

**ANÁLISE COMPARATIVA DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS
NOS RIOS DO BRAÇO E MISSISSIPE, NORDESTE DE SANTA CATARINA**

DOI: 10.19177/rgsa.v9e3202054-72

Yara Rúbia de Mello¹
Letícia Lediane de Freitas²
Therezinha Maria Novais de Oliveira³

RESUMO

O conhecimento dos parâmetros físico-químicos e biológicos de um rio é essencial para uma adequada gestão hídrica e ambiental. O monitoramento da qualidade de água dos rios no Brasil, em geral, é realizado com baixa frequência, o que dificulta o estudo de suas alterações e tendências de comportamento. Diante desta problemática, o objetivo deste estudo foi analisar parâmetros físico-químicos e biológicos dos Rios do Braço e Mississipe na frequência diária, levando em consideração características geográficas e parâmetros meteorológicos. O período de monitoramento foi de 01/09/2016 a 30/11/2016. Foram monitorados parâmetros físico-químicos: pH, OD, condutividade, salinidade e temperatura da água; parâmetros biológicos com testes de presença ou ausência de coliformes totais e *E. coli* e parâmetros ecotoxicológicos com ensaios de toxicidade aguda com organismo *Daphia Magna*. Em seguida foi realizada a correlação dos parâmetros físico-químicos com parâmetros meteorológicos; e analisada sua relação com características geográficas e antrópicas do entorno. Com os resultados foi possível inferir que os dois rios possuem a qualidade de suas águas comprometidas, destacando-se os altos valores de condutividade e salinidade do Rio Mississipe; e a presença de coliformes fecais em ambos os rios. Nas análises por correlação, os valores-r variaram de fraco a moderado.

Palavras-chave: Monitoramento diário. Qualidade da água. Correlação.

¹ Doutoranda em Geografia. UFPR. E-mail: yarademello@gmail.com

² Acadêmica do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade da Região de Joinville (Univille). E-mail: leticiafreitass@hotmail.com

³ Professora do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente e do Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade da Região de Joinville – Univille. E-mail: tnovais@univille.br

COMPARATIVE ANALYSIS OF PHYSICAL-CHEMICAL AND BIOLOGICAL PARAMETERS IN THE RIVERS OF BRAÇO AND MISSISSIPE, NORTHEAST OF SANTA CATARINA

ABSTRACT

Knowledge of the physical-chemical and biological parameters of a river is essential for an adequate water management. The monitoring of river water quality in Brazil, in general, is realized with low frequency, which makes it difficult to study their changes and behavioral trends. In view of this problem, the objective of this study was to analyze physical-chemical and biological parameters of the Braço and Mississipe rivers in the daily frequency, taking into account geographic characteristics and meteorological parameters. The monitoring period was from 09/09/2016 to 11/30/2016. The physical-chemical parameters that were monitored are: pH, OD, conductivity, salinity and water temperature; and biological parameters with the *Daphia Magna* organism and tests for the presence or absence of total coliforms and E. coli. The correlation of the physical-chemical parameters with meteorological parameters was then performed; and analyzed its relation with geographic and anthropic characteristics of the environment. With the results it was possible to infer that the two rivers have the quality of their waters compromised, especially the high values of conductivity and salinity of the Mississipe river, and the presence of fecal coliforms in both rivers. In the correlation analyzes, the r-values ranged from weak to moderate, and the correlation was negative for all parameters.

Keywords: Daily monitoring. Water quality. Correlation.

1 INTRODUÇÃO

Os rios são ecossistemas de grande importância ambiental e social, pois englobam diversos fins essenciais à vida humana, tais como abastecimento de água, geração de energia, insumo nos diferentes setores econômicos, fonte de pesca comercial, de lazer e atração turística. Porém, a sua utilização de forma intensa e muitas vezes sem planejamento, tem resultado em problemas ambientais sérios, e que geram uma série de consequências que influenciam diretamente na sua qualidade e disponibilidade (ALVES *et al*, 2008).

Dentre as alterações impróprias causadas pela ação antrópica estão: a ocupação inadequada do solo e das margens dos rios, que podem gerar inundações em períodos de cheias; a impermeabilização do solo, que prejudica

a drenagem, e contribui para a ocorrência de inundações e alagamentos; e o despejo de efluente doméstico e industrial, com tratamento ineficiente ou sem nenhum tipo de tratamento (ALVES *et al.*, 2008 e AMORIM *et al.*, 2017).

O emprego de parâmetros para monitorar a qualidade da água dos rios é um método amplamente utilizado na prática e na literatura técnico-científica, como ferramenta de gestão e pesquisa, em especial no sentido de identificar fatores de influências de determinados parâmetros. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) publicou em 1986 a Resolução nº 20, atualmente Resolução 357 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação e dá diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais. Esta resolução lista parâmetros a serem avaliados e define limites para cada parâmetro conforme o uso preponderante dos recursos hídricos.

A partir destas resoluções deu-se início a uma série de trabalhos acerca da qualidade das águas dos recursos hídricos brasileiros. No entanto, devido a grande dimensão do país e sua vasta hidrografia, associada ao custo das análises, estes estudos ainda são escassos e de baixa frequência. Farias (2006) e Alves *et al.* (2008) desenvolveram importantes contribuições científicas neste âmbito. Os autores utilizaram parâmetros físico-químicos e biológicos para analisar a qualidade da água nos Rios Cabelo - João Pessoa (PB) e Pirapó - Maringá (PR). Nos dois casos, alguns parâmetros avaliados não se enquadraram na Resolução CONAMA nº 357/2005.

Os Rios do Braço e Mississipe estão localizados no município de Joinville, no nordeste do Estado de Santa Catarina. Joinville é o município com a maior população do Estado, aproximadamente 569 mil habitantes, segundo dados do IBGE (2016). Esta dinâmica populacional está ligada à grande oferta de empregos, resultante da atividade econômica característica do município - considerado o polo industrial de Santa Catarina (IPPUJ, 2015).

