

VI-049 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EM TRÊS PONTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS CUBATÃO (NORTE) E CACHOEIRA (JOINVILLE/SC, BRASIL) A PARTIR DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR

Jéssica Caroline dos Santos Silva⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE). Mestranda em Ciências no CENA/USP.

Sandra Helena Westrupp Medeiros⁽²⁾

Professor titular da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE). Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Emerson Luiz Gumboski⁽³⁾

Professor Adjunto da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE). Mestre em Botânica pela Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Paulo Marcondes Bousfield⁽⁴⁾

Professor da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE).

Mestre em Engenharia de Processos pela Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE).

Bianca Martinez Moreira Martins⁽⁵⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE).

Endereço⁽¹⁾: Rua Paulo Malschitzki, nº 10 – Zona Industrial Norte - Joinville - SC - CEP: 89219-710 - Brasil - Tel: (47) 3461-9061- e-mail: jessica.jcss@gmail.com

RESUMO

A dinâmica da atmosfera é complexa, e envolve processos de emissão, transporte, transformação química e deposição de poluentes. Sua composição química é o resultado da interação destes com a biosfera, o que exige uma visão ampla e integrada para estudo. A Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira (BHRC) corta a área urbana do município de Joinville no sentido norte-nordeste, sendo totalmente embutida no perímetro urbano. Neste contexto, o projeto, conduzido desde 2010, tem por objetivo avaliar a susceptibilidade da região à deposição de poluentes atmosféricos. Foram instalados três pontos para monitoramento dentro do município, sendo dois na BHRC e um no Distrito Industrial. As amostragens ocorreram em dois pontos pertencentes à BHRC, em área urbana, e um ponto pertencente à BHRCN. Objetiva-se estimar o aporte atmosférico de material particulado (MP) e ânions em amostras de precipitação úmida, em áreas potencialmente susceptíveis à deposição de poluentes atmosféricos oriundos das emissões antrópicas na região. Além disso, foi realizado um biomonitoramento de líquens, a fim de identificar a presença de espécies indicadoras de contaminantes atmosféricos em palmeiras. Até o momento, as 128 amostras de chuva coletadas apresentaram valores de pH preponderantemente próximos àquele considerado natural (5,5), com casos de caráter ácido isolados (aproximadamente 3%). No entanto, estes valores não representam necessariamente “chuvas limpas”, pois os poluentes ácidos podem estar sendo mascarados por compostos químicos ainda não analisados no estudo. Os resultados obtidos demonstraram que os pontos mais sujeitos ao tráfego intenso de veículos apresentaram concentrações relativamente altas de nitrato. Ao passo que, o ponto localizado próximo ao litoral apresentou-as para cloro e sulfato, demonstrando a influência de aerossóis marinhos. Dos monitoramentos de MP foram obtidas concentrações que ultrapassavam os limites do padrão primário estabelecidos pela Resolução CONAMA 03/1990 para a região (classe III). Quanto biomonitoramento, foram coletados 158 espécimes, a maioria compondo comunidades dominadas por espécies nitrófilas, como *Candelaria concolor*, além de outras tolerantes à poluição como algumas espécies de *Dirinaria*, *Physcia* e *Graphis*. Como resultado dos estudos realizados, conclui-se que a qualidade do ar no município encontra-se sob forte influência antrópica decorrente das atividades industriais e da combustão em veículos automotores, assim como natural, identificada pela presença de aerossóis de origem marinha, atividades biogênicas e fenômenos de ressuspensão do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Biomonitoramento, Chuva Ácida, Material Particulado, Poluição Atmosférica, Qualidade do Ar.

INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão (Norte, BHRCN) possui 75% de sua área inserida no município de Joinville e 25% no de Garuva, constituindo o principal manancial contribuinte do complexo hídrico da Baía da Babitonga. Ao passo que a Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira (BHRC) corta a área urbana do município de Joinville no sentido norte-nordeste, sendo totalmente embutida no perímetro urbano, razão do atual estado de degradação da Bacia, segundo ambientalistas (RIBEIRO e OLIVEIRA, 2014).

Caracteriza a bacia do rio Cachoeira, a presença de um parque industrial no bairro Centro, onde predominam as atividades têxtil, metal-mecânicas e de plásticos, que contribuem para a qualidade orgânica e tóxica das águas do rio Cachoeira. Além disso, toda a bacia recebe lixo doméstico, efluentes industriais e domésticos, bem como sedimentos oriundos da erosão de suas encostas (HOENICKE, 2007).

