



Universidade Federal de Ouro Preto
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas
Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente
Laboratório de Ecologia Aquática, Evolução e Conservação



BÁRBARA RAYANNE SILVESTRE BITARÃES

**Elementos químicos depositos por neblina e chuva em uma área altitudinal
no Parque Estadual do Itacolomi, Quadrilátero Ferrífero (MG)**

OURO PRETO

2019

Universidade Federal de Ouro Preto
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas
Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente
Laboratório de Ecologia Aquática, Evolução e Conservação

**Elementos químicos depositos por neblina e chuva em uma área altitudinal
no Parque Estadual do Itacolomi, Quadrilátero Ferrífero (MG)**

ALUNA: BÁRBARA RAYANNE SILVESTRE BITARÃES
ORIENTADORA: ENEIDA MARIA ESKINAZI SANT'ANNA

Monografia apresentada ao Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

OURO PRETO

2019

 UFOP Universidade Federal de Ouro Preto	UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO DEPARTAMENTO DE BIODIVERSIDADE, EVOLUÇÃO E MEIO AMBIENTE Campus Morro do Cruzeiro – ICEB – CEP – 35.400-000 Fone: (031) 3559-1747 E-mail: debio@iceb.ufop.br Web: www.iceb.ufop.br/debio	 DEBIO Departamento de Biodiversidade Evolução e Meio Ambiente
---	--	---

Ata da sessão pública para julgamento da Monografia de Bárbara Rayanne Silvestre Bitarães, Curso de Bacharelado Ciências Biológicas, DEBIO/ICEB/UFOP

Aos três dias do mês de outubro de 2019, às 13:30h, no Laboratório Didático da Educação, reuniu-se a Comissão Julgadora composta pelas Dra. Gleice Souza Santos, MSc. Edissa Emi Cortez Silva e Dra. Eneida Eskinazi Sant'Anna para a avaliação da monografia da aluna Bárbara Rayanne Silvestre Bitarães na área de Biologia, intitulada “Elementos químicos depositos por neblina e chuva em área lacustre altitudinal”. A sessão pública foi aberta pela Profa. Dra. Eneida Eskinazi Sant'Anna, presidente da Comissão Julgadora e orientadora, que após formalidades de praxe, passou a palavra à aluna para a apresentação oral e, a seguir, iniciou o período de arguição pelos membros da banca. Terminada a arguição, a Comissão reuniu-se em sessão secreta para elaborar o relatório individual de apreciação da Monografia e decidiu pela Aprovação da aluna com nota 9,0. Nada havendo mais a tratar, foi encerrada a sessão da qual lavrou-se a presente ata que vai assinada pela Comissão Julgadora. Ouro Preto, 3 de outubro de 2019.



Profa. Dra. Eneida Eskinazi Sant'Anna
Universidade Federal de Ouro Preto
Presidente



Dra. Gleice Souza Santos
Universidade Federal de Ouro Preto



MSc. Edissa Emi Cortez Silva
Universidade Federal de Ouro Preto

“Na vida, não existe nada a se temer, apenas a ser compreendido.”

Marie Curie

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, à minha mãe Irani e ao meu irmão Diego por todo apoio, amparo e carinho. Agradeço-os também por cada conversa a respeito de como a biologia é linda e necessária, por terem se apaixonado por ela e por estimularem a educação ambiental em volta de vocês. À minha família por sempre me apoiar em meus estudos e meu crescimento pessoal.

À minha orientadora Eneida por ter me acolhido em seu laboratório quando eu só sabia que gostava de água, mas nem fazia ideia da amplitude da limnologia. Obrigada por todos os ensinamentos, paciência e por ser tão humana em momentos difíceis.

Agradeço também pela oportunidade de participar do projeto “Quando ar e água se encontram: avaliação da deposição atmosférica em uma lagoa de altitude do Parque Estadual do Itacolomi (MG)” e aos meus colegas de equipe, Natacha, Vanessa e Yuri, obrigada por terem feito esse trabalho acontecer.

A todos com quem tive oportunidade de trabalhar e conviver no Laboratório de Ecologia Aquática, Evolução e Conservação (LAECO) em especial as meninas, obrigada pela companhia diária, risadas e cafés da tarde.

A cada risada que a Biogal 15.2 me proporcionou, obrigada por cada campo, cada rock, cada momento no DA, nos corredores, nas conversas infinitas e até na diversão que a gente conseguia ter até estudando para as provas. Agradeço também a cada amigo que fiz em Ouro Preto e as meninas com que tive oportunidade de morar, todos vocês me ensinaram muito. E aos amigos de Belo Horizonte que mesmo distantes estiveram sempre presentes.

À FAPEMIG pelo apoio financeiro e à UFOP pelo ensino gratuito de qualidade. À Marina Beirão pelo auxílio com a estatística, ao Laboratório de Geoquímica Ambiental (LGqa) e ao Laboratório de Química Tecnológica e Ambiental (LQTA).

RESUMO

Neblina e chuva são importantes veículos de transporte e deposição de íons e partículas suspensas na atmosfera, de origem biogênica ou antropogênica, como atividades industriais e minerárias. Regiões altitudinais como o Quadrilátero Ferrífero (QF) são propícias a formação de neblina e eventos de precipitação. Sendo o QF uma região minerária inserida na Serra do Espinhaço, um hotspot que abriga áreas de conservação, é importante conhecer quais os elementos químicos depositados no ambiente e suas concentrações. O estudo foi realizado em uma área de 1609 metros de altitude próxima a Lagoa Seca no Parque Estadual do Itacolomi. Foram coletadas 124 amostras entre os meses de junho a agosto/ 2017 (estação seca) e outubro e novembro/2017 e março/2018 (estação chuvosa). Com variação média de pH entre 5.6 e 6.2 Por meio de análises químicas e geoquímicas 12 elementos químicos foram identificados, sendo N, K, Ca, S, Mg e Mn os de maiores concentrações e P o menos abundante. As variáveis estação seca, estação chuvosa, neblina, neblina + chuva foram testadas por GLM, que mostrou que a estação seca influencia no aumento da concentração dos elementos químicos e que a neblina é um veículo importante para o transporte aéreo e deposição úmida de íons.