Os dois cursos d'água, do Braço e Mississipe, são os principais rios da Bacia Hidrográfica do Rio do Braço (BHRB). Suas sub-bacias possuem características distintas, apesar da proximidade entre elas. O Rio do Braço possui extensão de 12 km, com sua nascente a uma altitude aproximada de 20 metros, e sua foz no Rio Cubatão que deságua no estuário da Baía da Babitonga. O principal uso do solo em sua sub-bacia é a vegetação herbácea. A maior parte de sua área (a montante dos pontos propostos de monitoramento), 79%, está situada na zona rural de Joinville, e apenas 21% na zona urbana, no Distrito de Pirabeiraba.

O Rio Mississipe, por sua vez, possui extensão de 11 km, sua nascente está localizada nos contrafortes da Serra do Mar - a uma altitude aproximada de 600 metros, e sua foz no Rio do Braço. Porém, antes da desembocadura, recebe a contribuição de dois cursos d'água importantes, Rio Amazonas e Ritter, que estão inseridos no Distrito Industrial Norte (maior distrito industrial do município). Os principais usos do solo destas sub-bacias são a vegetação em estágio médio/avançado e áreas urbanizadas. 76% da bacia está localizada em área urbana e 24% em área rural.

Considerada a dinâmica geográfica da área de estudo, o conhecimento sobre a qualidade das águas dos Rios do Braço e Mississipe é essencial para uma adequada gestão hídrica e ambiental, frente ao cenário global de crescente degradação. Esta proposição conduz ao objetivo da pesquisa, que foi analisar e comparar parâmetros físico-químicos e biológicos dos Rios do Braço e Mississipe na frequência diária, levando em consideração as características geográficas de cada bacia e parâmetros meteorológicos.

2 METODOLOGIA

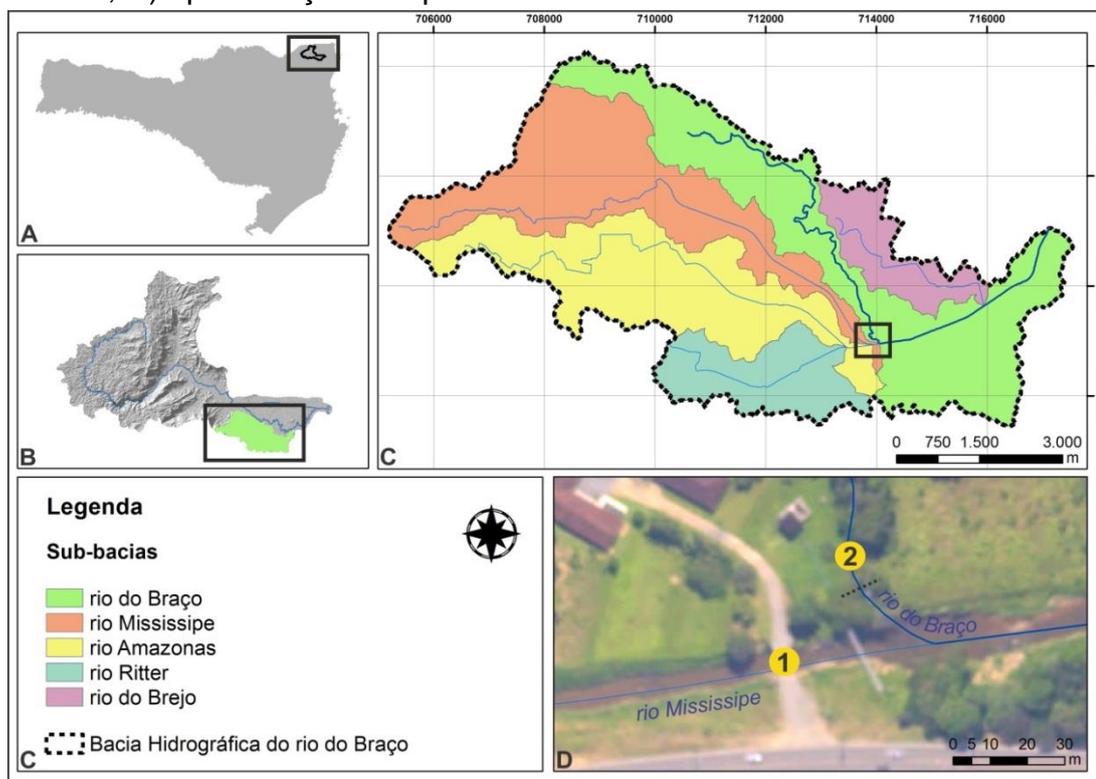


2.1 ÁREA DE ESTUDO

Os Rios do Braço e Mississipe pertencem a Bacia Hidrográfica do Rio do Braço (BHRB) que está localizada na região nordeste do Estado de Santa Catarina, no município de Joinville. E no baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão, neste contexto, individualizada como sub-bacia (figura 1).

A BHRB possui uma área de 41,17 km², dividida em quatro sub-bacias, sendo elas, Rio do Braço (12,87 km²), Rio Mississipe (10,93 km²), Rio Amazonas (10,15 km²), Rio Ritter (4,21 km²) e Rio do Brejo (3 km) (figura 1).

Figura 1 – A) Localização da BH do Rio Cubatão em relação ao Estado de Santa Catarina; B) localização da sub-bacia do Rio do Braço em relação a BH do Rio Cubatão; C) localização dos pontos de coleta em relação a BH do Rio do Braço e suas sub-bacias; D) aproximação dos pontos de coleta.



Fonte: IBGE; SEINFRA, SDS. ISSN
Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

O Rio do Braço e seus afluentes estão localizados predominantemente em um ambiente de planície costeira. A maior parte da bacia compõem-se de altitudes inferiores a 20 metros (53,5%), ainda assim, atinge altitudes superiores a 500 metros nos contrafortes da Serra do Mar, nas proximidades da nascente dos Rios Mississipe e Amazonas.

