidade do ar é um dos instrumentos de gestão da qualidade do ar, determinado como valor de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para que o meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica (MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE, 2005).

Os parâmetros regulamentados pela legislação ambiental são os seguintes: partículas totais em suspensão (PTS), fumaça, partículas inaláveis (MP₁₀ e MP_{2,5}), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃), dióxido de nitrogênio (NO₂) e chumbo (PB). A mesma resolução estabelece ainda os critérios para episódios agudos de poluição do ar. Ressalte-se que a declaração dos estados de Atenção, Alerta e Emergência requer, além dos níveis de concentração atingidos, a previsão de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes (MMA, 2005).

3.2.1 Bioindicadores da qualidade do ar

Os bioindicadores são geralmente organismos de diferentes naturezas, sejam plantas ou animais, e são usados para avaliar a qualidade ambiental. Podem ser utilizados de forma passiva, quando se avalia os organismos que já vivem na área de estudo ou ativa, expondo ao ambiente espécies previamente preparadas. Com base na sua resposta, este tipo de exposição permitirá uma avaliação da qualidade ambiental local (CETESB, 2013).

Em comparação com os métodos tradicionais, a vantagem de utilizar indicadores biológicos para avaliar a qualidade ambiental reside no seu baixo custo, podendo até ser utilizados para avaliação cumulativa de eventos ocorridos em um determinado período de tempo e restaurar o histórico ambiental que não está sujeito a detecção ou medição (CETESB, 2013).

Segundo Ferreira e Olivati (2014), a escolha de um bioindicador como instrumento de monitoramento ambiental deve levar em consideração a sensibilidade do bioindicador, pois ele correlaciona um determinado fator antrópico ou natural a fatores potencialmente impactantes e estressantes ao ambiente. Os organismos que possuem íntimas relações ecofisiológicas com a atmosfera são promissores para a bioindicação da mesma forma que para o monitoramento da qualidade do ar (PIQUÉ et al., 2005).

O uso de bioindicadores é a metodologia adequada para a detecção de efeitos de poluentes atmosféricos sobre organismos. A coleta sistemática de dados relativos a esses efeitos permite a criação de um inventário de respostas à poluição, o que representa o terceiro sistema de informação no controle de qualidade do ar, adicionalmente aos inventários de emissões e de concentrações ambientais (ARNDT et al., 1995; VDI, 1999; KLUMPP, 2001).

Segundo Lima (2001) a maioria dos trabalhos com bioindicadores em ambientes terrestres são realizados com espécies vegetais, por serem sensíveis as perturbações, principalmente a do ar, as quais provocam algum tipo de reação no organismo.

Muitos bioindicadores são estudados pela sua interação com o ambiente e pela facilidade de observação; um bioindicador comumente estudado é o líquen que cresce

em rochas e troncos de árvores absorvendo minerais encontrados dissolvidos junto com a água sendo bastante suscetível aos efeitos atmosféricos (LIJTEROFF; LIMA; PRIERI, 2008).

3.2.1.1 Líquens

Os líquens são considerados uma associação simbiótica, que ocorre entre um componente fúngico e uma população de algas unicelulares ou filamentosas ou de cianobactérias, sendo que o componente fúngico é chamado microbionte (do grego: *mykes*, fungo, e *bios*, vida) e o componente fotossintetizante é denominado fotobionte (do grego: *photo*, luz, e *bios*, vida) (RAVEN et al., 2007).

Segundo Honda e Vilegas (1999), os líquens podem ser encontrados desde o nível do mar até as montanhas mais altas. No entanto, são relativamente raros em florestas acima de 5.000 m acima do nível do mar e muito escuros. Eles também podem ser encontrados em desertos com grandes mudanças de temperatura e regiões polares com temperaturas extremamente baixas.

Ainda para Honda e Vilegas (1999), a tolerância dos líquens às flutuações climáticas é melhor do que qualquer outro vegetal. Eles se desenvolvem nos mais diversos substratos, e muitos não têm especificidade: algumas espécies se desenvolvem apenas na casca, algumas nas folhas, e algumas nas rochas alcalinas ou ácidas, e requerem ou não propriedades físicas como rugosidade, porosidade, dureza, exposição à luz; existem outros requisitos ainda mais elevados para o valor de pH do substrato, a presença de partículas no ar, umidade, vento e temperatura.