A região da bacia do rio Cubatão (Norte), com influência significativa sobre o monitoramento realizado, pertence à Zona Industrial Norte do município. Sendo assim, sob forte pressão antrópica de característica industrial, pois essa região abrigava 167 indústrias (IPPUJ, 2013), de diversos ramos, destacando-se o metalmeccânico, têxtil e plástico como já citado acima.

O presente trabalho é parte integrante do projeto “Caracterização ambiental e desenvolvimento de processos ambientais para gestão dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira - Complexo Hídrico da Baía da Babitonga (HIDROC)”, sob coordenação do Comitê de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão e Cachoeira (CCJ), com o objetivo de caracterizar as emissões de poluentes de distintas fontes na região.

As amostragens ocorreram em dois pontos pertencentes à BHRC, em área urbana, e um ponto pertencente à BHRCN, tendo-se como objetivo estimar o aporte atmosférico de material particulado, cloreto (Cl^-), nitrato (NO_3^-) e sulfato (SO_4^{2-}) na área potencialmente susceptível às influências das deposições de poluentes atmosféricos oriundos das emissões antrópicas na região, assim como o impacto sobre organismos vivos, por meio de biomonitoramento.

A susceptibilidade potencial dessa área deve-se não somente à quantidade de poluentes emitidos nesse município catarinense, considerada um importante polo industrial, como também a outras variáveis, tais como características geográficas (zona costeira, relevo, distância das fontes emissoras) e elementos climáticos (ventos predominantes e pluviosidade).

Neste contexto, o projeto, conduzido desde 2010, tem por objetivo avaliar a susceptibilidade da região à deposição de poluentes atmosféricos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Em 2010, foram estabelecidos três pontos para monitoramento (Figura 1), dentro do município, sendo dois (bairros América e Santo Antônio) na BHRC e um no Distrito Industrial (BHRCN).

Desde então, vêm sendo realizadas amostragens de material particulado (PTS , MP_{10} e $\text{MP}_{2,5}$), com a utilização de amostradores de pequenos volumes Handi-vol (Energética, Brasil) para partículas totais em suspensão (PTS) e do DPS System (SKC Inc.) para concentração de PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$, em amostragens de 24 horas.

Também foram conduzidas amostragens de deposição úmida, em coletor artesanal, conforme a intensidade do evento chuvoso e analisadas quanto ao pH e à presença de ânions, como nitratos, sulfatos e cloretos.

O biomonitoramento de líquens seguiu metodologia padrão em liquenologia para coleta, conservação e identificação dos espécimes. Para a descrição da comunidade foi utilizado o Método do Elástico (Marcelli 1992) em sete palmeiras (*Roystonea oleracea* (Jacq.) O.F. Cook - Arecaceae) presentes em cada ponto (num total de quatro, neste caso, devido à adição de um ponto “branco” dentro da área rural do município).

Por fim, quanto à susceptibilidade potencial das áreas, realizou-se diagnóstico ambiental das características ambientais de importância ao estudo e potencialmente relacionadas aos resultados obtidos pelos monitoramentos, tais como características geográficas (proximidade à zona costeira, relevo e distância das fontes emissoras) e elementos climáticos (ventos e pluviosidade).