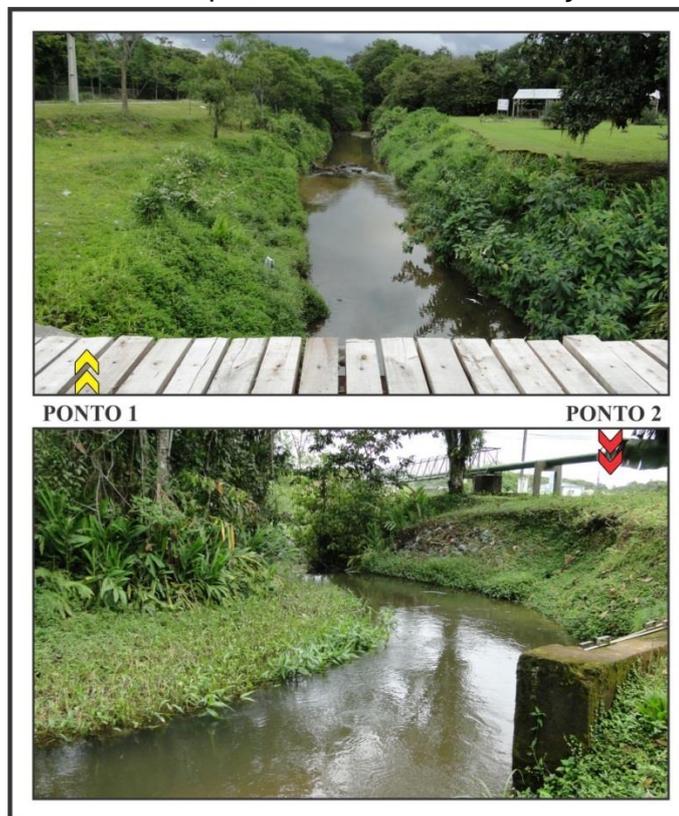
A média anual de precipitação na BHRB é de 2.383,1 mm, a média máxima é de 2.465,9 mm e a média mínima é de 2.215,7 mm. Nos meses de verão precipita em média 35,3% do acumulado anual, nos meses de primavera 26%, nos meses de outono 22,3% e nos meses de inverno, período mais seco na região, 16,4% (MELLO *et al.*, 2015; MELLO *et al.*, 2016).

2.2 PONTOS DE MONITORAMENTO

Foram selecionados dois pontos de monitoramento da qualidade de água na BHRB para esta pesquisa, o Ponto 1 – Rio Mississipe e o Ponto 2 – Rio do Braço (figuras 1 e 2). A escolha dos pontos levou em consideração a localização estratégica

em função da abrangência espacial da área de drenagem de cada rio (zona rural, urbana, industrial, etc.).

Figura 2 – Pontos de monitoramento de qualidade da água. Ponto 1 – Rio Mississipe; Ponto 2 – Rio do Braço.



O Ponto 1 – Rio Mississipe, está localizado no rio de mesmo nome, a montante do Ponto 2. O ponto de monitoramento abrange a contribuição dos Rios Mississipe, Amazonas e Ritter. A área destas sub-bacias somadas é de 25,3 km², deste total, a classe predominante de uso do solo é de vegetação em estágio médio/avançado (42,28%), conforme tabela 1, seguida por áreas urbanizadas. A vegetação em estágio médio e avançado é caracterizada por remanescentes florestais do bioma Mata Atlântica e por florestas secundárias.

Tabela 1 – Classes de Uso do Solo das áreas de contribuição hidrográfica a montante do Ponto 1 (sub-bacias dos Rios Mississipe, Amazonas e Ritter) e do Ponto 2 (sub-bacia do Rio do Braço).

Classe	Ponto 1 (%)	Ponto 2 (%)
Área Urbanizada	25,45	17,45
Manguezal	0,09	0,01
Rizicultura	3,70	6,76
Solo Exposto	8,97	2,37
Vegetação em Estágio Médio/Avançado	42,28	5,73
Vegetação em Estágio Inicial	6,62	8,43
Vegetação Herbácea	12,89	59,23

Fonte: Projeto Babitonga Ativa.

O Ponto 2 – Rio do Braço, está localizado nas proximidades da confluência com o Rio Mississipe. A área desta porção da bacia (a montante do Ponto 2) é de 4,2 km², e a classe de uso do solo predominante é de vegetação herbácea (59,23%) (tabela 1).

2.3 AMOSTRAGEM, ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS, BIOLÓGICAS E TOXICOLÓGICAS



As medições de campo e a coleta de amostras de água ocorreram de segunda a sexta feira no período de 01/09/2016 a 30/11/2016, totalizando 56 dias, em dois pontos de amostragem. Os parâmetros selecionados para avaliação seguiram as principais características demandadas para os usos na classe 3 da Res. CONAMA 357/2005 numa avaliação preliminar.

Nas medições de campo, foram obtidos os dados de potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), condutividade, salinidade e temperatura da água, utilizando uma sonda multiparâmetrica HI9828 da marca HANNA. Durante as medições de campo foram coletadas amostras de água dos dois pontos em frascos de vidro previamente esterilizados e realizadas análises biológicas de presença ou ausência de coliformes totais e *E. coli*. Utilizando kits Colilert® e Colilert®-18 da marca IDEXX, com tempo para obtenção dos resultados de 18 e 24 horas, e resultado qualitativo por meio da coloração amarela e fluorescência. E análises toxicológicas com o microcrustáceo *Daphia Magna*, de acordo com o procedimento de teste agudo da NBR 12.713/09, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, no laboratório de Ecotoxicologia da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE). Cor

e odor foram analisados por percepção, sendo medidos sensorialmente. Além da observação visual da presença de espumas, peixes, algas, resíduos flutuantes nas margens dos rios e/ou alguma alteração pontual que foram anotadas durante o período de amostragem.