Portanto, a presença de líquens nos mais variados habitats e micro-habitats dependem da disponibilidade de fatores físicos e climáticos que proporcionem as condições necessárias para seu desenvolvimento. Dessa forma, cada região pode apresentar uma comunidade líquênica com componentes específicos próprios em resposta às condições ambientais (HONDA; VILEGAS, 1999).

3.2.1.2 Líquens como bioindicadores

No Brasil, vários estudos foram realizados utilizando os líquens como bioindicadores atmosféricos especialmente em ambientes urbanos (FERREIRA, 1984; GONÇALVES et al., 2007; KÄFFER, 2011; MOREIRA et al., 2017).

Os métodos de estudo dos efeitos da poluição atmosférica em líquens têm sido, principalmente fitossociológicos e ecofisiológico. Por estes métodos é possível relacionar a presença ou ausência de espécie de líquens, seu número, sua frequência, cobertura, sintomas de danos externos e internos, com o grau de poluição da área em estudo (PIQUE et al., 2005).

Eles são indicadores bastante vulneráveis a todo tipo de contaminação atmosférica, principalmente o dióxido de enxofre (SO₂) (RAVEN et al., 2007; SPIELMANN; MARCELLI, 2006), pois não possuem estômatos e cutícula, permitindo que os gases absorvidos se difundam pelo tecido chegando ao fotobionte (MARTINS, 2013). Em casos de níveis de poluição muito elevados, os líquens desaparecem totalmente, fenômeno conhecido como “deserto líquênico” (SPIELMANN; MARCELLI, 2006).

De um modo geral, eles se desenvolvem nos mais diversos substratos, e muitos não tem especificidade: algumas espécies apenas se desenvolve na camada da casca, outros nas folhas, outros nas rochas alcalinas ou ácidas, com ou sem propriedades físicas, como, rugosidade, porosidade, dureza, luz e tem outras mais exigentes em relação ao valor do PH do substrato, a presença de partículas no ar, umidade, vento e temperatura (HONDA; VILEGAS, 1998).

Diante do exposto, o uso de líquens para avaliar a qualidade do ar tornou-se uma forma viável de medir e estimar os riscos ambientais enfrentados pela população em áreas poluídas, pois os dados por eles disponibilizados apoiarão o desenvolvimento de medidas preventivas e de proteção à saúde. Portanto, a presença, quantidade e distribuição de líquenes em uma área são fatores que podem ser considerados na avaliação do impacto ambiental de um local (MOREIRA et al., 2017).

Os líquens são muito sensíveis à poluição ambiental sendo que a presença desses sugere baixo índice de poluição, enquanto sua ausência sugere significativo aumento da poluição ambiental (NASCIMENTO et al., 2009).

3.3 Parque Nacional do Iguaçu (UC)

O Parque Nacional do Iguaçu (PNI) possui 185.262 ha e representa a maior área remanescente de Mata Atlântica no Brasil. Criado em 1939, porém só em 1967 foram iniciados os trabalhos de levantamento fundiário e as demarcações dos limites, com identificação das propriedades, sua situação legal e as melhorias existentes. Atualmente a situação fundiária do PNI está praticamente resolvida, restando apenas poucos moradores particulares em ilhas do Rio Iguaçu (BNDES, 2006).

A criação do Parque combinou o objetivo de proteger a região formada pelas Cataratas com o de torná-la disponível para as atividades de recreação e lazer. Dessa forma, a criação do Parque possibilitou o início da fase de visitação turística recreativa, que se estendeu até o ano de 1970, momento em que foi expedida pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) a Portaria n.º 1.587 (IBDF, 1970).