Palavras-chave: deposição úmida, poluentes atmosféricos, ambientes montanos, aerossol.

ABSTRACT

Fog and rain are important vehicles for the transport and deposition of ions and particles suspended in the atmosphere, of biogenic or anthropogenic origin, like industrial and mining activities. Altitudinal regions such as the Quadrilátero Ferrífero (QF) are conducive to the formation of fog and precipitation events. As the QF is a mining region inserted in Serra do Espinhaço, a hotspot that houses conservation areas, it is important to know which chemical elements are deposited in this environment and their concentration. The study was conducted in an area of 1609 meters of altitude close to Lagoa Seca in Itacolomi State Park. From June to August / 2017 (dry season) and October, November / 2017 and March / 2018 (rainy season), 124 samples of rain and fog were collected. Showing an average pH variation between 5.6 and 6.2 Through chemical and geochemical analysis 12 chemical elements were identified, with N, K, Ca, S, Mg and Mn being the ones with the highest concentrations and P the least abundant. The variables dry season, rainy season, fog, fog + rain was tested by GLM, which showed that the dry season influences the increase in the concentration of chemical elements and that fog is an important path for the air transport and wet deposition of ions.

Key-words: wet deposition, air pollutants, mountain environments, aerosol.

O texto foi formatado de acordo com as normas da revista Brazilian Journal of Biology ISSN 1678-4375.

INTRODUÇÃO

Minas Gerais é um estado conhecido principalmente por sua riqueza mineral e suas formações montanhosas compreendidas principalmente pela Serra do Espinhaço, um hotspot de transição entre os biomas Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga. Com a finalidade de proteção ambiental, em 2005 foi criada pela UNESCO a Reserva da Biosfera do Espinhaço, que compreende a parte meridional e setentrional, situadas em Minas Gerais e Bahia, respectivamente (Jacobi *et. al.*, 2007).

O Quadrilátero Ferrífero (QF), localizado na porção meridional da Serra do Espinhaço, é uma grande região minerária. Mais de 250 municípios mineiros possuem atividade minerária, sendo que 7 das 10 principais cidades minerárias do Brasil encontram-se na região do QF. O estado possui a segunda maior produção de bauxita e a maior reserva de manganês do país, além desses, ferro, dolomita, filito, quartzo, calcário, zinco, fosfato e enxofre estão entre os principais bens minerais explorados no QF (IBRAM, 2015).

Apesar da inegável importância da mineração para a produção de insumos de todos os tipos, utilizados diariamente, essa atividade é também uma grande contribuinte para a formação de partículas suspensas que podem ser prejudiciais à saúde humana, animal e para a dinâmica ambiental devido a contaminação de solos e águas. Zinco, ferro, manganês, chumbo, alumínio são alguns dos principais elementos químicos considerados tóxicos aos ecossistemas quando em altas concentrações (Andrade *et. al.*, 2012). Essas partículas ficam suspensas na atmosfera e são depositadas por via seca através da ação do vento e poeira e também por via úmida pela deposição de água da chuva e água de neblina (Zimmerman *et. al.*, 2003). Poluentes aerossóis atmosféricos incorporados as gotículas de água das nuvens podem ser transportadas por uma distância de até 100 quilômetros de sua fonte de origem, antes de serem depositos por chuva ou neblina (Zimmerman *et. al.*, 2003).

A frequência da neblina aumenta em virtude da altitude, por isso áreas montanhosas são mais afetadas por deposição atmosférica por intermédio de neblina, quando comparadas a deposição seca. Em altitudes acima de 800 metros a neblina é uma importante entrada de água no ecossistema e suas gotículas contêm concentração de íons mais elevadas que as gotículas de água da chuva (Lange *et. al.*, 2003). O QF tem território de 7200 km², altitudes de até 2018 metros e precipitação média anual entre 1.500 a 1.900 mm, características propícias a formação

orográfica de neblina (Jacobi *et. al.*, 2007) tornando a via úmida uma importante fonte de deposição e entrada de elementos nos ecossistemas de seu entorno.

Drummond e colaboradores (2005) classificou a Serra do Espinhaço como área de Importância Biológica Especial por abrigar fauna e flora endêmicas dos campos rupestres, 40% das espécies ameaçadas de extinção em Minas Gerais estão localizadas no Complexo do Espinhaço. Seu território também abriga contribuintes do rio das Velhas e rio Doce como as nascentes do rio Gualaxo do Sul e ribeirão do Carmo, encontradas na área do Parque Estadual do Itacolomi no município de Ouro Preto (IEF, 2007). Em uma área de declarada importância ambiental, inserida na maior região minerária do Brasil, é importante entender a dinâmica de deposição úmida nessa região, quais elementos químicos são carreados e quais suas concentrações.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da Área de Estudo

O estudo foi realizado no Parque Estadual do Itacolomi – PEIT (figura 1) uma Unidade de Conservação Permanente (UC) e também área-núcleo da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço. Localizado entre os municípios de Ouro Preto e Mariana na porção sudeste do quadrilátero ferrífero com área total de 6.000,25 hectares e 1.762 metros de altitude (IEF, 2007).

Apresentando precipitação média anual de 2.018 milímetros e temperatura de 17,4°C, em suas maiores altitudes há ocorrência de névoa e garoa, comuns na estação seca – abril a setembro (IEF, 2007).