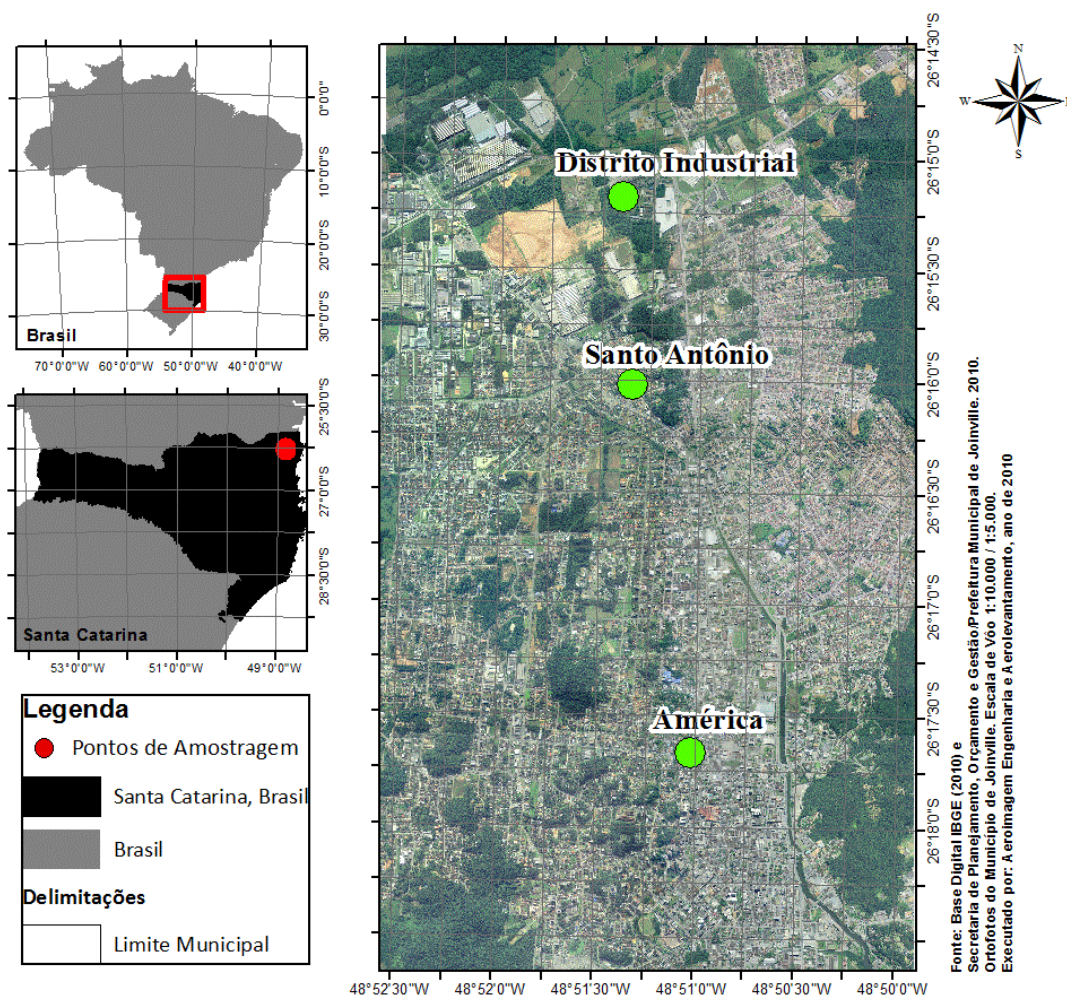


Figura 1: Localização dos pontos de monitoramento.

RESULTADOS OBTIDOS

O município de Joinville apresenta, na porção oeste, a Serra do Mar, que funciona como uma barreira natural à circulação dos ventos, influenciando o regime de chuvas e favorecendo a retenção dos aerossóis carregados pelas correntes de ar marinhas advindas do litoral e dos poluentes oriundos da região.

O estudo meteorológico para o período monitorado, considerando dados obtidos em estações meteorológicas disponibilizadas pelo CCJ e instaladas nos locais de monitoramento, demonstrou que a predominância dos ventos nas regiões foi de direção Leste, com velocidade média de 5 m/s.

Do levantamento das possíveis fontes de emissões existentes no período de estudo (2010-2013) as fontes móveis na cidade somavam uma frota de quase 343 mil veículos licenciados em dezembro de 2013; já as fontes fixas contabilizavam 244 indústrias, sendo 41 de alto potencial poluidor (FUNDEMA, 2012).

Os valores de pH se apresentaram preponderantemente próximos àquele considerados como natural, com casos de caráter ácido isolados. No entanto, estes valores não representam necessariamente “chuvas limpas”, pois os

poluentes ácidos podem estar sendo mascarados por compostos químicos ainda não analisados no estudo, tais como amônia e sódio.

Na Tabela 1 é apresentada a estatística descritiva referente às medidas de pH e concentrações de cloreto (Cl^-), nitrato (NO_3^-) e sulfato (SO_4^{2-}) efetuadas em amostras de água da chuva ($n = 128$ quanto ao pH e 68 quanto à ânions), coletadas nos pontos de monitoramento dentro das BHRCN e BHRC, e calculados quanto à concentração média ponderada pelo volume (MPV). Enquanto que, os valores de MPV encontrados para cada um dos pontos monitorados podem ser observados na Figura 2.

Tabela 1: Composição química parcial da água da chuva (concentrações em $\mu\text{mol L}^{-1}$, $n = 128$), no período de novembro de 2013 a março de 2016.