Vale ressaltar que os dados obtidos de cada parâmetro foram avaliados por indicadores estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357, de 17/03/2005, para corpos de água doce de Classe III, conforme enquadramento do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão (GONÇALVES *et al.*, 2007).

2.4 DADOS METEOROLÓGICOS

Para entender o contexto climático em que o monitoramento de campo foi realizado e dar apoio as discussões dos resultados das análises, primeiramente foi utilizada a técnica dos quantis para verificar se se tratou de um período sazonal (no caso primavera) normal, seco, ou chuvoso (SOUZA *et al.*, 2012). E também foi realizada uma análise de correlação para averiguar a relação entre a precipitação e parâmetros monitorados.

Para tanto, foram utilizados dados diários de precipitação pluviométrica da Estação Univille (distante 0,4 km dos pontos de monitoramento) com uma série histórica de 21 anos; e de temperatura do ar e precipitação pluviométrica da Estação Cubatão, localizada a montante da nascente do Rio do Braço (distante 7,8 km dos pontos de monitoramento).

Foi realizada correlação estatística entre a precipitação e os parâmetros: condutividade, OD, pH, salinidade e temperatura da água; utilizando as classes de acumulados de precipitação de 1, 2, 3, 4 e 5 dias. E entre a temperatura do ar e a temperatura da água, neste caso utilizou-se dados de temperatura do ar com intervalo de 5 em 5 minutos, a fim de se obter a maior proximidade do valor do horário do monitoramento. As correlações foram realizadas para os dois cursos d'água, utilizando o *software Statistica*.

Na tabela 2 estão descritas as classes dos valores-r (coeficiente de correlação), adotadas neste trabalho. Utilizou-se o nível de significância de 0,05 (valor-p).

Tabela 2 – Classificação dos valores-r (coeficientes de correlação).

Coeficientes de correlação	Correlação
0,00-0,19	Muito fraca
0,20-0,39	Fraca
0,40-0,69	Moderada
0,70-0,89	Forte
0,90-1	Muito forte

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CORRELAÇÕES ESTATÍSTICAS

O período analisado (primavera de 2016) totalizou um acumulado de 642,7 mm de precipitação, enquadrando-se em um período normal. Para o cálculo dos quantis foi utilizada a estação da Univille, por possuir a maior série histórica (21 anos) em relação às estações utilizadas neste trabalho.

A correlação entre a temperatura do ar e a temperatura da água para o Rio Mississipe foi de 0,7067 (forte), e para o Rio do Braço foi de 0,5577 (moderada), ambas com valores-p significativos, 0 e 0,00001, respectivamente. Esse resultado pode indicar a existência de alguma influência antrópica no Rio do Braço, que vêm alterando a sua temperatura (superior em 96,4% dos dias monitorados), podendo também estar relacionado à baixa quantidade de vegetação arbórea na bacia, e também nas margens do rio. Em média, a temperatura da água do Rio do Braço foi 1°C superior a do Rio Mississipe.

Foi realizado um total de 100 correlações entre a precipitação e parâmetros físico-químicos (contabilizando-se as diferentes classes de precipitação, estações e parâmetros). Deste total, 50% das análises apresentaram resultados significativos (valor-p < 0,05) (tabela 3). Na discussão a seguir serão utilizados apenas esses resultados.

Tabela 3 – Resultados das análises de correlação entre a precipitação das estações Univille e Cubatão, e os parâmetros físico-químicos condutividade, OD, pH, salinidade e temperatura da água. Em vermelho estão destacados os valores não significativos estatisticamente.

Curso d'água	Estação	Classe de Precipitação	Condutividade		Salinidade		pH		OD		Temperatura Água	
			Valor-r	Valor-p	Valor-r	Valor-p	Valor-r	Valor-p	Valor-r	Valor-p	Valor-r	Valor-p
Rio Mississipe	Univille	Acu. 1	-0,2258	0,0942	-0,2244	0,0964	-0,2095	0,1212	-0,1582	0,2441	0,057	0,6762
Rio Mississipe	Univille	Acu. 2	-0,3796	0,0039	-0,3781	0,0041	-0,2649	0,0485	-0,1891	0,1629	0,0626	0,6468
Rio Mississipe	Univille	Acu. 3	-0,4381	0,0007	-0,4375	0,0007	-0,2633	0,05	-0,1632	0,2296	0,0193	0,8879
Rio Mississipe	Univille	Acu. 4	-0,461	0,0003	-0,4593	0,0004	-0,2383	0,077	-0,1244	0,361	-0,0513	0,7074
Rio Mississipe	Univille	Acu. 5	-0,4566	0,0004	-0,4565	0,0004	-0,2857	0,0328	-0,2003	0,1388	-0,0444	0,7455
Rio Mississipe	Cubatão	Acu. 1	-0,284	0,0339	-0,2816	0,0355	-0,2238	0,0973	-0,1107	0,4165	-0,0754	0,5806
Rio Mississipe	Cubatão	Acu. 2	-0,4426	0,0006	-0,4409	0,0007	-0,119	0,3824	-0,1445	0,2879	0,0192	0,8883
Rio Mississipe	Cubatão	Acu. 3	-0,5335	0,00002	-0,5339	0,00002	-0,0093	0,9455	-0,0887	0,5158	-0,007	0,9594
Rio Mississipe	Cubatão	Acu. 4	-0,5694	0	-0,5698	0	-0,0298	0,8272	-0,0567	0,6781	-0,0301	0,8258
Rio Mississipe	Cubatão	Acu. 5	-0,5961	0	-0,5963	0	-0,1091	0,4233	-0,1429	0,2934	-0,0885	0,5165
Rio do Braço	Univille	Acu. 1	-0,1821	0,1793	-0,1298	0,3404	-0,2971	0,0262	-0,2441	0,0698	0,0431	0,7522
Rio do Braço	Univille	Acu. 2	-0,3265	0,0141	-0,2582	0,0546	-0,3903	0,0029	-0,3706	0,0049	0,0809	0,5533
Rio do Braço	Univille	Acu. 3	-0,3614	0,0062	-0,3016	0,0239	-0,436	0,0008	-0,3689	0,0052	0,0307	0,8822
Rio do Braço	Univille	Acu. 4	-0,3743	0,0045	-0,3235	0,015	-0,4564	0,0004	-0,3343	0,0118	-0,0362	0,7913
Rio do Braço	Univille	Acu. 5	-0,3774	0,0041	-0,3347	0,0117	-0,4657	0,0003	-0,3385	0,0107	-0,0231	0,8657
Rio do Braço	Cubatão	Acu. 1	-0,1157	0,3986	-0,0403	0,7681	-0,3166	0,0174	-0,3668	0,0054	-0,0869	0,5241
Rio do Braço	Cubatão	Acu. 2	-0,1811	0,2817	-0,1116	0,4128	-0,3548	0,0073	-0,4679	0,0003	-0,006	0,965
Rio do Braço	Cubatão	Acu. 3	-0,2609	0,0521	-0,1961	0,1474	-0,3835	0,0035	-0,4692	0,0003	-0,0256	0,8514
Rio do Braço	Cubatão	Acu. 4	-0,3036	0,0229	-0,2495	0,0637	-0,4109	0,0017	-0,4112	0,0016	-0,0545	0,6898
Rio do Braço	Cubatão	Acu. 5	-0,3576	0,0068	-0,3032	0,0231	-0,5057	0,00007	-0,391	0,0029	-0,1042	0,4448