Além de nascentes a área do PEIT também abriga ribeirões, córregos e lagoas (Ostanello, 2012). Uma dessas lagoas, a Lagoa Seca (figura 2A), ponto de referência à área de concentração deste estudo, é uma lagoa altitudinal localizada a 1609 metros de altitude, próxima ao Pico do Itacolomi. Trata-se de uma lagoa temporária com área de 500 m² que se enche na estação chuvosa - outubro a março- e esvazia-se completamente na estação seca (Drummond, 2009).

Metodologia de Amostragem

As coletas foram realizadas semanalmente entre os meses de junho a agosto de 2017, representando a estação seca e nos meses de outubro, novembro de 2017 e março de 2018, representando a estação chuvosa.

Cinco coletores foram instalados a 200 metros da Lagoa Seca (figura 2B), coordenadas 20° 43'28.33" S, 43° 48'90.28" W. São coletores passivos de neblina e chuva, o que significa que eles não têm mecanismo de ativação mediante a água da chuva ou da neblina, portanto não as diferencia. Ele fica instalado no ambiente e coleta as gotículas provenientes de qualquer tipo de deposição úmida. Portanto para discriminar se as amostras eram provenientes de eventos de neblina ou de chuva, foi consultada a previsão meteorológica ao longo de todo o período do estudo. Os coletores foram confeccionados manualmente a partir de garrafas plásticas e dispostos sequencialmente ao redor do ponto amostral, com o intuito de coletar neblina e chuva oriundas de qualquer direção.

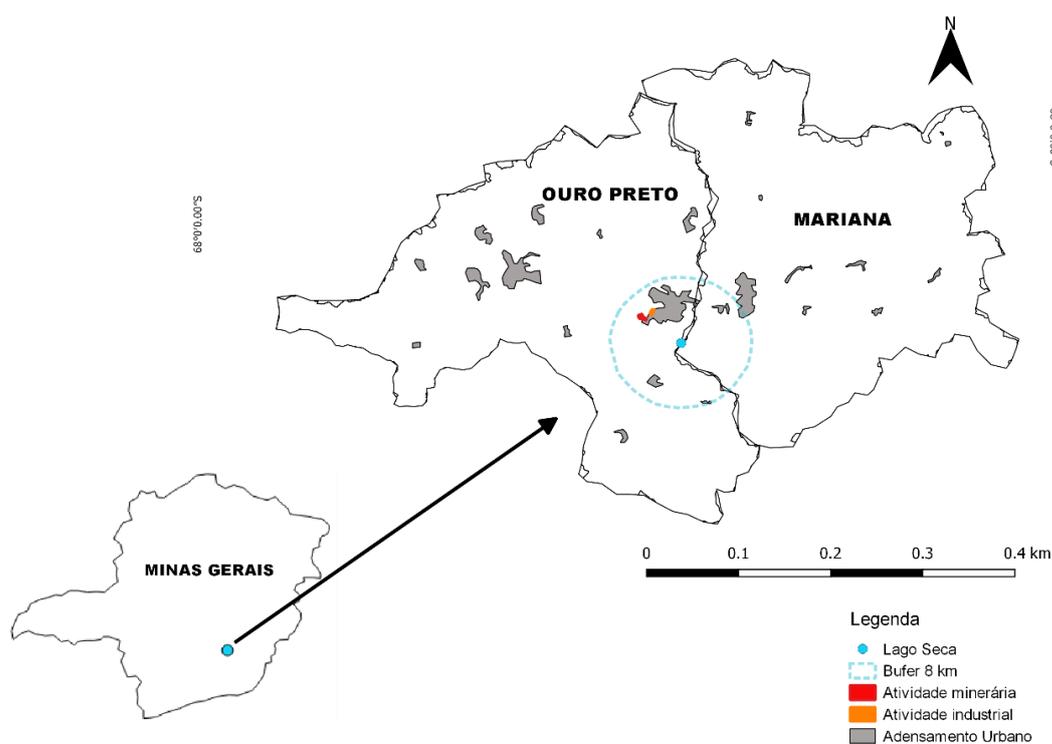


Figura 1. Localização da Lagoa Seca – PEIT e principais atividades executadas em seu entorno em um raio de 8 quilômetros (buffer).