	MPV	MA	Mediana	Mínimo	Máximo
pH	6,15	6,1	6,07	4,27	8,45
Cl^-	39,73	86,2	44,58	3,02	676,79
NO_3^-	46,58	57,03	26,11	<LD	334,93
SO_4^{2-}	11,31	25,03	18,34	<LD	119,7

MPV – média ponderada pelo volume; MA – média aritmética

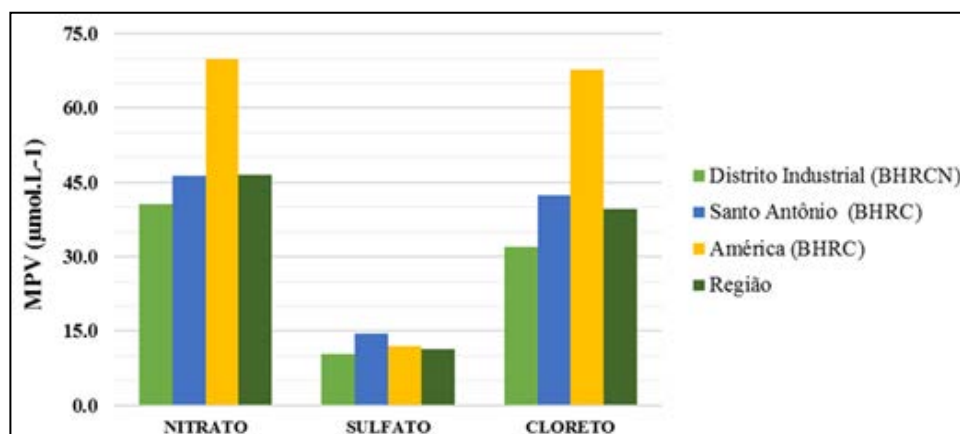


Figura 2: Concentração média ponderada pelo volume (MPV) dos ânions analisados nas amostras de precipitação úmida ($n = 68$) em cada ponto de monitoramento e para a região (média geral).

Na BHRC, os resultados obtidos para o ponto (América), mais sujeito ao tráfego intenso de veículos, apresentaram concentrações relativamente altas de nitrato, nitrito e brometo, enquanto o ponto localizado próximo ao litoral apresentou-as para cloreto e sulfato (Santo Antônio), demonstrando a influência de aerossóis marinhos.

Na BHRCN (Distrito Industrial), a concentração de nitrato, sulfato e cloreto foram as mais elevadas, fato possivelmente justificado pela característica industrial da região, por sua posição geográfica e por sua característica climática, visto que, similar ao ponto Santo Antônio, a região de entorno desse ponto apresenta distribuição pluviométrica superior ao do América, variando entre 2200 e 2500 mm, enquanto neste varia entre 2100 e 2200 mm anuais (MELLO et al., 2012).

Tal característica, portanto, pode estar ocasionando maior influência de aerossóis marinhos associada à poluição local, provavelmente com predomínio de fontes industriais, resultando na presença predominante dos ânions supracitados.

Na Tabela 2, valores de pH e concentrações (MPV) de cloreto (Cl^-), nitrato (NO_3^-) e sulfato (SO_4^{2-}) encontrados em amostras de precipitação úmida coletadas em outras regiões do planeta são apresentados. Além disso, observam-se as principais características ambientais da região (Tabela 3), quanto à possíveis fontes de emissão de poluentes e condicionantes geográficas à dispersão dos mesmos, levantadas em cada trabalho. Menores valores de pH foram obtidos na região dos estados de São Paulo e Amazônia, sendo que o mínimo

4,44 foi encontrado na China (SUN et al., 2016) seguido por 4,5 em Piracicaba (SP, LARA et al., 2001), enquanto que os maiores valores foram obtidos pelo trabalho de Da Conceição et al. (2016), em áreas afetadas por atividades de mineração, com máximo de 6,9. Com exceção do sulfato, para os demais valores, as médias encontradas neste trabalho foram superiores à média dentre os 32 trabalhos elencados na Tabela 3.

Tabela 2: Comparação entre valores médios de pH e concentrações médias ponderadas pelo volume ($\mu\text{mol L}^{-1}$) de algumas espécies iônicas presentes em águas de chuva para diferentes regiões do globo.