No Paraná restam somente 3,4% de Floresta Estacional Semidecidual original. Apenas a área do PNI equivale a mais da metade do total, portanto, como uma ilha num vasto oceano de terras aráveis é refúgio para muitas espécies raras e ameaçadas de extinção. Em diversidade biológica existem cerca de 257 espécies de borboletas, 18 espécies de peixes, 12 espécies de anfíbios, 41 espécies cobras, 8 espécies de lagartos, 340 espécies aves e 45 espécies de mamíferos. O parque fica sobre o aquífero Guarani, uma das maiores reservas do mundo lençóis freáticos. Circunferência é 420 quilômetros, o parque ainda tem papel relevante no ciclo hidrológico da área (CADERNO VIRTUAL DE TURISMO, 2002).

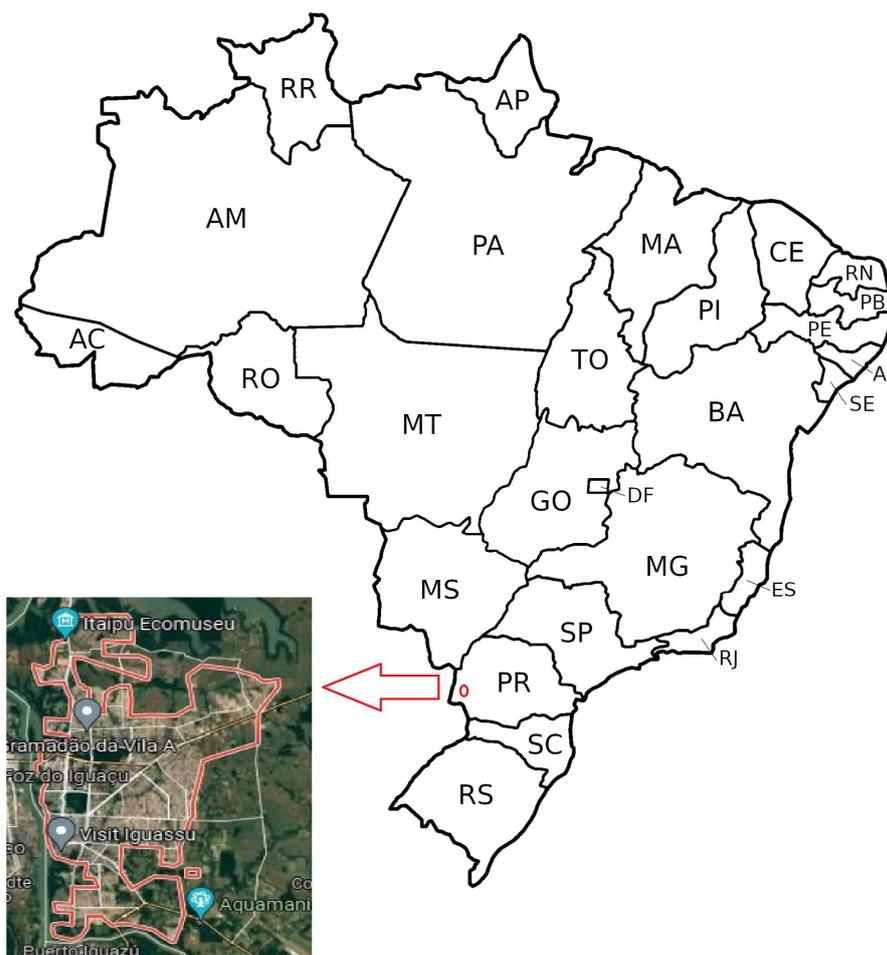
No Parque Nacional do Iguaçu, além das ações de educação ambiental, pesquisa, proteção e fiscalização realizadas no entorno da Unidade, surge o turismo ecológico e a recreação em contato com a natureza como alternativa para o desenvolvimento da área e conseqüentemente a integração da comunidade com a instituição administradora do Parque, o que vem gerar benefícios para ambas as partes (ICMBIO, 2011).

4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

O presente estudo foi conduzido no Parque Nacional do Iguaçu, assegurado pelo SISBIO n° 80163-1, uma Unidade de Conservação Federal (UC) de Proteção Integral, administrada pelo ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade), criada em 1939 pelo decreto N° 1.035. O parque está localizado no oeste do Estado Paraná, em Foz do Iguaçu (Figura 1), nas coordenadas geográficas 25°27'38,89"S; 53°55'19.54" W. O clima é considerado subtropical de acordo com o sistema de classificação de Köppen (EMBRAPA, 2011). A vegetação nos fragmentos de floresta nativa é de Floresta Estacional Semidecidual (DI BITETTI et al., 2003).

