

Dossiê Parque Estadual do Turvo (PET) - Yucumã

Metais em frutos da *Syagrus romanzoffiana* coletados no Parque Estadual do Turvo (RS) e na Zona de Amortecimento

Metals on *Syagrus romanzoffiana* fruit collected in the Turvo State Park and in the buffer zone

Metales en frutos de *Syagrus romanzoffiana* recolectados en el Parque Estadual do Turvo y en la zona de amortiguación

Bianca Johann Nery¹ , **Malva Andrea Mancuso¹** 

¹ Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil

RESUMO

O Parque Estadual do Turvo, localizado na cidade de Derrubadas (RS), é margeado por propriedades rurais que utilizam essas terras para desenvolver atividades agrícolas, muitas delas, com uso intensivo de agroquímicos como fertilizantes, inseticidas e herbicidas. Metais pesados (tais como Mg, Al, Zn, Cu...) por sua vez, são encontrados em muitos desses agroquímicos e, ao serem aplicados nas culturas, se acumulam no solo e bioacumulam na fauna e flora. Nesse contexto, esse estudo focou em analisar amostras do fruto da *Syagrus romanzoffiana* (*jerivá*), presentes no Parque Estadual do Turvo e na zona lindeira do parque - zona de amortecimento. A técnica de espectrometria de fluorescência de raios X por energia dispersiva (EDXRF) quantificou os metais nas polpas e sementes dos frutos. Entre os principais elementos que compõem os frutos (polpa e semente) destacam-se Al, K e Fe. A semente concentra principalmente Cu, Zn, Ag, Cr, Ni, Cd, Pb, Mg, Fe, Co, Mn e Ti; e a polpa é mais rica em Al, K e Ca. As polpas dos frutos coletados próximos à zona de amortecimento, apresentaram enriquecimento em 60% dos elementos analisados, destacando-se o Sr, Bi, Ba, Al e Fe, quando comparados a amostras de sementes extraídas do interior do parque?

Palavras-chave: Unidade de conservação de proteção integral; Metais pesados; Jerivá

ABSTRACT

The Turvo State Park is located in the city of Derrubadas (RS) and borders rural properties with agricultural land use, many of them use intensive pesticides and fertilizers. Heavy Metals (such as Mg, Al, Zn, Cu...), in turn, are found in many of these agrochemicals and, when applied to crops, accumulate in the soil and bioaccumulate in the species. In that context, this study focused on the analysis of

Syagrus romanzoffiana fruit samples from Turvo State Park and from its buffer zone. The spectrometry of dispersive energy X-ray by fluorescence (EDXRF) technique, quantified metals in the pulp and seed. The main elements in the fruit (pulp and seed) include Al, K and Fe. The seed concentrates mainly Cu, Zn, Ag, Cr, Ni, Cd, Pb, Mg, Fe, Co, Mn and Ti; and the pulp is richer in Al, K and Ca. The pulp of fruits collected near the buffer zone was enriched in 60% of the analyzed elements, especially Sr, Bi, Ba, Al and Fe.

Keywords: Full protection conservation unit; Queen Palm; Heavy metals

RESUMEN

El Parque Estatal del Turvo está situado en la ciudad de Derrubadas (RS) y limita con propiedades rurales que utilizan las tierras para realizar actividades agrícolas, muchas de las cuales hacen un uso intensivo de agroquímicos como fertilizantes, insecticidas y herbicidas. Los metales pesados (como Mg, Al, Zn, Cu...), a su vez, se encuentran en muchos de esos agroquímicos y, cuando se aplican a los cultivos, se acumulan en el suelo y se bioacumulan en la fauna y la flora. En ese contexto, este estudio se centró en el análisis de muestras de frutos de *Syagrus romanzoffiana* procedentes del Parque Estatal de Turvo y del límite entre el parque y la zona tampón. La técnica de espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva (EDXRF) cuantificó los metales en la pulpa y en las semillas de los frutos. Entre los principales elementos que componen los frutos (pulpa y semilla) se destacan Al, K y Fe. La semilla concentra principalmente Cu, Zn, Ag, Cr, Ni, Cd, Pb, Mg, Fe, Co, Mn y Ti; y la pulpa es más rica en Al, K y Ca. La pulpa de los frutos recogidos cerca de la zona tampón estaba enriquecida en el 60% de los elementos analizados, destacando Sr, Bi, Ba, Al y Fe.

Palabras-clave: Unidad de conservación de protección total; Metales pesados; Jeriva

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda global por uma distribuição mais ampla e acessível de alimentos reflete o aumento da população mundial. Essa necessidade é acentuada pela urgência em combater a fome, exigindo abordagens inovadoras e colaborativas para garantir uma distribuição justa e sustentável de alimentos. Consequentemente, os sistemas de cultivo buscam por soluções para otimizar a produtividade nas áreas agrícolas disponíveis. Frequentemente, essas soluções se traduzem na aplicação de agroquímicos, os quais desempenham papéis como o de estimular o crescimento vegetal, fortalecer as plantas, enriquecer o solo com nutrientes e proteger as culturas contra pragas e enfermidades. Uma estratégia empregada com frequência pelos agricultores envolve a utilização de fertilizantes que contêm micronutrientes, proporcionando um incremento produtivo às suas plantações. Dentre os diversos micronutrientes empregados na agricultura brasileira, destaca-se o zinco.

Esse micronutriente desempenha funções vitais, englobando processos fundamentais como a fotossíntese, a respiração, a síntese proteica e a manutenção da integridade da membrana vegetal (Gonçalves Junior *et al.*, 2014). Esses produtos, no entanto, podem suscitar danos ao meio em que são aplicados devido a acumulação de componentes presentes que, em níveis indesejáveis, tornam-se tóxicos (Ramalho; Sobrinho; Velloso, 2000).

A avaliação dos níveis de metais presentes em vegetais, especialmente em regiões com atividade agrícola intensiva, assume relevância crescente. Isso se deve ao aumento da frequência do uso de agroquímicos ao longo dos anos, o que pode resultar na acumulação e bioacumulação dessas substâncias. Essa acumulação potencializada pode gerar um ambiente em que os compostos, em determinadas concentrações, possam se tornar prejudiciais para a fauna local (Santos *et al.*, 2011).

Traços de metais pesados podem ser encontrados na composição de alguns fertilizantes, corretivos e defensivos agrícolas, devido a impurezas presentes em suas estruturas (Pendias; Pendias, 2001; Gonçalves Junior *et al.*, 2014). Ramalho, Sobrinho e Velloso (2000) estudaram a contaminação de uma dada microbacia com metais pesados pelo uso de agroquímicos, encontrando que solos que receberam aplicação intensiva desses, apresentaram teores maiores de metais pesados. Huang e Jin (2007) verificaram a situação de metais pesados em solos agrícolas com diferentes tipos de uso da terra e chegaram à conclusão de que uso prolongado de fertilizantes químicos e adubos orgânicos em excesso em plantações, contribuiu para acúmulo de Cu, Zn e outros metais pesados no solo.