Local	Data	pH	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Referência
Rio Branco (AC)	8/2003 - 8/2005	4,8	-	-	-	Guedes, 2007
Amazônia Central (AM)	10/1988 - 6/1990	4,7	4,6	4,2	1,0	Williams et al., 1997
Balbina (AM)	4/1998 - 12/2002	4,9	14,8	13,7	22,8	Pauliquevis et al., 2012
Catalão (GO)	2007	6,9	1,03	7,27	14,58	Da Conceição et al., 2016
Belo Horizonte (MG)	10/1993 - 2/1994	5,15	-	12,0	12,6	Figueredo, 1999
Tapira (MG)	2007	6,8	0,34	6,88	13,54	Da Conceição et al., 2016
Santarém (PA)	4/2003 - 5/2006	6,4	-	-	-	Junior et al., 2015
Figueira (PR)	6/1999 - 6/2000	5,0	16	13	35	Flues et al., 2002
Serra dos Órgãos (PR)	11/2004 - 11/2005	5,26	-	8,7	11	Rodrigues et al., 2007
Londrina (PR)	4/1998 - 11/2002	5,83	28,12	25	34,44	Pelicho et al., 2006
Rio de Janeiro (RJ)	9/1988 - 8/1989	4,77	66,6	15,8	20,6	De Mello, 2001
Ilha Grande (RJ)	3 - 9/2002	5,05	178,2	12,0	17,4	De Souza et al., 2006
Candiota (RS)	1 - 6/2001	5,46	14,9	1,9	11,9	Migliavacca et al., 2005
Rio Grande (RS)	11/1997 - 8/1998	5,7	-	-	-	Mirlean et al., 2000
Região Metropolitana de Porto Alegre (RS)	7/2005 - 12/2007	5,97	16,1	3,95	22,1	Migliavacca et al., 2012
Cubatão (SP)	4/1984 - 10/1985	>5,5	172	70,6	250	Moreira-Nordemann et al., 1986
São Paulo (SP)	1993 - 1995	5	16,6	30,0	24,0	Forti et al., 1990
Piracicaba (SP)	8/1997 - 7/1998	4,5	6,0	13,8	7,4	Lara et al., 2001
São Paulo (SP)	7/2002 - 2/2003	4,99	8,54	21,2	12,4	Leal et al., 2004
Paulínia (SP)	3/2000 - 4/2002	4,7	15,8	42,5	29,4	Tresmondi et al., 2005
São Paulo (SP)	6/1989 - 5/1990	<4,5	-	-	-	Da Silva, 2005
São Paulo (SP)	1/2003 - 7/2007	4,96	2,8	12,8	7	Coelho et al., 2011
São Paulo (SP)	2 - 8/2000	4,77	4,7	15,6	19	Fornaro et al., 2003
Itatiaia (RJ/SP)	1995 - 1997	5,3	3,3	6	10,8	De Mello e De Almeida, 2004
Itatiaia (RJ/SP)	1996 - 1997	4,9	5,2	15,9	38,4	De Mello e De Almeida, 2004
Colombia	8/2010 - 4/2011	4,9	3,5-5,1	2,1-3,1	70,4-107	González et al., 2012
China	8/2011 - 5/2012	4,44	-	-	-	Sun et al., 2016
Thessaloniki (Grécia)	4/2002 - 3/2004	6,32	43,3	42,5	180,8	Anatolaki e Tsitouridou, 2008
Tirupati (Índia)	7/2000 - 6/2001	6,78	33,91	40,84	255,92	Mouli et al., 2005
México Central	1994 - 2000	4,95	9,296	42,857	153,334	Báez et al., 2006
Uruguai	1999 - 2000	5,6	27,4	13,9	127	Zunckel et al., 2003
Joinville (SC)	11/2013 - 3/2016	6,15	39,73	46,58	11,31	<i>Este trabalho</i>

Tabela 3: Tipos de amostra e principais características ambientais de cada região apresentada na Tabela 2.