Figura 1: Mapa do Brasil com destaque para a cidade de Foz do Iguaçu – PR



Fonte: Adaptado de Google Maps, 2021.

O Parque Nacional (Figura 2) possui aproximadamente 185.262,5 hectares de floresta Estacional Semidecidual (FES), sendo um dos maiores remanescentes de Mata Atlântica do Brasil (ICMBIO, 2018). Localizado no estado do Paraná, sua área de influência abrange os municípios de Foz do Iguaçu, São Miguel do Iguaçu, Santa Terezinha de Itaipu, Serranópolis do Iguaçu, Medianeira, Matelândia, Vera Cruz do Oeste, Ramilândia, Céu Azul, Santa Tereza do Oeste, Lindoeste, Santa Lúcia, Capitão Leônidas Marques, Capanema, e São Miguel do Iguaçu.

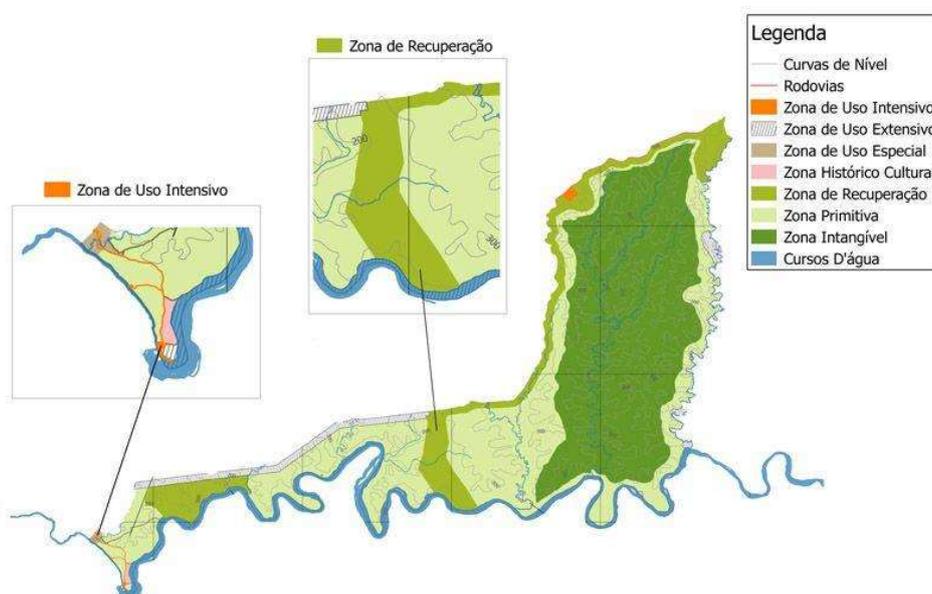


Figura 2: Localização Parque Nacional do Iguaçu
 Fonte: Adaptado de H2FOZ, 2019.

4.2 Levantamento de dados

As amostragens foram realizadas na Zona de Uso Intensivo do parque (Figura 3), que abrange a área da BR-469, com sua faixa de domínio. Esta área segue sentido sul cortando a zona de Uso Especial e Primitiva, até a região do Hotel das Cataratas, Cânion Iguaçu, Vila Sataka, Porto Canoas e Heliponto (coordenada aproximada $25^{\circ} 41' 34.03''$ S e $54^{\circ} 25' 57.52''$ O). Está incluso ainda na Zona de Uso Intensivo, a Trilha do Macuco, toda a área de visitação das Cataratas e a ciclotrilha.

Figura 3: Divisões das zonas existentes no parque



Fonte: Plano de Manejo do Parque Nacional do Iguaçu, 2018.

A escolha dos pontos amostrais se deu em função de haver áreas com maior e menor fluxo de veículos e com níveis diferentes de emissões de poluentes atmosféricos. Dentro da área de uso intensivo foram selecionados 5 pontos para amostragens, conforme figuras 4 e 5 e 6. Os pontos 3, 4, e 5 possuem maior fluxo de veículos, já os pontos 1 e 2 possuem menor fluxo.