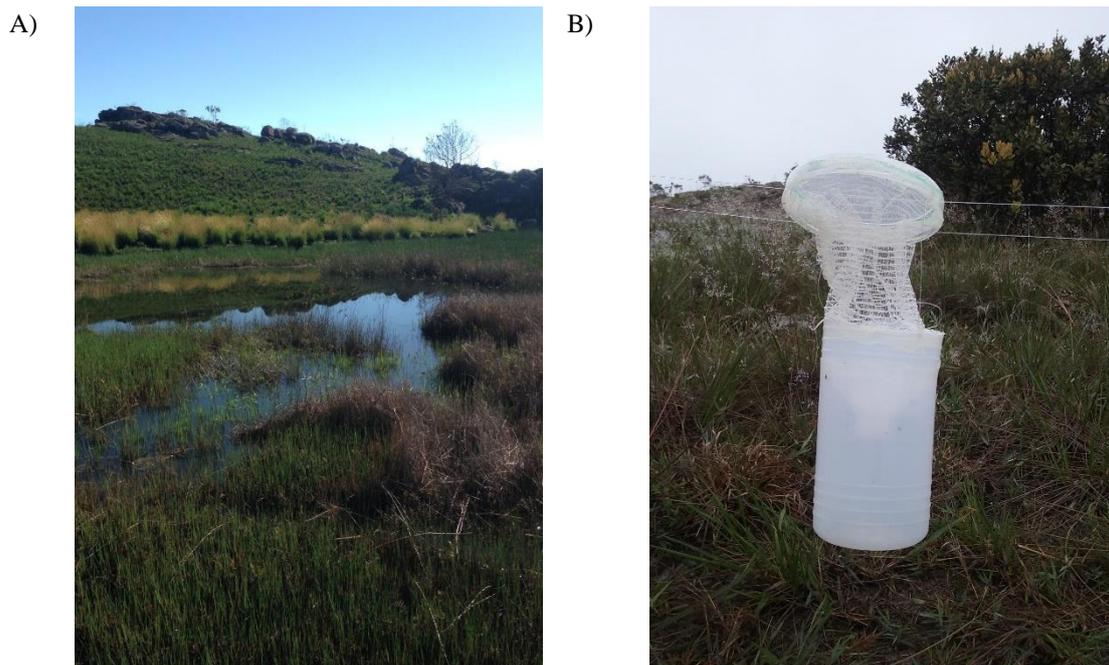


Figura 2. (A) Lagoa Seca em dezembro/2017 durante período de cheia; (B) Coletor passivo utilizado para coletar as amostras de neblina e chuva.

Para tanto, garrafas de 500 mL foram cortadas de modo que se tornassem um funil de coleta e a parte inferior servisse como um armazenador. Uma tela feita de malha de abertura de 2 mm foi conectada à boca do funil para atuar como um condensador de neblina e também para proteger as amostras coletadas de impurezas advindas do ambiente exterior. O líquido coletado foi acondicionado em potes plásticos e levado para o Laboratório de Ecologia Aquática, Evolução e Conservação (LAECO).

Análises Químicas

Após as coletas e medição do pH, as amostras foram armazenadas no freezer para posteriores análises químicas e geoquímicas.

O descongelamento foi feito até o material atingir temperatura ambiente, então a parcela utilizada para as análises geoquímicas foi filtrada em membranas de celulose 0,45 μm e acidificada com ácido nítrico 65%. O material filtrado e acidificado foi levado ao Laboratório de Geoquímica Ambiental (LGqa) do DEGEO-UFOP, onde foi analisado no ICP-OES (Espectrofotômetro de Emissão Atômica com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado). Esse equipamento realiza leitura de 25 elementos químicos, entretanto nesse trabalho só foram consideradas as leituras cujos elementos se encontravam acima do limite de detecção do aparelho.

O Nitrogênio orgânico total foi inferido no Laboratório de Química Tecnológica e Ambiental (LQTA) no aparelho TOC (Analisador de Carbono Orgânico Total) que por combustão catalítica, oxida o carbono em água e a partir disso mensura a produção de CO₂ e compostos orgânicos associados, como o nitrogênio. A determinação do Fósforo orgânico total foi realizada no espectrofotômetro conforme metodologia de Valderrama (1981) e Murphy e Rilley (1962).

Nem todos os coletores apresentaram volume satisfatório em todas as coletas semanais, por esse motivo foram feitas triplicatas de todas as amostras em cada análise geoquímica e química.

Análise de Dados

As amostras foram divididas em quatro grupos: neblina, chuva + neblina, estação seca, estação chuvosa. Os dados foram analisados inteiramente no software R versão 3.5.1, utilizando os pacotes estatísticos gplots, vegan, gdata e ggplots2. Para todas as análises foram considerados os valores de $p < 0,05$. O programa Bioestat 5.4 foi empregado para demonstração gráfica do pH.

Foi utilizado o modelo linear generalizado (GLM) para verificar se havia diferença estatística ($p < 0,05$) entre as concentrações dos elementos químicos em três variáveis:

- I- tipo de amostra (neblina ou chuva + neblina);
- II- estação do ano (estação seca e estação chuvosa);
- III- tipo : estação (interação entre as estações do ano e os tipos de amostras).

Para esse teste foi considerado um modelo completo que analisou todas as variáveis simultaneamente e um modelo mínimo que analisou as variáveis individualmente para maior acurácia e entendimento de como essas variáveis influenciam na concentração do elemento químico. Gráficos do tipo boxplot foram plotados para efeito demonstrativo apenas das interações positivas, ou seja, $p < 0.05$.

RESULTADOS

Foram coletadas um total de 124 amostras, com pH médio similar em ambos os tipos de deposição úmida e estações do ano, variando de 5.6 a 6.2 (Figura 3).

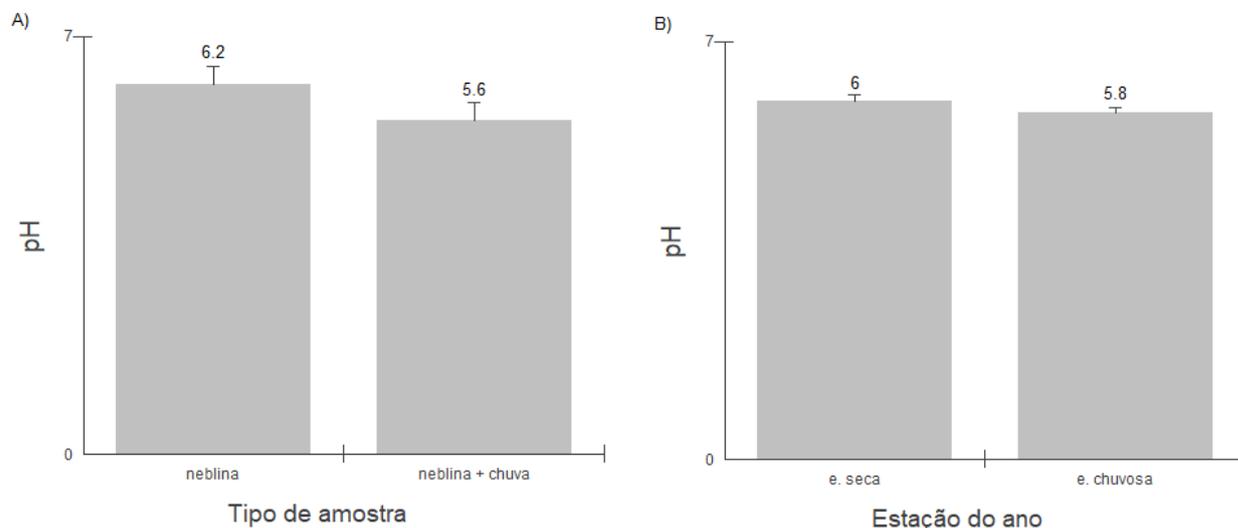


Figura 3. pH médio das amostras, divididas em dois grupos (A) Grupo “Tipo de amostra” o qual é representado pelas variáveis “neblina” e “neblina + chuva”. (B) Grupo “Estação do ano” categorizado pelas variáveis “e. seca” e “e. chuvosa”.