Local	Tipo de amostra	Características ambientais
Rio Branco (AC)	úmida	Atividades agropecuárias características
Amazônia Central (AM)	total	Fontes oceânica e aerossóis florestais e não influenciada, aparentemente, por queima de biomassa local ou regional
Balbina (AM)	úmida	Queima de biomassa
Catalão (GO)	total	Atividade de mineração
Belo Horizonte (MG)	total	Partículas calcárias do solo atuam neutralizando a acidez da água da chuva
Tapira (MG)	Total	Atividade de mineração
Santarém (PA)	total	Abundância de áreas agrícolas, queima de biomassa
Figueira (PR)	total	Influência de usina à carvão
Serra dos Órgãos (PR)	úmida	Deposição de poluentes atmosféricos de origem antrópica da RMRJ
Londrina (PR)	total	Fontes: crosta terrestre, atividade agrícola (animal / adubo), queima de biomassa e uso de combustíveis fósseis
Rio de Janeiro (RJ)	total	Fontes antropogênicas, localização geográfica e relevo desfavorecem a dispersão de poluentes
Ilha Grande (RJ)	úmida	Centros urbanos e indústrias no entorno
Candiota (RS)	total	Fontes antropogênicas: termoeletricas, queima de biomassa e agricultura
Rio Grande (RS)	total	Parque industrial próximo
Região Metropolitana de Porto Alegre (RS)	úmida	Região industrializada, sob forte influência de emissões de origem veicular
Cubatão (SP)	úmida	Tráfego de veículos e queima de biomassa
São Paulo (SP)	total	Fortemente influenciada por fontes antropogênicas
Piracicaba (SP)	úmida	Composição controlada por particulado do solo, queima de cana-de-açúcar e emissões industriais
São Paulo (SP)	úmida	Emissão veicular
Paulínia (SP)	úmida	Elevada emissão industrial, compostos de nitrogênio
São Paulo (SP)	total	Fontes antrópicas, inversão térmica, forte retenção de poluentes próximo à superfície
São Paulo (SP)	úmida	Emissões agroindustriais e queima de biomassa
São Paulo (SP)	úmida	Emissões veiculares, período de baixa precipitação, presença significativa de compostos responsáveis pela neutralização da acidez da água da chuva
Itatiaia (RJ/SP)	úmida	2460 m de altitude
Itatiaia (RJ/SP)	úmida	820 m de altitude, controlada por emissões antrópicas de S e N
Colômbia	total	Emissões veiculares, indústrias e origem vulcânica
China	úmida	Montanha, área afetada por chuva ácida, emissões biogênicas, antropogênicas e marinhas (>92%), papel significativo de ácidos orgânicos na deposição úmida.
Thessaloniki (Grécia)	úmida	Sob influência marinha, atividades agrícolas e industriais. Níveis elevados de sulfato, característicos de áreas mediterrâneas.
Tirupati (Índia)	úmida	Influência continental, incorporação de material do solo na precipitação úmida.
México Central	úmida	Área montanhosa com densa cobertura vegetal, somente sob influência de emissões regionais, devido ao isolamento
Uruguai	úmida	Fontes terrígenas e agrícola contribuem em escalas locais e sub-regionais
Joinville (SC)	total	Influência marinha, barreira natural à circulação dos ventos e chuvas; atividade industrial do tipo metalmeccânica, e atividades rurais.

Dos monitoramentos de PTS e MP₁₀ realizados, foram obtidas concentrações que ultrapassavam os limites do padrão primário (24 h), 240 µg.m⁻³ e 150 µg.m⁻³, respectivamente, estabelecidos pela Resolução CONAMA 003/1990 para uma bacia aérea classe III, como é o caso. Na Tabela 4, pode ser observada a estatística descritiva para o monitoramento de no Distrito Industrial (BHRCN), enquanto que os valores de PTS representam também os demais pontos (BHRCN e BHRC).

Tabela 4: Concentrações obtidas para material particulado (µg.m⁻³)

	MP _{2,5}	MP ₁₀	PTS
n	5	56	14
Média aritmética	17.11	117.24	154.37
Mínimo	8.57	23.13	26.31
Máximo	26.89	286.9	775.95

Destes resultados, destaca-se o monitoramento de MP₁₀ realizado em 2013, em que 26,8% dos valores de concentração obtidos encontravam-se acima do padrão estabelecido por lei. Quanto ao MP_{2,5}, seu monitoramento ainda está em estado inicial, visto que não há padrão brasileiro à esse parâmetro. Entretanto, considerando-se os limites legais estabelecidos pelos padrões nacionais de qualidade do ar (NAAQS, em inglês, *National Ambient Air Quality Standards*) como os definidos pela *Environmental Protection Agency* (EPA, 2016), podem vir a apresentar-se acima dos limites por ela definidos (12 µg.m⁻³, média anual sobre 3 anos).

Os líquens, por sua vez, são reconhecidos como bons indicadores de poluição devido à sua facilidade em reter compostos de enxofre, nitrogênio, sais de cálcio e muitos metais pesados da atmosfera (NASH, 2008).

Neste trabalho, o estudo líquênico resultou em 158 espécimes coletadas, formando comunidades dominadas por espécies nitrófilas, beneficiadas pela deposição de compostos de nitrogênio, como a *Candelaria concolor* (Dicks.) Arnold, além de outras, tolerantes à poluição, a exemplo de algumas espécies de *Dirinaria*, *Phycia* e *Graphis*.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados encontrados, conclui-se que a qualidade do ar na região encontra-se sob forte influência antrópica decorrente das atividades industriais e da combustão em veículos automotores, como pode ser observado pela presença elevada de compostos de nitrogênio e de eventos em que foi identificado brometo, cujas principais fontes são a queima de combustíveis fósseis e de biomassa, assim como natural, devido à presença de aerossóis de origem marinha, atividades biogênicas (metabolismo vegetal e de organismos marinhos, assim como processos de decomposição, por exemplo) e fenômenos de ressuspensão do solo.