As correlações significativas foram mais frequentes em relação à estação Univille, com média de 54%, enquanto que para a estação Cubatão foi de 46%, por outro lado, os coeficientes de correlação foram mais fortes para a estação Cubatão. Em relação aos rios, o do Braço obteve 58% de correlações significativas, enquanto o Mississipe obteve 42%. Para as classes de acumulados de precipitação, a pior relação obtida se deu com o acumulado de 1 dia, com 25% de valores significativos; e o melhor resultado se deu com o acumulado de 5 dias (65%); para os acumulados de 3 e 4 dias, 55% dos valores foram significativos; e de 2 dias 50%. Os coeficientes de correlação variaram entre as classes fraca e moderada.

A condutividade apresentou correlação negativa com a precipitação, variando de fraca a moderada, com os maiores valores na classe de 5 dias de acumulado de precipitação, para os dois cursos d'água. A correlação foi maior para o Rio Mississipe do que para o Rio do Braço - onde os valores-r atingiram apenas a classe fraca.

A salinidade também apresentou correlação negativa, seguindo o mesmo padrão da condutividade. Com valores-r variando de fraco a moderado, atingindo esta última classe citada apenas no Rio Mississipe. Os valores-r foram melhores na classe de 5 dias de acumulado de precipitação.

Os parâmetros pH e OD apresentaram características similares, porém distintas da salinidade e da condutividade. As correlações também foram negativas e variaram de fraca a moderada, porém, no Rio Mississipe houve apenas 3 valores-r significativos para o pH, ambos classificados como fraco, e para o OD nenhum valor-r foi significativo. Já para o Rio do Braço, 100% dos valores-r foram significativos para o pH, e 90% para o OD (nestes cálculos foram contabilizadas as duas estações).

Por fim, o parâmetro temperatura da água não apresentou nenhuma correlação significativa com a precipitação pluviométrica.

3.2 MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS

Estatísticas descritivas dos parâmetros físico-químicos estão resumidas na tabela 4. Observa-se que o parâmetro que apresentou maior variação, entre os cursos d'água, foi a condutividade, com um valor médio de 853,89 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no Rio Mississipe, e de 62,63 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no Rio do Braço.

Tabela 4 – Estatísticas descritivas dos parâmetros físico-químicos nos pontos 1 e 2 no período analisado.

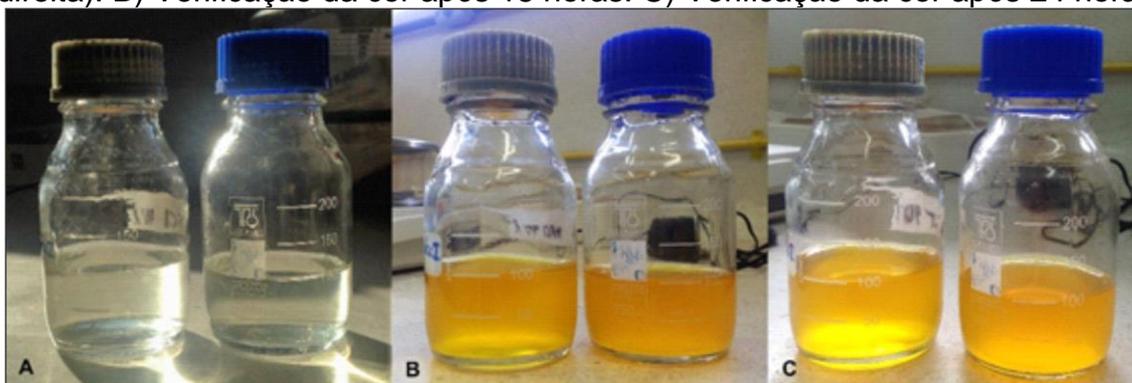
		Temperatura Água (°C)	OD (mg/L)	pH	Salinidade	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Ponto 1 - Rio Mississipe	Máximo	26,01	9,80	9,05	1,05	2059,00
	Mínimo	17,36	5,03	6,71	0,05	112,00
	Média	21,61	7,22	7,98	0,42	853,89
	Mediana	21,62	7,09	8,02	0,35	716,50
	Desvio Padrão	1,83	1,15	0,53	0,24	482,27
Ponto 2 - Rio do Braço	Máximo	26,18	10,42	9,52	0,06	131,00
	Mínimo	18,44	5,52	6,14	0,01	24,00
	Média	22,61	6,98	7,53	0,03	62,63
	Mediana	22,48	6,71	7,63	0,02	54,00
	Desvio Padrão	1,82	1,15	0,74	0,01	20,97