Os metais apresentam a característica da biomagnificação, o que implica na sua acumulação nos diferentes níveis tróficos das cadeias ecológicas dos ecossistemas. A contaminação da fauna por metais tóxicos pode ocorrer por meio da inalação, penetração ou mesmo ingestão de água e alimentos contaminados. Este último, ocorre especialmente devido à habilidade das plantas em bioacumular metais elementos em seus tecidos (Gonçalves Junior *et al.*, 2014). No estudo realizado por Silva, Vitti e Trevizam (2014), que investigou a absorção e translocação de metais

pesados do solo para os grãos de soja e arroz, foi concluído que os teores de Cd e Cu nos grãos se mantiveram em níveis adequados para ambas as culturas. Entretanto, tanto o Mn quanto o Zn apresentaram excesso, correlacionando-se com os níveis de contaminação presentes no solo, o que possibilita uma propagação elevada na cadeia trófica. Surpreendentemente, o chumbo, mesmo diante da constatação de que as raízes das duas culturas limitaram a translocação desses elementos, apresentou concentrações elevadas nos grãos de soja.

Gonçalves Junior *et al.* (2015) estudaram teores de metais pesados em plantas de estragão sob diferentes tipos de fertilizantes, verificando que o fertilizado orgânico, composto de dejetos de suíno, disponibilizou maior concentração de Cu e Mn para as plantas, enquanto que a fertilização mineral disponibilizou maiores teores de nitrogênio e potássio. Hu, Jin e Kavan (2014) avaliaram a bioacumulação de metais pesados em folhas de diferentes plantas, observando que plantas em ambientes poluídos são mais enriquecidas de metais pesados.

O Parque Estadual do Turvo (PET), localizado no município de Derrubadas, ao noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, é enquadrado como uma unidade de conservação do tipo proteção integral, ou seja, tem assegurado, legalmente, a preservação integral das comunidades bióticas e os processos naturais de evolução que ocorrem no seu interior (SEMA, 2005). A unidade de conservação se encontra situada sobre os derrames vulcânicos da Formação Serra Geral, a qual é constituída por basaltos fraturados, com estruturas vesículo-amigdaloidais, que apresentam capas de alteração como características que levam ao desenvolvimento de solos com textura média e argilosa do tipo Cambissolo Háplico Ta Eutroférico e Latossolo Vermelho Distroférico (IBGE, 1986). O entorno do Parque é amplamente utilizado para a agricultura, que, por consequência, pode gerar impactos provenientes de práticas não sustentáveis. A atividade se desenvolve na chamada Zona de Amortecimento (ZA) do Parque, a qual acaba por não exercer seu objetivo de amortecer os impactos provenientes das atividades agrícolas lindeiras, mas sim representando um espaço ocupado pelas mesmas.

Uma forma de avaliar o impacto do uso de insumos agrícolas com metais pesados sobre a flora, consiste na seleção de espécies que ocorrem dentro e fora da área de estudo. Nesse contexto, a *Syagrus romanzoffiana* pode ser utilizada na região. Segundo Balbinot *et al.* (2016), o jerivá (nome atribuído à *Syagrus romanzoffiana*) é a espécie de palmeira mais abundante no PET, presente com maior frequência (17) e densidade (72,2 indivíduos ha⁻¹). Devido a essa notoriedade, neste estudo, optou-se por trabalhar com o jerivá, comumente encontrado e de importância na sustentabilidade de diversas espécies da fauna nativa que consomem seus frutos (Soares *et al.*, 2014).

Assim, esse estudo objetivou comparar concentrações de metais pesados presentes em frutos da espécie *Syagrus romanzoffiana* coletados em diferentes ambientes do PET, para avaliar uma eventual interferência antrópica nos teores de metais presentes nos frutos dessa espécie, em decorrência da intensa atividade agrícola com uso de químicos (Santos *et al.*, 2021) que ocorre na zona lindeira do Parque.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Seleção da área de coleta do fruto da *Syagrus romanzoffiana* e período de amostragem

Para a realização deste estudo foram coletadas amostras de frutos da *Syagrus romanzoffiana* no interior do Parque Estadual do Turvo - PET, que está localizado no município de Derrubadas, noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, sobre a margem esquerda do rio Uruguai, e se encontra rodeado por propriedades rurais (SEMA, 2005).

As amostras foram coletadas em dois ambientes, um deles localizado no interior do parque (ZN), próximo ao Salto do Yucumã (com queda longitudinal de 1800 metros) (Parque Estadual do Turvo, 2021) e o outro localizado na zona lindeira da unidade de conservação com a Zona de Amortecimento (ZA). Neste estudo essas zonas estão referidas como ZN (Zona Natural) e ZA (Zona Antrópica). O propósito de coletar na ZN foi adquirir amostras de frutos que servissem como referência de área não alterada, ou seja, com uma matriz similar às obtidas na borda do parque, mas livres da influência antrópica. A partir dos resultados, foi realizada a análise comparativa entre os teores

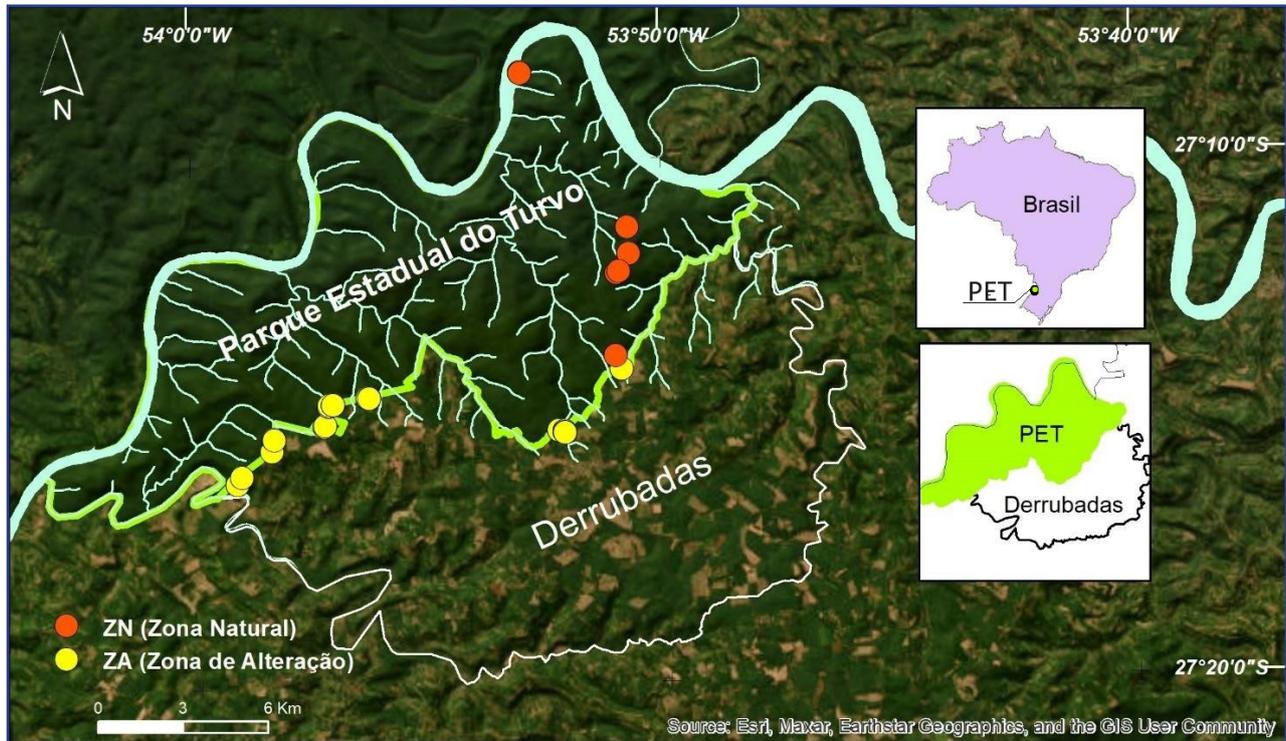
de metais presentes nos frutos coletados na ZN e na ZA. Essa comparação permitiu avaliar se o ambiente circundante do parque, caracterizado pela predominância de atividades agrícolas intensivas, exerce alguma influência na concentração de metais nos frutos da *Syagrus romanzoffiana* que se desenvolvem no PET.