Portanto, ressalta-se a necessidade da continuidade e complementariedade desses estudos, a fim de garantir melhor precisão dos resultados obtidos bem como da caracterização ambiental da qualidade do ar no município.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANATOLAKI, Ch; TSITOURIDOU, R. Relationship between acidity and ionic composition of wet precipitation: a two years study at an urban site, Thessaloniki, Greece. *Atmospheric Research*, v. 92, n. 1, p. 100-113, 2009.
2. BAEZ, A. P. et al. Rainwater chemical composition at two sites in Central Mexico. *Atmospheric Research*, v. 80, n. 1, p. 67-85, 2006.
3. BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 003/1990 - "Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR" - Data da legislação: 28/06/1990 - Publicação DOU, de 22/08/1990, págs. 15937-15939. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>> Acesso em: 07/04/2016.

4. COELHO, Cidelmara H. et al. Wet deposition of major ions in a rural area impacted by biomass burning emissions. *Atmospheric environment*, v. 45, n. 30, p. 5260-5265, 2011.
5. DA CONCEIÇÃO, Fabiano Tomazini et al. The Influence of Phosphate Mining on the Chemical Composition of Annual Atmospheric Deposition in Catalão (GO) and Tapira (MG), Brazil. *Water, Air, & Soil Pollution*, v. 227, n. 3, p. 1-13, 2016.
6. DE MELLO, W. Z. Precipitation chemistry in the coast of the Metropolitan Region of Rio de Janeiro, Brazil. *Environmental pollution*, v. 114, n. 2, p. 235-242, 2001.
7. DE MELLO, William Z.; DE ALMEIDA, Marcelo D. Rainwater chemistry at the summit and southern flank of the Itatiaia massif, Southeastern Brazil. *Environmental Pollution*, v. 129, n. 1, p. 63-68, 2004.
8. DE SOUZA, Patricia Alexandre et al. Composição química da chuva e aporte atmosférico na Ilha Grande, RJ. *Quim. Nova*, v. 29, n. 3, p. 471-476, 2006.
9. EPA (2016). Criteria Air Pollutants: NAAQS Table. Disponível em: <<https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>>. Acesso em: 10/04/2016.
10. FIGUEREDO, Débora Vallory. Influence of calcareous soil particulates on acid rain: Belo Horizonte metropolitan region, Brazil. *Ambio*, p. 514-518, 1999.
11. FLUES, M. et al. Evaluation of the rainwater acidity of a rural region due to a coal-fired power plant in Brazil. *Atmospheric Environment*, v. 36, n. 14, p. 2397-2404, 2002.
12. FORNARO, Adalgiza; GUTZ, Ivano GR. Wet deposition and related atmospheric chemistry in the São Paulo metropolis, Brazil: Part 2—contribution of formic and acetic acids. *Atmospheric Environment*, v. 37, n. 1, p. 117-128, 2003.
13. FORTI, Maria Cristina et al. Elements in the precipitation of S. Paulo city (Brazil). *Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere*, v. 24, n. 2, p. 355-360, 1990.
14. Fundação Instituto de Pesquisa e Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável de Joinville (IPPJ). Joinville: Cidade em dados 2013. Prefeitura Municipal de Joinville, 2013. 229 p.
15. FUNDEMA (2011). Diagnóstico para implantação de um sistema de gestão atmosférica e de monitoramento da qualidade do ar no município de Joinville – SC. Joinville, maio/2010.
16. GONZÁLEZ, C. M.; ARISTIZÁBAL, B. H. Acid rain and particulate matter dynamics in a mid-sized Andean city: The effect of rain intensity on ion scavenging. *Atmospheric Environment*, v. 60, p. 164-171, 2012.
17. GUEDES, E. V.; DUARTE, A. F. Fundamentação metodológica e primeiros estudos sobre deposição úmida em Rio Branco. Acre, Brasil: Universidade Federal do Acre, 2007.
18. HOENICKE, N. F. O Distrito Industrial de Joinville / SC (1975-2007): análise crítica e propositiva. 2007. Tese (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16139/tde-28052010-093722/>>. Acesso em: 06/01/2012.
19. JUNIOR, Raimundo Cosme de Oliveira et al. Chemical analysis of rainfall and throughfall in the Tapajós National Forest, Belterra, Pará, Brazil. *Revista Ambiente & Água*, v. 10, n. 2, p. 263-285, 2015.
20. LARA, L. B. L. S. et al. Chemical composition of rainwater and anthropogenic influences in the Piracicaba River Basin, Southeast Brazil. *Atmospheric environment*, v. 35, n. 29, p. 4937-4945, 2001.
21. LEAL, Tatiana FM et al. Composição iônica majoritária de águas de chuva no centro da cidade de São Paulo. *Química Nova*, v. 27, n. 6, p. 855-861, 2004.
22. MARCELLI, M. P. Ecologia Liquênica nos Manguezais do Sul-Sudeste Brasileiro. *Bibliotheca Lichenologica*, 47, J. Cramer, Berlin, Stuttgart. vii + 288 pp, 1992.
23. MELLO Y. R.; OLIVEIRA T.M.N.; VAZ C.; NASS D. N. Distribuição de precipitação anual na Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão Norte. *Revista Geonorte. Edição Especial 2*, v.1, n. 5, p. 535-546, 2012.
24. MIGLIAVACCA, Daniela Montanari et al. Composição química da precipitação atmosférica no sul do Brasil: estudo preliminar. *Química Nova*, v. 28, n. 3, p. 371-379, 2005.
25. MIGLIAVACCA, Daniela Montanari; TEIXEIRA, Elba Calesso; RAYA-RODRIGUEZ, Maria Teresa Monica. Composição química da precipitação úmida da região metropolitana de Porto Alegre, Brasil, 2005-2007. *Química nova*. São Paulo. Vol. 35, n. 6 (2012), p. 1075-1083, 2012.
26. MIRLEAN, Nicolai; VANZ, Argeu; BAISCH, Paulo. Níveis e origem da acidificação das chuvas na região do Rio Grande, RS. *Química Nova*, v. 23, n. 5, p. 590-593, 2000.
27. MOREIRA-NORDEMANN, L. M.; GIRARD, P.; RÉ POPPI, N. Química da precipitação atmosférica na cidade de Campo Grande-MS. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 15, n. 1, p. 35-44, 1997.