Vale ressaltar que, durante as medições diárias, foi possível observar nas imediações do ponto de monitoramento do Rio Mississipe alguns agravantes de degradação ambiental, dentre eles o lançamento de efluentes domésticos com tratamento precário, disposição de resíduos sólidos *in natura*, desmatamento da vegetação e a ocupação irregular na margem do rio. No ponto de monitoramento do Rio do Braço não foi observado nenhum dos agravantes citados anteriormente. Os resultados do monitoramento serão apresentados e discutidos com maior detalhamento nos tópicos a seguir.

3.2.1 COLIFORMES TOTAIS E FECAIS

Em todos os testes realizados, as amostras do Rio Mississipe e do Rio do Braço apresentaram coloração amarela e fluorescência o que indica a presença de coliformes fecais (figura 3). Isso porque as bactérias do grupo coliforme podem ser divididas em coliformes totais, sendo representadas por bacilos gram-negativos do gênero *Escherichia* e coliformes termotolerantes, sendo representadas pela *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal, conforme definição da Portaria nº 2.914/2011 (BATISTA, 2012).

Figura 3 – Teste de presença ou ausência de coliformes totais e fecais realizado dia 28/09/2016. A) Amostras de água do Rio do Braço (esquerda) e do Rio Mississipe (direita). B) Verificação da cor após 18 horas. C) Verificação da cor após 24 horas.



Neste caso a presença de *E.coli* deixa clara a contaminação de origem fecal, pois estas bactérias estão presentes nas fezes humana e de outros animais de sangue quente. A principal preocupação quanto a isto, é que a água do rio pode conter microrganismos patogênicos que transmitem doenças, o que não necessariamente pode gerar impacto à biota do corpo d'água em si, mas pode afetar alguns de seus

possíveis usos (FONTES, 2008). Observa-se que no Rio do Braço P2 prevalece a vegetação herbácea sendo utilizado também como pastagens, o que não ocorre tanto no Ponto 1 em que prevalece vegetação de estágio médio e avançado e área urbanizada com predominância de sistemas fossa filtro em estado precário.

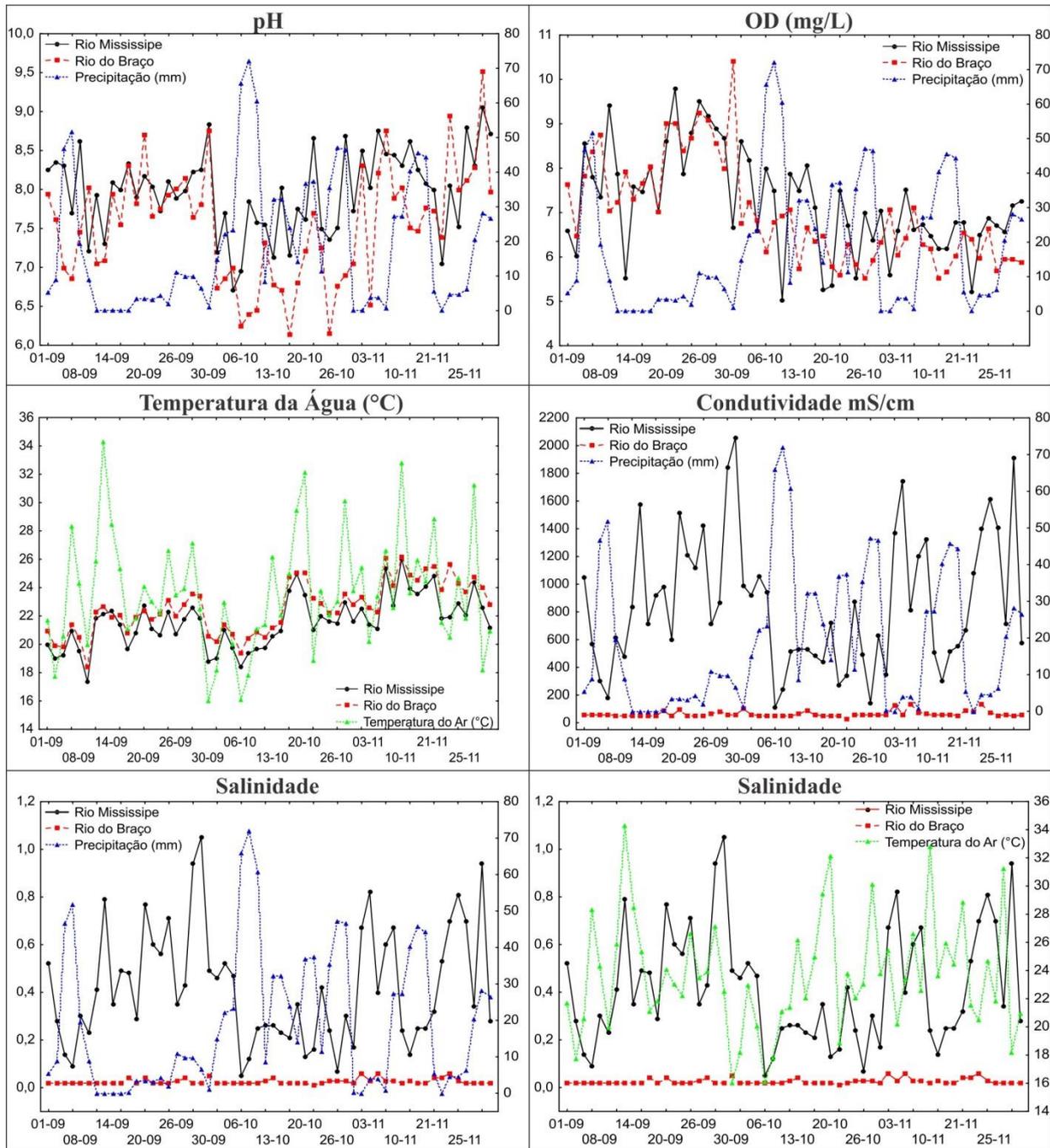
3.2.2 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