Os locais para a coleta das amostras foram selecionados em uma visita inicial ao Parque Estadual do Turvo (PET), conduzida em 01/08/2018. Durante essa visita, foi possível avaliar a distribuição e a ocorrência da *Syagrus romanzoffiana* nas regiões de interesse, tanto na ZN (Zona Natural) quanto próximo à ZA (Zona Antrópica), ainda, foram considerados os resultados do levantamento fitossociológico apresentado por Balbinot *et al.*, (2016).

Dentro da unidade de conservação, em zona interior do PET (ZN), os frutos foram coletados nas proximidades do Rio Uruguai, que delimita a fronteira oeste do Parque com a Argentina. A região se encontra a aproximadamente 11 km da entrada principal do PET (Figura 1). O local foi escolhido para a obtenção da “amostra de referência”, representante de estado mínimo ou nulo de alteração antrópica. Essas coletas foram realizadas em 01/08/2018 e incluíram, inicialmente, 5 locais de amostragens, 9 palmeiras e um total de 65 frutos. Posteriormente, foi realizada uma segunda visita ao PET, em 04/09/2018, durante a qual foram coletados, por fim, mais 7 conjuntos amostrais próximo à ZA do PET.

O distanciamento entre cada zona de coleta foi de, pelo menos, 1 km. Na visita inicial, foi avaliada a localização de jerivás na zona lindeira entre o PET e a Zona de Amortecimento do Parque, bordeando o limite da unidade de conservação a partir da entrada principal, em ambas as direções. Na zona lindeira do Parque (ZA), foram retiradas 7 conjuntos de amostras de frutos de jerivá. Já na ZN, foram retirados 5 conjuntos amostrais.

Figura 1 – Localização das palmeiras *Syagrus romanzoffiana* com frutos amostrados no Parque Estadual do Turvo – PET (RS)



Fonte: Autoras (2024)

2.2 Amostragem, preparo e determinação de metais

Os frutos de jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) foram coletados da superfície do solo próximo na ZA e na ZN. As coletas e preservação das amostras foram realizadas de acordo com o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB, 2011) e conforme o Manual de Coleta e Amostragem (Haluch, 2013). A fim de obter representatividade nos resultados de qualidade do fruto, foi realizado o procedimento de coleta de amostra composta, a qual compreende a reunião de várias amostras simples, coletadas aos poucos e ao acaso, dentro de uma determinada área, que são misturadas a fim de que representem a zona de coleta escolhida (Haluch, 2013; Universidade de São Paulo, 2021). Para cada zona de coleta foram selecionadas até cinco palmeiras de jerivá, formando um raio de amostragem variável, em função da distância entre as árvores. Em cada zona foram recolhidos, pelo menos, 4 frutos por árvore.

2.2.1 Preparo das Amostras

O procedimento de preparação das amostras dos frutos foi executado seguindo as diretrizes de segurança e utilizando Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) apropriados. As amostras passaram por um processo de lavagem com água destilada, visando remover resíduos superficiais como solo e fragmentos de folhas. A separação entre a polpa e a semente dos frutos foi realizada manualmente, com auxílio de uma faca de rebites simples, com a finalidade de permitir a subsequente análise dos metais presentes nessas duas partes distintas do fruto.

As amostras foram submetidas a um processo de secagem em estufa com circulação de ar forçada a 50°C durante 48 horas. Após a secagem foram acondicionadas em sacos de polipropileno identificados para assegurar o rastreamento. Em seguida, passaram pelo processo de trituração em um moinho do tipo *Willey*, equipado com lâminas e câmara de aço inoxidável. Após a passagem pelo moinho, a trituração manual foi empregada nas sementes, utilizando um pistão em conjunto com um cadinho, executando movimentos circulares. As amostras foram peneiradas utilizando uma peneira com abertura de 0,15 mm assegurando a seleção do diâmetro necessário para a realização das determinações químicas por Espectrometria de Fluorescência de Raios X por Dispersão de Energia (EDXRF). O material resultante desse processo foi transferido para pequenos recipientes e, então, submetido a um período adicional de 24 horas de secagem na estufa a 50°C. Após essa etapa, as amostras foram encapsuladas e analisadas por meio de Espectrometria de Fluorescência de Raios X por Dispersão de Energia (EDXRF), com o intuito de determinar os teores de metais presentes.

2.2.2 Determinação de metais por Espectrometria de Fluorescência de Raios X por Dispersão de Energia

A técnica de Espectrometria de Fluorescência de Raios X por Dispersão de Energia foi realizada através do equipamento da marca Shimadzu (modelo EDX-720). Com o intuito de corrigir qualquer efeito de absorção e calibrar as linhas espectrais

dos elementos a serem analisados, o equipamento foi previamente calibrado com o padrão A-750 - liga metálica composta de alumínio, estanho, magnésio, ferro e cobre, fornecida pela própria Shimadzu.

Para que fosse possível a análise do tecido vegetal do fruto, houve a necessidade da validação do método com a utilização de celulose, empregando material de referência certificado contendo metais pesados em doses conhecidas. Os elementos quantificados por meio da técnica de EDXRF foram: Sódio (Na), Magnésio (Mg), Alumínio (Al), Potássio (K), Cálcio (Ca), Cromo (Cr), Manganês (Mn), Ferro (Fe), Cobalto (Co), Níquel (Ni), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Estrôncio (Sr), Molibdênio (Mo), Prata (Ag), Cádmiio (Cd), Bário (Ba), Tálcio (Tl), Chumbo (Pb) E Bismuto (Bi). Em cada amostra, as determinações foram realizadas em triplicata e os resultados do teor de cada elemento foi calculado a partir da média dos respectivos valores. No total, foram analisadas 27 polpas e 31 sementes do fruto do jerivá (em alguns casos só foi possível obter a semente para a determinação de metais), totalizando 58 amostras avaliadas.