Por meio das análises geoquímicas identificou-se dez elementos: bário (Ba), estrôncio (Sr), zinco (Zn), alumínio (Al), ferro (Fe), manganês (Mn), cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg) e enxofre (S). Desses, os de maior concentração foram respectivamente: K, Ca, S, Mg, Mn (Tabela 1). Contudo, com 2250.1 µg/L nitrogênio (N) foi elemento químico de maior concentração geral. E o fósforo (P) o de menor concentração, com 15.72 µg/L.

Tabela 1 – Elementos químicos encontrados, suas concentrações médias e limite de quantificação (LQ).

Elementos	[] µg/L	LQ µg/L
Ba	6.92	0.480
Sr	8.03	0.294
Zn	76.76	6.21
Al	61.88	8.92
Fe	56.72	7.04
Mn	104.13 *	2.28
Ca	1917.4 *	21.7
K	2838.1 *	171
Mg	689.50 *	19.7
S	1380.5 *	115

(*). Elementos químicos que obtiveram maiores concentrações.

Apenas o cálcio (Ca) apresentou valor $p < 0,05$ para a interação “tipo: estação”, a interação positiva significa que a concentração de Ca é influenciada pela estação do ano e também pelo tipo de via úmida em que esse elemento se encontra. Atingindo suas maiores concentrações durante a estação seca e nos eventos de neblina (figura 4). Os elementos estrôncio (Sr), zinco (Zn), alumínio (Al), manganês (Mn), potássio (K), magnésio (Mg) e enxofre (S) se manifestaram em maior concentração durante a estação seca (figura 5), mas suas concentrações não se diferem significativamente quanto aos eventos de neblina ou de chuva e neblina. Potássio mostrou-se influenciado pelo tipo de amostra e pela estação do ano, quando analisado estatisticamente no primeiro completo. Porém ao ser analisado no modelo mínimo foi observado que a época do ano exerce maior influência em sua concentração (Apêndices A e B).

Nitrogênio (N) e fósforo (P) assim como bário (Ba) e ferro (Fe) não apresentaram diferença estatística significativa entre nenhuma variável (Apêndice A). Isso sugere que a distribuição deles é uniforme e que a concentração não difere em virtude de a deposição úmida ocorrer prioritariamente por neblina ou por neblina acrescida de chuva, tão pouco pela estação seca ou chuvosa do ano.

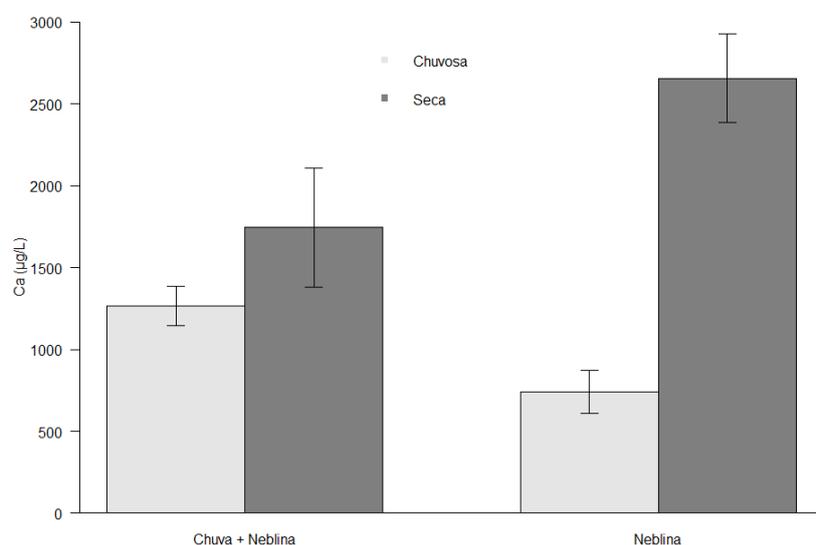


Figura 4 – Interação “tipo : estação” positiva ($p < 0,05$) para o cálcio (Ca), indicando que a concentração de Ca é influenciada pelo tipo de deposição úmida (neblina ou chuva + neblina) e também pela estação do ano (estação seca ou chuvosa). As análises indicaram sua maior concentração nas amostras de neblina coletadas durante a estação seca.