Figura 4: Todos os pontos amostrados



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2021.

Figura 5: Pontos amostrais 1 e 2



Fonte: Adaptado do Google Earth, 2021.

Figura 6: Pontos amostrais 4, 5 e 6.



Fonte: Adaptado do Google Earth, 2021.

O P1 está localizado em uma trilha recém-aberta à visitação no início do espaço centro de visitantes. O ponto 2 não é de acesso autorizado aos visitantes do Parque, ou seja, não há fluxo de veículos, e está localizado há 300m após a parada do Macuco Safari. O ponto 3 é o início da Trilha das Cataratas, onde todos os visitantes começam sua caminhada. O ponto 4 é o espaço Tarobá, que consiste no primeiro ponto de parada com local de alimentação. O ponto 5 é o fim do passeio dos turistas, local onde os ônibus de turismo ficam estacionados aguardando os passageiros.

Em cada ponto amostral foram selecionadas 10 árvores, utilizando como critério de seleção, árvores com circunferência na altura do peito (CAP) maiores que 60 cm e com cascas rugosas e muito rugosas, pois os líquens tem melhor desenvolvimento nas árvores com troncos rugosos e ásperos, essa superfície absorve uma maior quantidade de poeira e umidade, o que serve de nutrição para os líquens.

Para a amostragem dos líquens foi utilizado um quadrante de 50×50cm, subdividido em 100 quadrados menores de 4×4 cm, conforme figura 6, e aplicado um índice de correção proposta por Toppmair (1988), devido ao fato das árvores analisadas serem de espécies diferentes, conforme Tabela 1.

Figura 7: Quadrante utilizado para amostragem



Fonte: Próprio autor, 2021.

A quantificação dos líquens nas árvores selecionadas foi realizada em diferentes alturas das árvores (0 -50cm, 51-101cm, 102-152cm, 153-203cm), sendo o início a partir do solo (zero centímetros). A porcentagem de ocupação dos líquens em cada quadrante foi contabilizada de acordo com número de quadrados menores preenchidos com líquens (cada quadrado menor foi equivalente a 1% de área de cobertura).

Tabela 1: Índice de correção (i) de acordo com a rugosidade da casca das espécies de árvores utilizadas na avaliação de líquens

Superfície da casca	Índice de correção de acordo com a rugosidade da casca (i)
Casca lisa	90
Casca pouco áspera	110
Casca com rugosidade	155
Casca rugosa	250
Casca muito rugosa	300

Fonte: Troppmair, 1988.

4.3 Análise de dados

Para a correção da rugosidade da casca nas diferentes espécies utilizou-se a seguinte fórmula matemática:

$$\% Y = \%X \cdot 100/i$$

Sendo:

% Y = Porcentagem real conforme rugosidade do tronco;

% X = *Porcentagem de referência (medida com auxílio de um quadrante)*;

i = índice de correção de acordo com a rugosidade da casca.

Os dados foram analisados de acordo com as classes de cobertura líquênica sobre os troncos das árvores (Tabela 2), proposto por Troppmair (1988), sendo:

Tabela 2: Classificação do grau de poluição do ar, de acordo com a cobertura líquênica em troncos de árvore.

CLASSES	GRAU DE COBERTURA	CLASSIFICAÇÃO
Classe 1	0 a 5%	Poluição forte
Classe 2	6 a 12%	Poluição alta
Classe 3	13 a 25%	Poluição média
Classe 4	26 a 50%	Poluição fraca
Classe 5	51 a 100%	Sem poluição

Fonte: Adaptado de Troppmair (1988)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos e a respectiva média amostral das frequências dos líquens sobre o córtex das árvores analisadas em diferentes alturas estão apresentados na tabela 2.