2.3 Análise estatística dos resultados

Após a obtenção dos teores de metais nas amostras dos frutos (polpa e semente) de jerivá, os resultados foram submetidos a análises estatísticas no software PAST (Palaeontological Statistics) 4 (Hammer; Harper; Ryan, 2001). Inicialmente, realizou-se análise estatística básica, que inclui as determinações das máximas, medianas, mínimas, percentil 25 e 75. Além disso, foi verificada a existência de *outliers* nas médias das concentrações de metais obtidas em cada amostra. Para a identificação dos *outliers*, empregou-se o método de Grubs conforme descrito por Hoaglin e Iglewicz (1987), assim como o recurso online da página Graph Pad (2021). Os valores identificados e caracterizados como *outliers* foram excluídos das etapas subsequentes da análise estatística.

Após a exclusão dos *outliers*, realizou-se a análise univariada (estatística descritiva) para o conjunto de parâmetros qualitativos, o teste de normalidade de Shapiro Wilk e, a partir do resultado de distribuição não normal, os testes não paramétricos

de correlação de Spearman, para identificar o grau de associação entre variáveis (estatística bivariada) e o teste U de Mann-Whitney para amostras independentes (com nível de significância estabelecido em 5%). No coeficiente de Spearman, valores de 1 (positivos e negativos) indicam relação perfeita, enquanto que 0 indica ausência de relação. O teste de Mann-Whitney foi empregado para comparar os dois grupos (ZA e ZN) que apresentam tamanho amostral distinto, de forma a identificar se os valores de um grupo são superiores aos do outro grupo, conforme sugerido por Freire (2021).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na composição das amostras, foram identificados 20 elementos inorgânicos. Na, Mg, Al, K, Ca, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Mo, Ag, Cd, Ba, Tl, Pb e Bi. Os elementos com concentrações médias mais elevadas, tanto na polpa quanto na semente, foram: Al, com média de 1.098 mg/kg (variando de 42,3 a 5504,02 mg/kg); K com média de 6.754,8 mg/kg (variando de 485,9 a 13.288,7 mg/kg); e Fe com média de 339,9 mg/kg (variando de 7,15 e 3.741,9 mg/kg).

Os teores de ferro podem estar relacionados à composição mineralógica dos solos da região, que são avermelhados - escuros apresentando grandes quantidades de ferro e manganês (Sema, 2005; Streck *et al.*, 2008; Mancuso *et al.* 2016). Cunha, Silveira e Severo (2006) verificaram que os solos do município de Derrubadas são ricos em cálcio e magnésio e que não foi observada ocorrência de acidez suficiente para liberar alumínio tóxico. Já Kuntz (2011) observou a associação de dois tipos de solo em Derrubadas: os solos Ciríaco-Charrua e Santo Ângelo. O primeiro é um solo argiloso, ondulado e acidentado, com bom teor de matéria orgânica; o segundo, que abrange 60% do município, conta com coloração vermelha-escura, textura argilosa-pesada, acidez expressiva pela presença de ferro e alumínio. Os solos também são ricos em potássio, o que pode ser atribuído ao à contribuição de matéria orgânica rica em K provinda da Mata Atlântica do Parque (Wastowski *et al.*, 2010).

Charro (2013) verificou a presença de minerais essenciais em polpas de butiá (*Butia Eriospatha*) por meio da técnica EDXRF, encontrando K com uma maior porcentagem

entre os minerais analisados. Em outro estudo similar, foram analisados os minerais presentes em casca e semente de butiá, e encontrados maiores percentuais de K seguido de Na, quando comparados a outros minerais presentes tanto na casca quanto na semente desse fruto (Filadelfo, 2013). Gonçalves Junior *et al.* (2015) quantificaram concentrações de metais e nutrientes em plantas sob diferentes fertilizações e viram que a aplicação de fertilizante mineral elevava as concentrações de Ni e de K.

Realizando uma análise comparativa, entre as medianas dos teores de metais presentes em frutos de Jerivá (sementes e polpas), na ZA e na ZN (Tabela 1), constata-se que a polpa de frutos coletados próximo à ZA apresentaram enriquecimento em 60% dos elementos. Entre eles, destacam-se o Sr, Bi e Ba (com aumento da mediana entre 39% e 46%) e, em menor proporção, de Al (31%) e Fe (22%). No entanto, a polpa apresentou teores menores de Mn (51%), Mg (33%), Cr, Mo e Pb (de 20 a 22%) entre outros em menor proporção.

Ao contrário, a semente de jerivá localizada na ZN apresentou maior absorção de metais em 55% dos elementos, em relação à semente coletada na ZA. Entre eles, destaca-se a menor absorção de Fe (de 84%) e, em menor proporção, de e Cr, Co Mg e Ba (entre 40% e 47%) (tabela 1). Por outro lado, próximo à ZA se observa enriquecimento de K e de Ni (de 34% e 45% respectivamente) na semente do jerivá, além do Ca, Bi, Ti (entre 14 e 18%) e entre outros em menor proporção (Na, Cu, Zn e Mo).

Considerando as medianas, as polpas dos frutos de jerivá coletados nas proximidades da ZA, apresentaram enriquecimento em Al (em 218,97 mg/Kg), K (em 8.422,74 mg/Kg), Fe (em 15,33 mg/Kg), Ni (em 0,21 mg/Kg) e Sr (em 0,92 mg/Kg). Utilizando o mesmo parâmetro estatístico, as sementes dessas árvores apresentaram aumento significativo de absorção de K (de 1.510,07 mg/kg), Ca (6,50 mg/kg) e Ni (1,62 mg/Kg) (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise comparativa entre as medianas dos teores de metais presentes em frutos de Jerivá (sementes e polpas) coletados dentro da Unidade de Conservação do Parque Estadual do Turvo- PET e na zona lindeira do PET com a zona de amortecimento

Elemento	Polpa				Semente			
	ZN Mediana (mg/kg)	ZA Mediana (mg/kg)	Diferença (mg/kg)	Diferença (%)	ZN Mediana (mg/kg)	ZA Mediana (mg/kg)	Diferença (mg/kg)	Diferença (%)
Na	50,26	51,31	1,05	2%	48,20	51,10	2,90	6%
Mg	11,95	8,05	-3,90	-33%	19,30	18,47	-0,83	-4%
Al	702,34	921,31	218,97	31%	584,17	432,08	-152,09	-26%
K	7995,70	8422,74	427,04	5%	4386,99	5897,06	1510,07	34%
Ca	62,41	59,35	-3,06	-5%	42,13	48,63	6,50	15%
Cr	2,18	1,75	-0,44	-20%	6,52	3,94	-2,58	-40%
Mn	10,40	5,05	-5,35	-51%	16,30	8,63	-7,67	-47%
Fe	70,45	85,78	15,33	22%	601,39	144,82	-456,57	-76%
Co	7,13	7,03	-0,11	-1%	21,30	11,90	-9,40	-44%
Ni	2,14	2,35	0,21	10%	3,64	5,26	1,62	45%
Cu	6,15	6,25	0,09	2%	8,94	9,22	0,28	3%
Zn	9,38	8,21	-1,17	-12%	17,64	17,92	0,28	2%
Sr	1,99	2,91	0,92	46%	2,92	2,49	-0,44	-15%
Mo	0,85	0,67	-0,18	-21%	1,00	1,04	0,04	4%
Ag	10,02	11,33	1,31	13%	16,19	15,53	-0,67	-4%
Cd	4,67	5,09	0,42	9%	6,60	5,93	-0,67	-10%
Ba	12,17	16,94	4,77	39%	30,88	17,64	-13,24	-43%
Tl	5,71	5,73	0,02	0%	6,68	7,62	0,94	14%
Pb	6,32	4,94	-1,38	-22%	9,33	7,16	-2,17	-23%
Bi	5,60	8,17	2,57	46%	8,27	9,74	1,47	18%