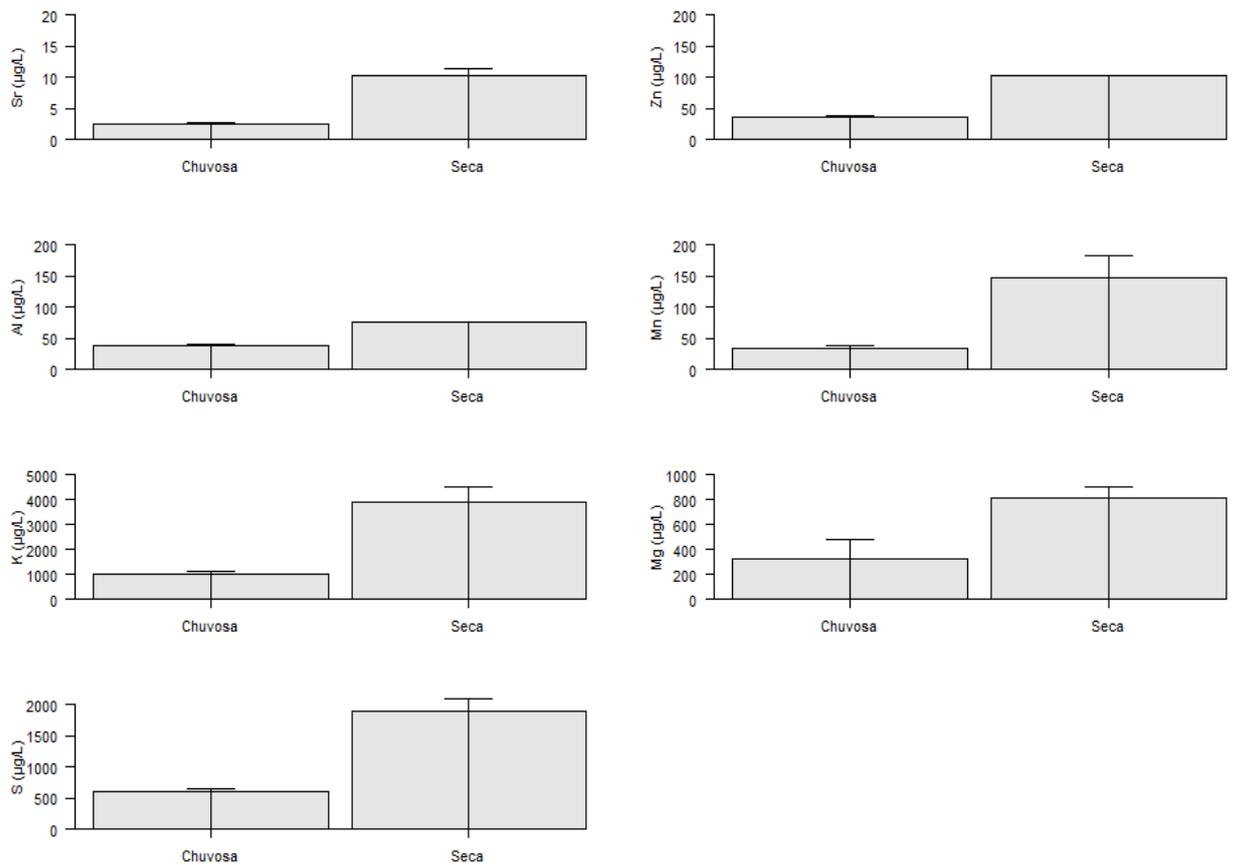


Figura 5 – Elementos químicos que apresentam maiores concentrações em função da estação seca do ano: Sr, Zn, Al, Mn, K, Mg, S.

DISCUSSÃO

O pH tem influência principalmente de emissões de atividades industriais e antrópicas, pois os óxidos emitidos por mineração ou combustão, por exemplo, são transportados pela corrente de ar e depositos por via úmida. Para ser considerada como deposição ácida a água precisa ter pH inferior a 5 e para ser alcalina superior a 6, sendo o valor de 5,6 entendido como neutro (Fornaro, 2006). O caráter neutro do pH dos grupos estação chuvosa e chuva + neblina é explicado pela diluição da neblina na água da chuva o que não ocorre com os grupos estação seca e neblina, que mostraram aspecto levemente alcalino.

O GLM mostrou que a maioria dos elementos químicos estavam mais concentrados nas amostras coletadas durante a estação seca, isso pode ser explicado em decorrência do maior número de eventos de neblina em relação aos eventos de chuva durante esse período do ano. Dado que, o tamanho da gotícula de água da chuva tem diâmetro superior a 0.5 milímetros, o que propicia a diluição dos íons. Enquanto a gotícula de neblina tem diâmetro de aproximadamente 0.2 milímetros o que a torna mais concentrada em íons (AMS, 2019 e Scholl *et. al*, 2010).

Até mesmo Ca que foi o único elemento a apresentar a interação “tipo : estação” positiva, mostrou-se mais concentrado na estação seca e na presença de neblina. Baêta (2012) em estudo realizado na Serra da Brígida em Ouro Preto, constatou uma maior deposição úmida durante a estação seca e uma contribuição 10 vezes maior da neblina em relação a chuva para a entrada de elementos no ecossistema. A estação seca além de reter maior concentração dos elementos químicos, propicia também a maior permanência de partículas totais em suspensão (PTS) na atmosfera (Magalhães *et.al.*, 2010). Isso ocorre, pois, a característica geográfica montanhosa e o clima frio e úmido dificultam a dispersão de poluentes atmosféricos devido a inversão térmica, onde a camada de ar fria é mais densa que a camada de ar quente e isso impede que o ar frio contendo aerossóis se disperse (Martins e Andrade, 2002).

Dentre os elementos encontrados em maior abundância, a presença de K na atmosfera está geralmente associada à sua lixiviação das superfícies vegetais, todavia a área de estudo não é rica em vegetação o que sugere que o potássio encontrado nas amostras seja advindo de um local distante ao PEIT. Isso é possível, pois o potássio é um eletrólito de alta mobilidade (Zimmerman *et. al.*, 2003). Outra possibilidade para o potássio identificado é a dispersão a partir do solo, um estudo realizado no Triângulo Mineiro, constatou que as maiores concentrações de K e Mg no solo estão nas frações mais finas o que possibilita que sejam particulados e depostos distantes de sua fonte de originária (Melo *et. al.*, 2004).