Tabela 3: Grau de cobertura liquênica em diferentes alturas de árvores, em cinco pontos localizados no Parque Nacional do Iguaçu, Foz do Iguaçu, Paraná

LOCAL	0cm-50cm	51cm-101cm	102cm-152cm	153cm-203cm	Média
Ponto 1 - Trilha Centro de visitantes	49%	52%	43%	49%	48,25%
Ponto 2 - Trilha das bananeiras	41%	35%	34%	39%	37,25%
Ponto 3 - Início trilha principal	28%	39%	51%	51%	42,25%
Ponto 4 - Espaço Tarobá	38%	52%	62%	59%	52,75%
Ponto 5 - Estacionamento Porto Canoas	34%	50%	50%	52%	46,5%
Média	38%	46%	48%	50%	

Fonte: Próprio autor, 2021.

De acordo com os resultados obtidos é possível observar que a ocorrência de líquens é diretamente proporcional ao aumento da altura estudada nas árvores, sendo que a menor cobertura (38%) ocorreu na altura de 0 – 50 cm e a maior cobertura foram registradas na altura de 153–203 cm. Provavelmente isso está associado ao fato da incidência de luz solar, nas maiores alturas os líquens recebem maior luminosidade em comparação aos mais próximos do solo.

Segundo Lopéz (2006), a radiação incidente solar é um fator ambiental essencial para a vida dos fotossintetizadores. Além de sua influência por radiação direta, a energia espectral recebida afeta tanto a temperatura como a umidade do “habitat”. Além disso, a amostragem foi realizada no mês de outubro que teve uma precipitação de 207 mm (CLIMA FOZ, 2021), o que diminui ainda mais a entrada de luz.

As menores porcentagens de cobertura liquênicas foi encontrada no ponto 2 com média de 37,25%. Já o ponto 4 foi o que apresentou a maior média, pode-se entender que pelo fato de as árvores estarem mais dispersas umas das outras a luz solar afeta diretamente os líquens em todas as alturas, já no ponto 2 por ser tratar de mata fechada há pouquíssimo contato dos líquens com alguns feixes de luz solar. Vale ainda ressaltar que neste ponto amostral a maior concentração liquênica encontrada no córtex das árvores amostradas estava localizada na parte que fica diretamente virada para a rua, possivelmente por conta da direção dos ventos que é fator relevante para localização e distribuição dos líquens.

Na tabela 4 a seguir, é possível observar a porcentagem específica de cobertura liquênica por ponto amostral em diferentes alturas e também suas respectivas classificações baseadas nas classes de coberturas liquênica segundo Troppmair (1998).

Tabela 4: Classe de cobertura liquênica por Troppmair (1988)

LOCAL	0cm-50cm	Classe	50cm-100cm	Classe	100cm-150cm	Classe	150cm-200cm	Classe
Ponto 1 - Trilha Centro de visitantes	49%	4 ¹	52%	5 ²	43%	4	49%	4
Ponto 2 - Trilha das bananeiras	41%	4	35%	4	34%	4	39%	4
Ponto 3 - Início trilha principal	28%	4	39%	4	51%	5	51%	5
Ponto 4 - Espaço Tarobá	38%	4	52%	5	62%	5	59%	5
Ponto 5 - Estacionamento Porto Canoas	34%	4	50%	4	50%	4	52%	5

¹poluição fraca, de acordo com a classificação de Troppmair (1988)

² sem poluição, de acordo com a classificação de Troppmair (1988)

Por mais que houve variação dos resultados de um ponto para outro, todos os pontos estão dentro da Classe 4 e 5, sendo considerados como poluição fraca e sem poluição, respectivamente. Uma das respostas para a variação dos pontos se dá devido a pequena presença arbórea de um local em relação aos outros pontos amostrados, pois, segundo Martins et al (2008) a presença de árvores influencia no estabelecimento dos líquens, logo contribuem com este resultado.

A incidência de luz solar é outro fator que interfere significativamente na presença de líquens, a interferência direta sobre os líquens ajuda no seu desenvolvimento, um exemplo é o ponto 2 que apesar de não sofrer nenhuma interferência de poluição apresentou menor média de líquens em relação aos demais pontos com presença de veículos e visitantes, isso porque se trata de um ponto com mata fechada, não havendo incidência de luz solar.

Vale ressaltar que todos os pontos encontram-se na zona de uso intensivo do parque, ou seja, na área com a infraestrutura destinada para a visitação (IBAMA, 2002), sendo o local com maior intensidade de uso da unidade de conservação, e conseqüentemente mais propenso à poluição e impactos ambientais.