Fonte: Organizado pelos autores (2024)

Ao contrário, a semente de jerivá localizada na ZN apresentou maior absorção de metais em 55% dos elementos, em relação à semente coletada na ZA. Entre eles, destaca-se a menor absorção de Fe (de 84%) e, em menor proporção, de e Cr, Co Mg e Ba (entre 40% e 47%) (tabela 1). Por outro lado, próximo à ZA se observa enriquecimento de K e de Ni (de 34% e 45% respectivamente) na semente do jerivá, além do Ca, Bi, Ti (entre 14 e 18%) e entre outros em menor proporção (Na, Cu, Zn e Mo).

Considerando as medianas, as polpas dos frutos de jerivá coletados nas proximidades da ZA, apresentaram enriquecimento em Al (em 218,97 mg/Kg), K (em

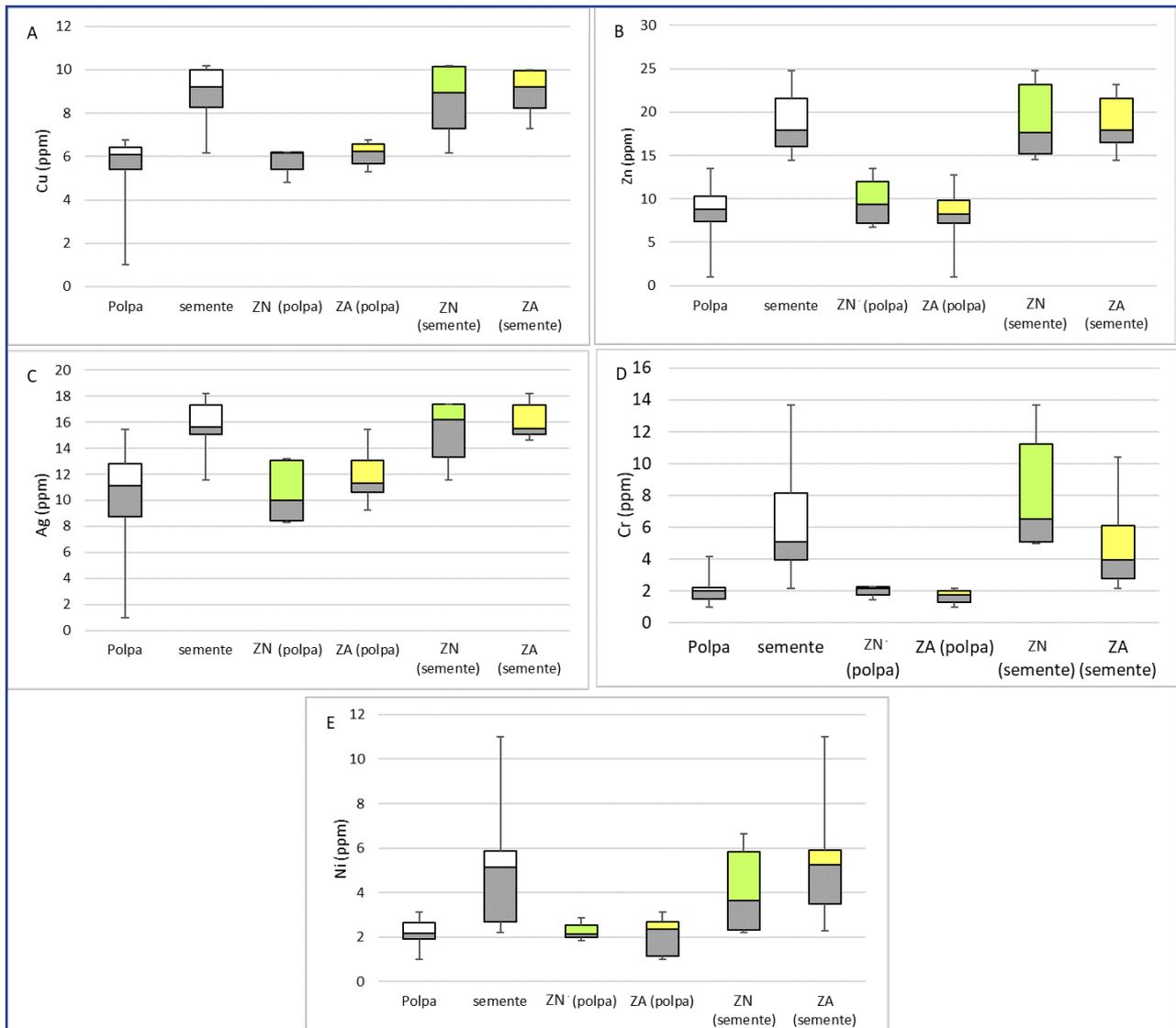
8.422,74 mg/Kg), Fe (em 15,33 mg/Kg), Ni (em 0,21 mg/Kg) e Sr (em 0,92 mg/Kg). Utilizando o mesmo parâmetro estatístico, as sementes dessas árvores apresentaram aumento significativo de absorção de K (de 1.510,07 mg/kg), Ca (6,50 mg/kg) e Ni (1,62 mg/Kg) (Tabela 1).

Santos (2019) verificou que os solos de áreas agrícolas contribuíram para elevar os teores de Ba, Cd, Cr, Co, Cu, Ni, Zn, em relação aos teores das áreas nativas. No manejo agrícola, o uso prolongado e frequente de pesticidas pode contribuir para a acumulação de metais pesados como o Cu, Ni, Zn e Cd nos solos (NICHOLSON *et al.*, 2003). Esse fato também foi observado por Moura e Mazur (2006), que relacionaram os agroquímicos ao aumento dos níveis de Cd, Ni, Pb, Zn e Mn nos solos e nas plantas cultivadas. Segundo Reboredo *et al.* (2018), foram constatadas elevadas concentração de Pb (até 20 mg/Kg), Cu (até 44 mg/Kg) e Zn (até 200 mg/Kg) em vegetais cultivados com o uso intensivo de fertilizantes inorgânicos e pesticidas.