Magnésio e também o cálcio estão associados a dolomita, mineral explorado na região do quadrilátero ferrífero, em Ouro Preto há uma empresa de beneficiamento de minério de dolomita instalada a aproximadamente 10 quilômetros do Parque Estadual do Itacolomi. A fórmula desse mineral é $(CaMg(CO_3)_2)$ portanto sua decomposição tem como produtos os íons Ca_2^+ e Mg_2^+ (IBRAM, 2015).

O enxofre é característico de combustões de biomassa e também combustíveis fósseis, sua principal forma encontrada na atmosfera é o SO_2 . Condições de alta umidade, nuvens e neblina propiciam a conversão do SO_2 gasoso a sulfatos particulados (Martins e Andrade, 2002). Combustões que liberam enxofre são típicas de metrópoles e grandes cidades, segundo IBGE a população estimada da cidade de Ouro Preto em 2019 é de 74.281 habitantes. Entretanto, ela está a 97,5 km da capital Belo Horizonte, a qual pode contribuir com o aporte de enxofre através de seu transporte por via úmida por distâncias de até 100 km (Zimmerman *et. al.*, 2003).

Manganês é um metal presente no itabirito, rocha metamórfica abundante na região em que o PEIT está inserido, dessa forma o intemperismo dessas rochas pode ocasionar partículas

de Mn na atmosfera e posteriormente depositadas por via úmida (Magalhães *et al.*, 2010). Andrade e colaboradores (2012) verificaram que o manganês é encontrado em alta concentração na área do PEIT sendo sua origem litológica, devido a formação geológica do parque ser rica em quartzo e muscovita os quais possuem manganês associado. Outra fonte de manganês é a exploração de ferro muito presente na região, Fe que por sua vez também tem o Mn como associado. Também é importante pontuar que há uma empresa produtora de ferroligas a partir de Mn a aproximadamente 9,5 km do PEIT.

Poucos minérios brutos têm utilização direta como produto final, a maioria necessita de tratamentos de beneficiamento. No caso da extração de ferro a partir do minério itabirítico, a flotação de éter-aminas é uma metodologia comumente empregada para retirar as partículas indesejadas de quartzo que estão associadas a hematita, mineral de interesse (Silva, 2009). Após o processo de flotação os resíduos de éter-aminas são encaminhados à barragem de rejeitos. Sua degradação dependerá dos microrganismos presentes no meio, bem como os substratos, os quais são variáveis de acordo com a metodologia de recuperação de rejeitos de cada empresa mineradora (Silva, 2009). A disponibilização dos compostos nitrogenados resultantes da degradação de éter-aminas na atmosfera e posterior carreamento por via úmida pode explicar a alta concentração de nitrogênio encontradas nas amostras de deposição úmida no PEIT, uma vez que, há exploração de minério itabirítico na região de Ouro Preto.

CONCLUSÃO

Dos 12 elementos químicos identificados, oito (Ca, Sr, Zn, Al, Mn, K, Mg, S) ocorrem preferencialmente durante a estação seca, dentre esses, Ca também possui concentração elevada quando depositado por neblina, mostrando-se uma importante via de deposição úmida. Mesmo áreas consideradas prístinas, como o Parque Estadual do Itacolomi, podem ser afetadas pelo carreamento de íons transportados na via úmida por longas distâncias. N, K, Ca, S, Mg e Mn apresentaram elevadas concentrações, mas para afirmar suas fontes emissoras, são necessários estudos complementares sobre a direção do vento e análise isotópica do material coletado.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Resultado do GLM para as três variáveis testadas no modelo completo

Variável resposta	Variável explicativa	df	F	p
Ba	Tipo de amostra	1	1.0302	0.31227
	Estação do ano	1	2.9759	0.08723
	Tipo : Estação	1	2.0301	0.15694
Sr	Tipo de amostra	1	3.5695	0.06144
	Estação do ano	1	23.7839	<0.001 ***
	Tipo : Estação	1	3.0891	0.08155
Zn	Tipo de amostra	1	0.0258	0.8726
	Estação do ano	1	17.7297	<0.001 ***
	Tipo : Estação	1	0.0152	0.9020
Al	Tipo de amostra	1	4.7586	0.03138
	Estação do ano	1	16.5850	<0.001 ***
	Tipo : Estação	1	4.0398	0.04700
Fe	Tipo de amostra	1	2.2073	0.1405
	Estação do ano	1	0.3857	0.5360
	Tipo : Estação	1	1.1031	0.2961
Mn	Tipo de amostra	1	0.5029	0.47962
	Estação do ano	1	6.7998	0.01029 *
	Tipo : Estação	1	0.4806	0.48953
Ca	Tipo de amostra	1	1.3746	0.24345
	Estação do ano	1	18.2441	<0.001 ***
	Tipo : Estação	1	4.1940	0.04284 *
K	Tipo de amostra	1	10.0405	0.0019876 **
	Estação do ano	1	14.0285	0.0002896 ***
	Tipo : Estação	1	2.5968	0.1099700
Mg	Tipo de amostra	1	0.0273	0.86911
	Estação do ano	1	5.2692	0.02433 *
	Tipo : Estação	1	0.5521	0.45965
S	Tipo de amostra	1	1.5337	0.2181
	Estação do ano	1	26.0585	<0.001 ***
	Tipo : Estação	1	0.7888	0.3763
N	Tipo de amostra	1	0.8215	0.37907
	Estação do ano	1	3.4478	0.08308
	Tipo : Estação	1	2.6556	0.12400
P	Tipo de amostra	1	0.7419	0.3998
	Estação do ano	1	0.2697	0.6095
	Tipo : Estação	1	0	0

(*). Indica valores de p significativos ($p < 0.05$).