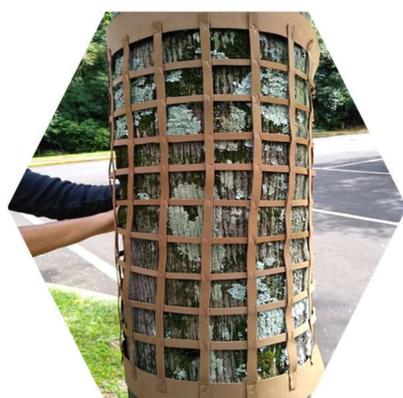
Fica nítido com os resultados obtidos a importância das Unidades de Conservação na manutenção do equilíbrio ambiental, pois, mesmo na zona de uso intensivo de uma UC de Proteção Integral, a qualidade do ar está muito boa.

Visto que em todos os pontos amostrais, tanto os com maior fluxo de pessoas quanto os mais restritos apresentaram baixo índice de poluição, podemos dizer que o turismo numa unidade de conservação traz muitas vantagens para a população, sem de fato causar impacto no meio ambiente, como atividades de educação ambiental e passeios ecológicos, que para Sandell & Öhman (2010), de uma forma não focada especificamente no desporto, a vida em contato com a natureza tem um conjunto de benefícios para a saúde humana, física e mental.

Apesar de se tratar de uma área de uso intensivo dentro de uma Unidade de Conservação Federal de Proteção Integral, a qualidade do ar se encontra muito boa e é possível afirmar ainda que, tanto a visitação turística que ocorre no local quanto o fluxo de veículos presentes no atrativo, não interferem no equilíbrio ecológico e nem na qualidade do ar dentro da UC.

Nas figuras 8, 9 e 10 a seguir é possível observar algumas amostras encontradas em diferentes locais analisados e suas diferentes colorações.

Figura 8: Amostras portadoras de algas verdes



Estacionamento
Porto Canoas



Espaço Tarobá



Trilha principal

Figura 9: Amostras portadoras de fungos



Trilha principal



Espaço Tarobá

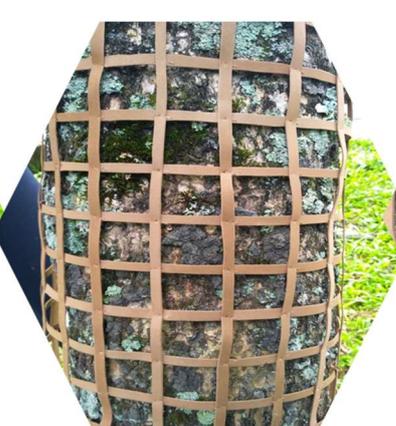


Trilha Centro de
visitantes

Figura 10: Amostras portadoras de cianobactérias



Espaço Tarobá



Espaço Tarobá



Espaço Tarobá

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso dos líquens como um indicador biológico para avaliar a qualidade do ar tem se mostrado uma maneira simples, rápida e de baixo custo de monitorar a poluição, podendo servir com avaliação preliminar da qualidade do ar em diferentes ambientes, incluindo Unidades de Conservação como o Parque Nacional do Iguaçu.

Não é possível afirmar de antemão sobre a qualidade do ar no Parque Nacional do Iguaçu, pois esta foi a primeira coleta. Para que seja possível afirmar a qualidade do ar nesta Unidade de Conservação é preciso que haja uma sequência de análises em diferentes espaços de tempo.

Porém, devido ao alto índice de líquens encontrados nos troncos das árvores, pode-se supor que o ambiente se encontra em estado ideal para o desenvolvimento da biodiversidade de plantas e animais ali existentes.

De acordo com os resultados obtidos nos pontos amostrados é possível dizer que não houve diferenças expressivas entre os pontos, uma vez que todos tiveram classificação 4 ou 5, ou seja, grau de poluição fraca ou sem poluição respectivamente.