O pH no Rio Mississipe variou de 6,71 a 9,05, e no Rio do Braço de 6,14 a 9,52 (figura 4). Em média, os dois rios se mantiveram próximos à neutralidade, com valores de $7,98 \pm 0,53$ e $7,53 \pm 0,74$, respectivamente (tabela 4). Sabe-se que valores abaixo de 7 indicam condições ácidas, igual a 7, neutralidade, e acima de 7, condições básicas. A média dos valores do pH está dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para a Classe III (6,0 a 9,0), no entanto alguns valores ultrapassaram os limites da Resolução, apresentando um pH mais básico.

Segundo Paula (2011), as variações de pH nas águas dos rios promovem alterações na fisiologia de diversos organismos, indicam contaminação principalmente oriunda de efluentes industriais, além de contribuir para a dissolução e precipitação de substâncias, muitas vezes tóxicas, como os metais pesados.

Os valores-r da correlação entre precipitação e pH foram mais significativos no Rio do Braço. De forma geral, quanto maior a precipitação menor foi o pH. Porém, em alguns episódios, como é possível observar na figura 4, o pH não seguiu este padrão, indicando possível influência antrópica nesta dinâmica. No dia 27 de outubro, houve a maior diferença de pH entre os cursos d'água (1,79), sendo que o Rio Mississipe atingiu o valor de 8,69, valor elevado em relação a média, assim como o acumulado de chuva. E no dia 29 de novembro os dois cursos d'água registraram os mais elevados valores de pH, sendo que a precipitação não apresentou valor baixo discrepante.

Figura 4 – Valores mensurados dos parâmetros físico-químicos em relação a parâmetros meteorológicos (a precipitação refere-se ao acumulado de 5 dias – correlação mais forte); Eixo Y a esquerda: valores dos parâmetros físico-químicos, Eixo Y a direita: valores dos parâmetros meteorológicos.



3.2.3 OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

O OD na água irá depender do balanço entre a quantidade de oxigênio consumida por bactérias para oxidar a matéria orgânica, e a quantidade produzida no próprio corpo d'água, por meio de organismos fotossintéticos, e processos de aeração natural e/ou artificial (PINTO, 2007). No Rio Mississipe o OD variou de 5,03 a 9,80 mg/L, e no Rio do Braço de 5,52 a 10,42 mg/L. Em média, os valores foram de $7,22 \pm 1,15$ e $6,98 \pm 1,15$ mg/L, respectivamente, estando dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (o OD não pode ser inferior a 4 mg/L) (tabela 4 e figura 4).

Os valores-r de correlação entre OD e precipitação, foram significativos apenas para o Rio do Braço. Para o Rio Mississipe, este parâmetro não apresentou variação relacionada à precipitação, como é possível observar na figura 4. A maior diferença de OD entre os rios se deu no dia 30 de setembro (3,75 mg/L). Nesta data o Rio do Braço apresentou o valor máximo (10,42 mg/L) para o período de análise. A precipitação para este dia não apresentou valor discrepante, e o OD do Rio Mississipe teve queda em relação ao dia anterior e posterior, indicando possível influência antrópica rural no Rio do Braço.



3.2.4 TEMPERATURA DA ÁGUA

No Rio Mississipe a amplitude da temperatura da água foi de 17,36 a 26,01 °C e no Rio do Braço de 18,44 a 26,18 °C. Em média, os valores foram de $21,61 \pm 1,83$ e $22,61 \pm 1,82$ graus respectivamente (tabela 4 e figura 4).

A temperatura da água do Rio do Braço se manteve mais quente em 96,5% do período de monitoramento. Destaca-se o dia 23 de novembro, quando foi registrada a temperatura máxima de 25,62°C, que resultou numa diferença de 3,69°C em relação as águas do Rio Mississipe. Acredita-se que esta dinâmica possa estar relacionada à diferença na quantidade de vegetação arbórea entre as sub-bacias, que é superior na sub-bacia do Rio Mississipe, conforme tabela 1.

3.2.5 CONDUTIVIDADE

A condutividade está relacionada à capacidade que a água possui em conduzir corrente elétrica. Essa propriedade varia com a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas na água, com a temperatura, com a mobilidade e valência dos íons, e com as concentrações real e relativa de cada íon (PINTO, 2007).

No Rio Mississipe a condutividade variou de 112 a 2059 mS/cm e no Rio do Braço de 24 a 131,00 mS/cm. Segundo a CETESB (2009), níveis superiores a 100 μ S/cm indicam ambientes impactados, ou seja, o Rio Mississipe esteve acima do patamar tolerável em 100% do período de monitoramento. Em média, os valores foram de $853,89 \pm 482,27$ e $62,63 \pm 20,97$ mS/cm respectivamente (tabela 4 e figura 4).

No dia 29 de setembro foi registrado o valor máximo de condutividade (2.059 mS/cm), que ocorreu no Rio Mississipe, neste mesmo dia foi registrado o valor máximo de salinidade no mesmo rio (1,05). Para o Rio do Braço não foram registrados valores elevados neste dia.

Os resultados refletem a grande quantidade de íons presentes nas águas do Rio Mississipe quando comparado ao Rio do Braço. Sendo que os menores valores registrados nos rios foram em períodos de chuva intensa, havendo então grande diluição dos íons, conforme pode ser observado na figura 4, onde os picos de chuva coincidem com menores valores de condutividade. Esta mesma constatação foi encontrada por Farias (2006) no Rio Cabelo, onde o aumento da vazão do rio decorrente da chuva refletiu em menores valores de condutividade.