APÊNDICE B - Resultado do GLM para a variável época do ano testada no modelo mínimo

Variável resposta	Variável explicativa	df	F	p
Sr	Estação do ano	1	22.85	<0.001 ***
Zn	Estação do ano	1	18.045	<0.001 ***
Al	Estação do ano	1	15.594	<0.001 ***
Mn	Estação do ano	1	6.8579	<0.01 **
Ca	Estação do ano	1	17.704	<0.001 ***
K	Estação do ano	1	12.802	<0.001 ***
Mg	Estação do ano	1	5.362	0.2308 *
S	Estação do ano	1	25.987	<0.001 ***

(*). Indica valores de p significativos (p<0.05).

REFERÊNCIAS

AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY – AMS, 2019 [viewed 10 September 2019]. *Glossary of Meteorology* [online]. Available from:

http://glossary.ametsoc.org/wiki/Main_Page/

ANDRADE, L.N., LEITE, M.G.P.L. e BACELLAR, L.A.P., 2012. Composição mineralógica e geoquímica dos solos do parque estadual do Itacolomi - Ouro Preto / MG. *Quaternary and Environmental Geosciences*, vol. 03, pp. 1-8.

BAÊTA, H.E., 2012. *CONTRIBUIÇÃO DA DEPOSIÇÃO ÚMIDA (CHUVA E NEBLINA) NAS RELAÇÕES HÍDRICAS E NUTRICIONAIS DE FISIONOMIAS DE CAMPOS FERRUGINOSOS NA SERRA DA BRÍGIDA, OURO PRETO, MG*. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 79 p. Dissertação de mestrado em Ecologia.

DRUMMOND, G.M., MARTINS, C.S., MACHADO, A.G.M, SEBAIO, F.A e ANTONINI, Y., 200. *Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação*. 2nd ed. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, 222 p.

DRUMMOND, L.O., 2011. *EFEITO DO FOGO NA COMPOSIÇÃO, DISTRIBUIÇÃO E DIETA DE UMA TAXOCENOSE DE ANFÍBIOS ANUROS DE CAMPOS RUPESTRES EM OURO PRETO, MG*. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 102 p. Dissertação de Mestrado em Ecologia.

ESTEVES, F.A., 2011 *Fundamentos em Limnologia*. 3th ed. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 826 p.

IBRAM, 2015. *Informações Sobre A Economia Mineral Brasileira 2015*. INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO - IBRAM. Brasília, 25 p.

IEF, 2007. *Plano de Manejo do Parque Estadual do Itacolomi Encarte 1 - Diagnóstico do Parque*. INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS – IEF. Belo Horizonte, 97 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2019 [viewed 15

September 2109]. *Panorama da População de Ouro Preto* [online]. Available from: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/ouro-preto/panorama/>

FORNARO, A., 2006. Águas de chuva: conceitos e breve histórico. Há chuva ácida no Brasil? *Revista USP*, no.70, pp. 78-87.

JACOBI, C.M., CARMO, F.F., VINCENT, R.C. e STEHMANN, J.R., 2007. Plant communities on ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem. *Biodiversity and Conservation: Springer*, vol. 16, no.7, pp. 2185-2200.

LANGE, C.A., MATSCHULLAT, J., ZIMMERMANN, F., STERZIK, G. e WIENHAUS, O., 2003. Fog frequency and chemical composition of fog water—a relevant contribution to atmospheric deposition in the eastern Erzgebirge, Germany. *Atmospheric Environment: Elsevier*, vol. 37, pp. 3731-3739.

MAGALHÃES, L.C., NALINI-JÚNIOR, H.A., LIMA, A.C. e COUTRIM, M.X., 2010. DETERMINAÇÃO DE METAIS TRAÇO NO MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO EM OURO PRETO, MINAS GERAIS. *Revista Química Nova*, vol.33, no.3, pp. 519-523.

MARTINS, C.R. e ANDRADE, J. B., 2002. QUÍMICA ATMOSFÉRICA DO ENXOFRE (IV): EMISSÕES, REAÇÕES EM FASE AQUOSA E IMPACTO AMBIENTAL. *Revista Química Nova*, vol. 25, no.2, pp- 259-272.

MELO, V.F., RIBEIRO, A.N., MASCHIO, P.A., CORRÊA, G.F. e LIMA, V.C., 2004. MINERALOGIA E FORMAS DE POTÁSSIO E MAGNÉSIO EM DIFERENTES CLASSES DE PESOS E TAMANHOS DA FRAÇÃO AREIA DE SOLOS DO TRIÂNGULO MINEIRO. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol.28, no. 2, pp 219-232.

MURPHY, J. e RILLEY, J.P., 1962. A modified single-solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, vol. 27, pp. 31-36.

OSTANELLO, M.C.P., 2013. *Patrimônio Geológico Do Parque Estadual Do Itacolomi (Quadrilátero Ferrífero, Mg): Inventariação E Análise De Lugares De Interesse Geológicos E Trilhas Geoturísticas*.Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 229 p. Dissertação de Mestrado em Ciências Naturais.

SCHOLL, M., EUGSTER, W. e BURKARD, R., 2010. Understanding the role of fog in forest hydrology: Stable isotopes as tools for determining input and partitioning of cloud water in montane forests. *HYDROLOGICAL PROCESSES*, p. 228–241.

SILVA, F.M.F., 2009. *Quantificação De Éter-Aminas Em Rejeitos Da Flotação De Minério De Ferro Em Função da Granulometria*. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 66p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental.

VALDERRAMA, J.C., 1981. The simultaneous analysis of total N and total P in natural waters. *Marine Chemistry*, vol. 10, no. 2, pp 109-122.

ZIMMERMANN, F., LUX, H., MAENHAUTC, W., MATSCHULLAT, J., PLESSOW, K., REUTERB, F. e WIENHAUS, O., 2003. A review of air pollution and atmospheric deposition dynamics in southern Saxony, Germany, Central Europe. *Atmospheric Environment:Elsevier*, vol. 37, no. 5, pp. 671–691.