Em relação às sementes dos frutos de jerivá e, com base na mediana das concentrações, as amostras da ZN apresentaram maior absorção dos seguintes metais (Tabela 1): Al (de 152,09 mg/Kg), Cr (de 2,58 mg/Kg), Mn (de 7,67 mg/Kg), Fe (de 7,67 mg/Kg), Co (de 9,40 mg/Kg), Ba (de 13,24 mg/Kg) e Pb (de 2,17 mg/Kg).

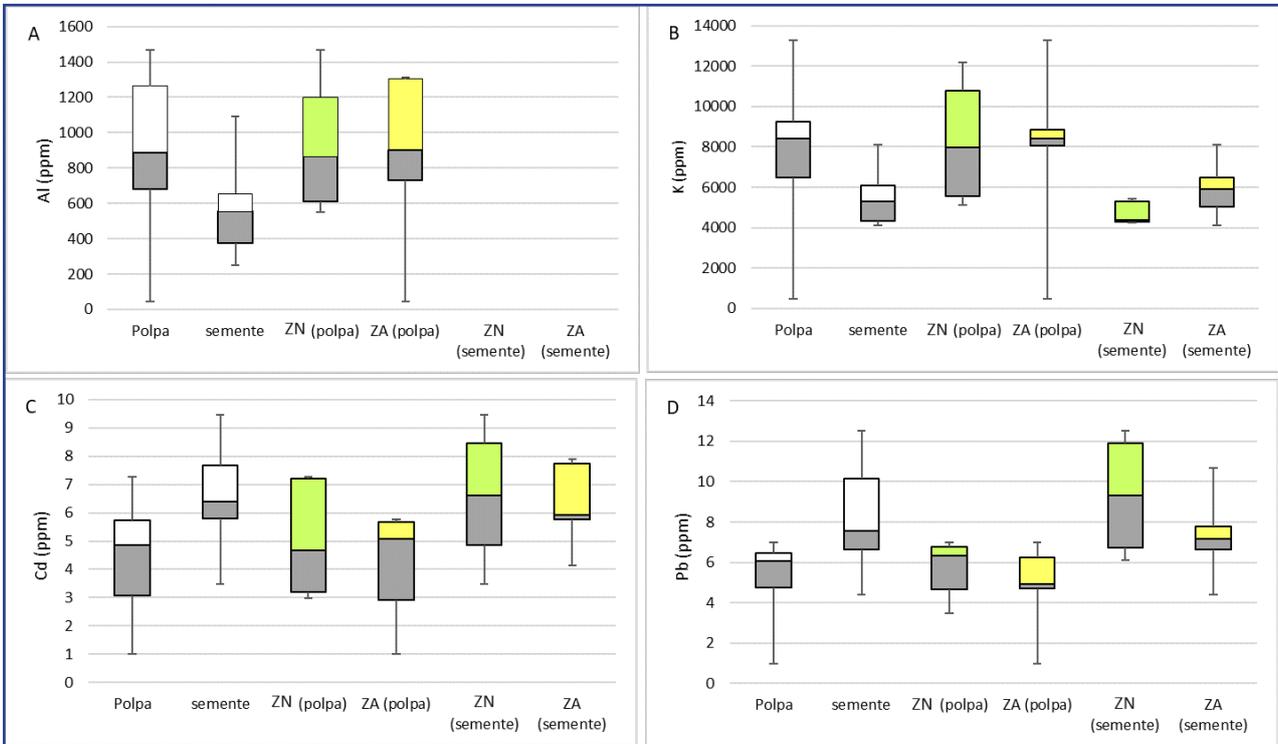
Quando comparadas as medianas dos teores de metais em polpas e sementes de frutos de *Syagrus romanzoffiana*, coletados na ZN e ZA, consta-se diferenças significativas entre polpa e semente nos elementos: Cu, Zn, Ag, Cr e Ni (com significância inferior a 1%) (Figura 2); Al, K, Cd e Pb (com significância de 1%) (figura 3); e Ca, Mg, Mn, Fe, Co e Ti (com significância entre 2% e 4%).

Figura 2 – Teores de metais em frutos de *Syagrus romanzoffiana* (polpa e semente) coletados no Parque Estadual do Turvo e na sua Zona de Amortecimento, representados como Box Plot com teores mínimos, percentil 25, mediana, percentil 75 e máximos (ppm). (A) Cobre. (B) Zinco. (C) Prata. (D) Cromo. (E) Níquel



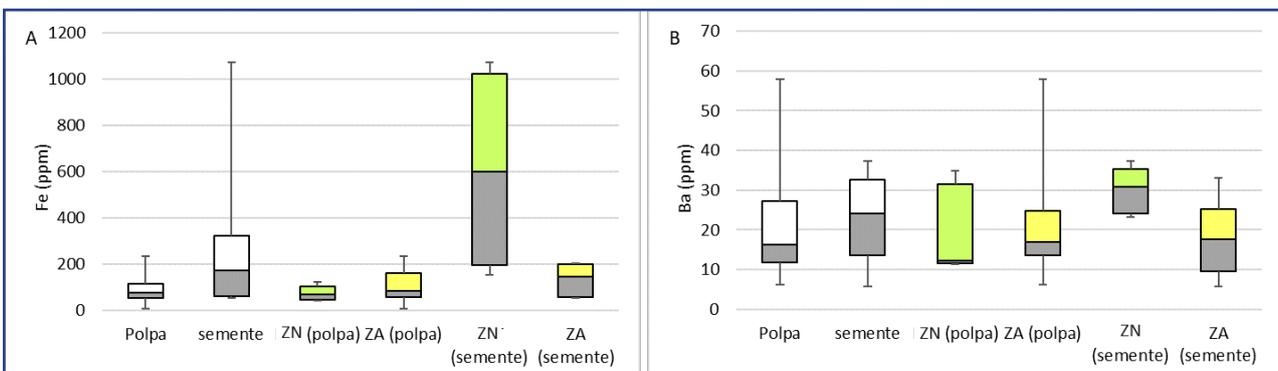
Fonte: Organizado pelos autores (2024)

Figura 3 – Teores de metais em frutos de *Syagrus romanzoffiana* (polpa e semente) coletados no Parque Estadual do Turvo e na sua Zona de Amortecimento, representados como Box Plot com teores mínimos, percentil 25, mediana, percentil 75 e máximos (ppm). (A) Alumínio. (B) Potássio. (C) Cádmio. (D) Chumbo



Fonte: Organizado pelos autores (2024)

Figura 4 – Teores de metais em frutos de *Syagrus romanzoffiana* (polpa e semente) coletados no Parque Estadual do Turvo e na sua Zona de Amortecimento, representados como Box Plot com teores mínimos, percentil 25, mediana, percentil 75 e máximos (ppm). (A) Fe. (B) Ba



Fonte: Organizado pelos autores (2024)

Tabela 2 – Análise de correlação entre os metais presentes em frutos de Jerivá (sementes e polpas) coletados dentro da Unidade de Conservação do Parque Estadual do Turvo- PET (RS)