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa pode-se afirmar que a incidência de líquens no Parque Nacional do Iguaçu é abundante, porém, é preciso retornar após algum tempo para conseguir observar se houve mudança na incidência dos líquens deste local.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, J.C.M, TAVARES, S.R.L, MAHLER, C.F. Fitorremediação: o uso de plantas na melhoria da qualidade ambiental. Oficina de textos: São Carlos, 2007.

AZUAGA, D. Danos ambientais causados por veículos leves no Brasil. Tese de mestrado em Engenharia – UFRJ, 2000.

CARNEIRO, R. M. A. TAKAYANAGUI, A. M. M. Estudos sobre bioindicadores vegetais e poluição atmosférica por meio de revisão sistemática da literatura. Revista Brasileira de Ciências Ambientais.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade do ar – informações.

CONAMA (1990) RESOLUÇÃO CONAMA nº 003. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Publicado no Diário Oficial da União em 22 de agosto de 1990

D'OLIVEIRA, ENÍLSON, BURSZTYN, IVAN, BADIN, LUCIANA PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU. CADERNO VIRTUAL DE TURISMO. 2002, 2(4). DISPONIVEL EM: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=115418121001>

ELIASARO S., VEIGA P. W., DONHA C. G., NOGUEIRA L. 2009, Inventário de macrolíquens epífitos sobre árvores utilizadas na arborização urbana em Curitiba, Paraná, Brasil: Subsídio para biomonitoramento urbano, Biotemas, 22 (4): 1-8, dezembro de 2009;

FERREIRA, E. J. P. D. Biomonitorização da qualidade do ar: Caso-estudo na envolvente da fábrica de celulose do Caima. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa. **2008**.

FERREIRA, R. L.; OLIVATI, F. N. A utilização de bioindicadores como instrumento de perícia ambiental. Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 5, n. 3, 2014. Disponível em: <<https://www.uninter.com/cadernosuninter/index.php/meioAmbiente/article/view/460/386>>.

HONDA, N. K.; VILEGAS, W. A química dos líquens. Química Nova, v. 21, p. 110- 125. 1998.

HONDA, K. N., VILEGAS, W. "A química Dos Líquens", Química nova, vol. 22, no 1 Feb. 1999, pp. 110-125.

KOCH, N. M. Efeitos da poluição atmosférica como fator de estresse ambiental na estrutura e na funcionalidade das comunidades de líquens. 2016. Tese (Doutorado em Ecologia) –Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/143740>.

LIJTEROFF, R., LIMA, L., PRIERI, B. Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica em la ciudad de San Luis, Argentina. San Luis, v.3. n.1, p.3-6, octubre. 2008.

MACHADO, P. L. O. A. Carbono do Solo e a Mitigação da Mudança Climática Global. **Química Nova. Vol. 28, No. 2, p.329-334, 2005**

MARTINS, S. M. de A.; KÄFFER, M. I.; LEMOS, A. Líquens como bioindicadores da qualidade do ar numa área de termoelétrica, Rio Grande do Sul, Brasil. Hoehnea, Porto Alegre, p. 425-433, 2008.

MEDEIROS, R.; YOUNG; C.E.F.; PAVESE, H. B. & ARAÚJO, F. F. S. 2011. Contribuição das unidades de conservação brasileiras para a economia nacional: Sumário Executivo. Brasília: UNEP-WCMC, 44p.

MELLER, G. S.; OLIVEIRA, K. F.; STEIN, R. T.; MACHADO, V. S. Controle da poluição. Porto Alegre: SAGAH, 2017.

MOURA JM, FERNANDES AT, SILVA JC (2012) Utilização De Líquens Como Bioindicadores De Poluição Atmosférica Na Cidade De Cuiabá – MT. Disponível: <http://www.ibemas.org.br/congresso/Trabalhos2012/VI-016.pdf>.

PIRATELLI, A., SOUZA, S.D., CORRÊA, J.S., ANDRADE. V.A., RIBEIRO, R.Y., AVELAR, L.H., OLIVEIRA, E.F. Searching for bioindicators of forest fragmentation: passerine birds in the Atlantic forest of southeastern Brazil.

ROCHA (2015) avaliação da poluição atmosférica de elementos químicos pela análise de líquen epifítico no campus da cidade universitária de são paulo. Disponível em: <https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/Public/47/032/47032130.pdf>