28. MOULI, P. Chandra; MOHAN, S. Venkata; REDDY, S. Jayarama. Rainwater chemistry at a regional representative urban site: influence of terrestrial sources on ionic composition. *Atmospheric environment*, v. 39, n. 6, p. 999-1008, 2005.
29. NASH III, T. H (Ed.). *Lichen Biology*. Cambridge, Cambridge University Press, 2008.
30. PAULIQUEVIS, T. et al. Aerosol and precipitation chemistry measurements in a remote site in Central Amazonia: the role of biogenic contribution. *Atmospheric Chemistry and Physics*, v. 12, n. 11, p. 4987-5015, 2012.
31. PELICHO, Alécio F. et al. Integrated and sequential bulk and wet-only samplings of atmospheric precipitation in Londrina, South Brazil (1998–2002). *Atmospheric environment*, v. 40, n. 35, p. 6827-6835, 2006.
32. RIBEIRO, J. M. G.; OLIVEIRA, T. M. N.. *Cartilha Geográfica Bacias hidrográficas dos rios Cubatão (norte) e cachoeira Joinville*. Mercado de Comunicação, 1ª edição. 40p, 2014.
33. RODRIGUES, Renato de Aragão Ribeiro; MELLO, William Zamboni de; SOUZA, Patricia Alexandre de. Aporte atmosférico de amônio, nitrato e sulfato em área de floresta ombrófila densa montana na Serra dos Órgãos, RJ. *Química Nova*, v. 30, n. 8, p. 1842-8, 2007.
34. DA SILVA, Ana Elizabethe. *Relações entre eventos meteorológicos e chuva ácida em São Paulo*. 2005. Tese de Doutorado.
35. SUN, Xiao et al. Organic acids in cloud water and rainwater at a mountain site in acid rain areas of South China. *Environmental Science and Pollution Research*, p. 1-11, 2016.
36. TRESMONDI, Ana Claudia et al. Avaliação de pH e composição iônica das águas de chuva em Paulínia-SP. *Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia*, v. 2, n. 1, 2005.
37. ZUNCKEL, M.; SAIZAR, C.; ZARAUZ, J. Rainwater composition in northeast Uruguay. *Atmospheric Environment*, v. 37, n. 12, p. 1601-1611, 2003.
38. WILLIAMS, Michael R.; FISHER, Thomas R.; MELACK, John M. Chemical composition and deposition of rain in the central Amazon, Brazil. *Atmospheric Environment*, v. 31, n. 2, p. 207-217, 1997.