Elemento	Semente - ZN				Polpa - ZN		
	1,0	0,9	-0,9	-1,0	1,0	0,9	-0,9
Bi		Ni					
Pb			Cu, Zn, Ag	Fe	Na	Ca, Cu, Mo	
Ti						Mg, Cu	Fe
Ba						Al, Co	
Cd	Zn	Fe	Co		Mn	Ca, Zn	
Ag					Mn	Ca, Zn	
Mo						Na, K, Ca, Cu	
Sr		Mg, Fe	Co			Al	
Zn		Fe				Mn	
Cu			Ca				
Ni			Mg, Fe				
Fe		Mg					
Co						Fe	Mg
Mn		K, Ca				Na, Ca	
Cr	Al						
Ca					Na, K		
K		Na				Na	

Fonte: Organizado pelos autores (2024)

A análise estatística dos metais presentes nos frutos de jerivá coletados no interior da Unidade de Conservação do PET, indica um total de 20 correlações significativas ($p < 0,05$) e de magnitude elevada ($\geq 0,9$), relacionando metais encontrados na semente; e 28 correlações significativas relacionando metais encontrados na polpa (Tabela 2). Destacam-se as seguintes correlações muito fortes: Pb-Fe ($R^2 = -1$) indicando competição na absorção desses elementos na semente; e concomitância ($R^2 = 1$) na absorção de Cd-Zn e Cr-Al na semente, e de Pb-Na, Cd-Mn, Ag-Mn, Ca-Na e Ca-K na polpa.

A análise de correlação entre os metais presentes em frutos de jerivá (sementes e polpas) coletados na zona lindeira da Unidade de Conservação, indica correlações significativas ($p < 0,05$) e de magnitude elevada ($\geq 0,9$) em um total de 11 análises,

relacionando elementos encontrados na semente e de 17, relacionando elementos encontrados na polpa (tabela 3). Destacam-se as correlações muito fortes Co-Fe ($R^2=1$), indicando competição na absorção desses metais na polpa de jerivá, e de Zn-Cd ($R^2=1$), indicando concomitância na absorção dos mesmos na semente.

Tabela 3 – Análise de correlação entre os metais presentes em frutos de Jerivá (sementes e polpas) coletados na zona lindeira da Unidade de Conservação

Frutos de Jerivá (Polpa - ZA)			
Elemento	Correlação		
		1,0	0,9
Bi		Cd	Mo
Pb		Ni, Cu, Zn	
Ti		Cd	
Ba			
Cd		Mg	Mo
Ag			
Mo			
Sr		K, Ca, Zn	
Zn		Cu	
Cu			
Ni			
Fe		Al	
Co	Fe	Al, Ca	
Mn			
Cr			
Ca		K	
K			

Fonte: Organizado pelos autores (2023)

Fertilizantes fosfatados são fontes de contaminação de Cd em solos de todo o mundo (Zovko; Romić, 2011). Chen e Pan (2008), constataram correlações significativas entre os elementos cádmio, chumbo e fósforo o que pode estar relacionado a aplicação de fertilizantes-P em hortaliças.

Nicholson *et al.* (2003), afirma que com o uso prolongado e frequente de pesticidas ocorre acumulação de metais pesados como o cobre, níquel, zinco e cádmio em terras agrícolas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre os principais elementos que compõem os frutos (polpa e semente) da espécie *Syagrus romanzoffiana*, ou jerivá, coletados no Parque Estadual do Turvo e na zona lindeira ao Parque estão Al, K e Fe. Quando comparadas as medianas dos teores de metais em polpas e sementes, constam-se diferenças significativas. A semente concentra principalmente Cu, Zn, Ag, Cr, Ni, Cd, Pb, Mg, Fe, Co, Mn e Ti; e a polpa é mais rica, principalmente, em Al, K e Ca.

Nos frutos de jerivá coletados na ZN, foram constatadas correlações muito fortes entre os teores de Pb e Fe, que indicam competição na absorção desses elementos na semente; e concomitância na absorção de Cd e Zn, e de Cr e Al na semente, a semelhança dos resultados obtidos na polpa, entre Pb e Na, Cd e Mn, Ag e Mn, Ca e Na e Ca e K.

A análise de correlação entre os metais presentes em frutos de jerivá (sementes e polpas), coletados na zona lindeira da Unidade de Conservação, indicam competição na absorção de Co e na polpa do fruto de jerivá; e concomitância na absorção de Zn-Cd na semente.

A polpa dos frutos coletados na ZA, apresentaram enriquecimento em 60% dos elementos analisados, destacando-se o Sr, Bi, Ba, Al e Fe; e teores menores de Mn, Mg, Cr, Mo e Pb.

Quando comparadas as sementes dos frutos de jerivá coletados próximos à ZA, com as sementes dos frutos coletados no interior da Unidade de Conservação, se observa maior concentração de Fe e Ba em sementes provenientes das coletas da ZN.

É recomendada a realização de estudos complementares que permitam avaliar a influência dos solos basálticos, ricos em metais, nas concentrações desses elementos nos frutos da espécie *Syagrus romanzoffiana*, ou jerivá.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen e ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária que oportunizaram a elaboração deste estudo. Aos técnicos de laboratório Fernanda Volpato e Paulo Bairros, pela dedicação e apoio.

REFERÊNCIAS

BALBINOT, R. *et al.* Análise fitossociológica de um fragmento de Floresta Estacional Decidual: Parque Estadual do Turvo, RS. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 36, n. 86, p.103-113, abr./jun. 2016.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia nacional de coleta de preservação de amostras**: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Brasília, DF: ANA; São Paulo. 2011. 327 p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf>. Acesso em: 01 jan. 2021.

CHARRO, S. G. Análise de minerais essenciais em polpa de butiá (*Butia Eriosepatha*) por EDXRF. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ANALISTAS DE ALIMENTOS, 4., 2013, São Paulo. **Anais...**São Paulo: 2013. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/2013/eventos/19617.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2020.

CHEN, W.; PAN, G. Arsenic, Cadmium, and Lead in California Cropland Soils: Role of Phosphate and Micronutrient Fertilizers. **Journal of Environmental Quality**, p. 689-695 mar., 2008.

CUNHA, N. G. da; SILVEIRA, R. J. C. da; SEVERO, C. R. S. Estudo de Solos do Município de Derrubadas - RS. **Circular Técnica**, Pelotas, v. 1, n. 50, p. 1-61, jul. 2006.

FILADELFO, C. T. Análise de minerais essenciais em casca e semente de butiá (*Butia Eriosepatha*) por EDXRF. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ANALISTAS DE ALIMENTOS, 4., 2013, São Paulo. **Anais...**São Paulo: 2013. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/2013/eventos/19618.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2020.

FREIRE, S. M. **Bioestatística Básica**. Rio de Janeiro: Lampads Uerj, 2021. 624 p.

GONÇALVES JUNIOR, A. C. *et al.* Levels of nutrients and heavy metals in tarragon plants under different fertilizers. **Revista Ciência Agronômica**, [s.l.], v. 46, n. 2, p. 233-240, 2015. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20150002>.

GONÇALVES JUNIOR, A. C. *et al.* Heavy Metal Contamination in Brazilian Agricultural Soils due to Application of Fertilizers. In: HERNANDEZ-SORIANO, Maria C. (ed.). **Environmental Risk Assessment of Soil Contamination**. Intechopen, 2014. Cap. 4. p. 107-135.

GRAPH PAD. **Outlier calculator**. 2021. Disponível em: <https://www.graphpad.com/quickcalcs/Grubbs1.cfm>. Acesso em: 01 jan. 2021.

HALUCH, S. M. **Manual de coleta de amostras e amostragem**. TECLAB – Tecnologia em análises laboratoriais. Laboratório Ambiental. p. 1–53, 2013.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T; RYAN P. D. PAST: **Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis**. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. 2001. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.

HOAGLIN D. C.; IGLEWICZ B. Fine-tuning some resistant rules for outlier labeling. **Journal of the American Statistical Association**, [s.l.], v. 82: 400, p. 1147-1149, dec. 1987.

HU, H.; JIN, Q.; KAVAN, P. A Study of Heavy Metal Pollution in China: Current Status, Pollution-Control Policies and Countermeasures. **Sustainability, [s.l.]**, v. 6, p. 5820-5838, 02 set. 2014.

HUANG, S.W.; JIN, J.Y. Status of heavy metals in agricultural soils as affected by different patterns of land use. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s.l.], v. 139, n. 1-3, p. 317-327, 5 jun. 2007. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-007-9838-4>.

KUNTZ, E. R. Área de preservação permanente e reserva legal no município d Derrubadas-RS. 2011. 76 f. **TCC (Graduação)** - Curso de Planejamento e Gestão Para O Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Três Passos, 2011.

IBGE. Folhas SH 22 Porto Alegre e parte das folhas SH 21 e SI 22 Lagoa Mirim: **Levantamento de Recursos Naturais. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, V. 33. 1986. 776p.

MANCUSO, M. A.; AZEVEDO, F. C. G. de.; WASTOWSKI, A. D.; FIOREZE, M. Determinação das propriedades químicas de águas e sedimentos em área agrícola utilizando espectrometria de fluorescência de raios X por energia dispersiva. **Revista do Instituto de Geociências - USP**, São Paulo, SP, vol. 16, n. 1, p. 85-100, mar. 2016. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/003082422>. Acesso em: 13/12/2023.

MOURA, J. E. V. N. N.; MAZUR, B. D. A. S. N. Sistemas de preparo de solo e acúmulo de metais pesados no solo e na cultura do pimentão (*Capsicum Annum L.*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p.113-119. 2006. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000100017>. 2006

NICHOLSON, F.A. *et al.* An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. **Science of the total environment**, v. 311, n. 1-3, p. 205-219, jul., 2003.

PARQUE ESTADUAL DO TURVO. **Salto do Yucumã**: Salto do Yucumã ou Salto Grande. Disponível em: <https://parquedoturvo.wordpress.com/uso-publico/salto-do-yucuma>. Acesso em: 11 dez. 2023.

PENDIAS, A. K.; PENDIAS, H. **Trace Elements in Soils and Plants**. 3. ed. Boca Raton: Crc Press, 2001. 331 p.

RAMALHO, J. F. G. P.; SOBRINHO, N. M. B. DO A.; VELLOSO, A. C. X. Contaminação da microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 35, n. 7, p. 1289–1303, 2000.

REBOREDO F., SIMÕES M., JORGE MANCUSO MARTINEZ GUERRA RAMALHO PESSOA LIDON C. M. J. M. Metal content in edible crops and agricultural soils due to intensive use of fertilizers and pesticides in Terras da Costa (Portugal). **Environmental Science and Pollution Research**. 3.26 (2019): 2512-2522.

SANTOS C.E.; MANCUSO, M.A.; TOEBE, M.; SCHULLER T.L. Mapeamento do potencial de contaminação das águas subterrâneas e superficiais por agrotóxicos no noroeste do Rio Grande do Sul. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 40, n. 4, p. 951 - 966, 2021. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/15459>. Acesso em: 10/12/2023.

SANTOS, D. da S. **Metais pesados em áreas agrícolas e cerrado nativo no oeste da Bahia**. 2019. 103 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

SANTOS, T. C. dos. *et al.* Fitorremediação: avaliação do potencial de recuperação em solos contaminados com metais pesados. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, [s.l.], v. 7, p. 1-10, 2011.

SEMA – Secretaria estadual do meio ambiente: Departamento de Florestas e Áreas Protegidas **Plano de manejo do Parque Estadual do Turvo**. 2005. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201610/24172430-plano-manejo-peturvo.pdf>. Acesso em: 29 maio 2019.

SILVA, M. L. de S.; VITTI, G. C.; TREVIZAM, A. R. Heavy metal toxicity in rice and soybean plants cultivated in contaminated soil. **Revista Ceres**, [s.l.], v. 61, n. 2, p. 248-254, abr. 2014. FapUNIFESP (SciELO).

SOARES, K. P. *et al.* Palmeiras (Arecaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Rodriguésia**, [s.l.], v. 65, n. 1, p. 113-139, 2014.

STRECK, E. L. N. *et al.* **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/ RS; UFRGS. 2008.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”. **Amostragem de Solos**. Piracicaba, 2021. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/departamentos/Iso/coleta.htm>. Acesso em: 07 fev. 2021.

WASTOWSKI, A. D. *et al.* Caracterização dos níveis de elementos químicos em solo, submetido a diferentes sistemas de uso e manejo, utilizando espectrometria de fluorescência de raios-x por energia dispersiva (EDXRF). **Química Nova**, Frederico Westphalen, v. 33, n. 7, p. 1449-1452, jul. 2010.

ZOVKO, M.; ROMIĆ, M. Soil Contamination by Trace Metals: Geochemical Behaviour as an Element of Risk Assessment. **Earth and Environmental Sciences**, v. 1, n. 1996, p. 437- 456, 2011.

Contribuições de autoria

1 – Bianca Johann Nery

Universidade Federal de Santa Maria, Mestre em Engenharia Ambiental

<https://orcid.org/0000-0002-9245-6253> • biancajohannnery@gmail.com

Contribuição: Conceituação, investigação, escrita - primeira redação, escrita - revisão e edição

2 – Malva Andrea Mancuso

Universidade Federal de Santa Maria, Doutora em Geociências

<https://orcid.org/0000-0002-8252-534X> • e-mail: malvamancuso@gmail.com

Contribuição: Metodologia, escrita - primeira redação, escrita - revisão e edição

Como citar este artigo

NERY, B. J.; MANCUSO, M. A. Metais em frutos da Syagrus romanzoffiana coletados no Parque Estadual do Turvo (RS) e na Zona de Amortecimento. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 28, e86251, 2024. Disponível em: 10.5902/2236499486251. Acesso em: dia mês abreviado. ano.