Outro fator importante a ser considerado é o arraste de materiais como areia, argila, matéria orgânica e sais, pelo escoamento superficial da água da chuva, sendo que solo exposto é a classe de uso do solo mais vulnerável ao arraste. Conforme a tabela 1, a porcentagem de solo exposto das áreas de contribuição hidrográfica a montante do Ponto 1 é maior do que a do Ponto 2, o que pode ter contribuído para que os valores de condutividade do Rio Mississipe sejam maiores do que os do rio do Braço. Os resultados de condutividade elétrica também podem contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorrem na bacia hidrográfica, ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, esgotos, entre outros (MORRISON *et al.*, 2001).

3.2.6 SALINIDADE

A salinidade é definida como a medida dos teores de sais dissolvidos na água. Possui comportamento semelhante a condutividade, tende a aumentar nas épocas mais quentes e secas do ano, devido à maior evaporação da água. Na figura 4 é possível observar que os picos de salinidade acompanham os picos de temperatura. Por outro lado, as chuvas costumam diminuir seu valor, o que pode ser comprovado na figura 4, que demonstra a relação inversa entre a salinidade e a chuva. No Rio Mississipe a salinidade variou de 0,05 a 1,05; e no Rio do Braço, a variação foi menor, de 0,01 a 0,06. Os valores médios foram de $0,42 \pm 0,24$ e $0,03 \pm 0,01$ respectivamente (tabela 4 e figura 4).

Os níveis elevados de salinidade no Rio Mississipe podem inibir o consumo de água pelos animais e, conseqüentemente, o consumo de alimentos. Pois as tolerâncias aos sais variam com a espécie, a idade, a necessidade de água e com suas condições fisiológicas (NIELSEN *et al.*, 2003).

3.2.7 TESTES DE TOXICIDADE



Nenhum dos pontos apresentou toxicidade aguda, no entanto, durante os testes de toxicidade houve organismos que apresentaram baixa mobilidade. No Rio Mississipe, no primeiro, segundo e terceiro teste houve 2, 2 e 1 organismos com essa característica, respectivamente. Já no Rio do Braço apenas 1 organismo apresentou esta característica no segundo teste. Mostrando que o Rio Mississipe apresenta maior toxicidade a *Daphnia Magna* do que o Rio do Braço, possivelmente sendo este organismo afetado pela salinidade.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos é possível concluir que os dois rios sofrem intervenções antrópicas que prejudicam a qualidade de suas águas, porém, em aspectos distintos.

No rio Mississipe, os parâmetros salinidade e condutividade foram os que tiveram maior amplitude. Por estar localizada em partes no Distrito Industrial, esta bacia recebe contribuição de efluentes que podem estar influenciando na sua

qualidade. O rio Mississipe foi também o que obteve maior toxicidade podendo realmente resultar de atividade antrópica de origem industrial.

Em ambos os rios foi constatado a presença de coliformes fecais. A falta da coleta e do tratamento de esgoto na área de estudo é um fator importante a ser considerado, visto que implica em vários problemas a saúde humana. Para uma análise mais precisa do parâmetro coliforme, é indicada a utilização de teste quantitativo, que possibilita comparar os resultados obtidos com a Resolução CONAMA nº 357.

As análises de correlação contribuíram significativamente para a discussão dos resultados dos parâmetros físico-químicos. Pois indicou o grau de associação entre estes e os parâmetros meteorológicos; e o padrão da relação entre os dados analisados (positivo ou negativo). Uma janela maior de classes de precipitação, detalhando-as em intervalos horários poderia gerar resultados mais significativos. Por fim, conclui-se que a ampliação de ações de gestão da qualidade da água destes rios se faz necessária.

REFERÊNCIAS



ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12.713: Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - método de ensaio com *Daphnia* spp. (Cladocera, Crustacea). Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 21 p.

ALVES, E. C. et. al. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. *Acta Scientiarum Technology*, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.

AMORIM, D. G.; CAVALCANTE, P. R. S.; SOARES, L. S.; AMORIM, P. E. C. Enquadramento e avaliação do Índice de Qualidade da Água dos Igarapés Rabo de Porco e Precuá, localizados na área da Refinaria Premium I, município de Bacabeira (MA). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.22, n.2, p. 251-259, 2017.

BATISTA, Bruna Gerardon; FUCKS, Mateus Batista. Avaliação da água do Arroio Pessegueirinho, Santa Rosa – RS. *Ciência Equatorial*, v. 2, n. 1, 1º semestre 2012.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2009. Variáveis de qualidade das águas. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>. Acesso em: 08/12/2016.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2005. Resolução N. 357, de 17 março de 2005. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 23 p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 05/10/2016.

FARIAS, M. S. S. *Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Cabelo*. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Centro de Tecnologia em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba – PB, 2006.

FONTES, I.B.M.; ARAÚJO, Q.R. Eficiência na remoção de coliformes na estação de tratamento de esgoto de Ilhéus (Bahia). *Geografia* 17(1):127-136, 2008.

GONÇALVES, M. L.; BALDIN, N., ZANOTELLI, C. T.; CARELLI, M. N.; FRANCO, S. C. Elaboração do Plano diretor dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Cubatão do Norte. Joinville: UNIVILLE, 2007. Disponível em: <<http://www.cubataojoinville.org.br/arquivos/livro2.pdf>>. Acesso em: 21/10/2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades@. Disponível em:<<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 28 de out. de 2016.

IPPUJ – Fundação Instituto de Pesquisa e Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável de Joinville. *Joinville cidade em dados 2015*. Joinville, 2015. 180p.

MELLO, Y. R. de.; KOHLS, W.; OLIVEIRA, T. M. N. de. Análise da precipitação mensal provável para o município de Joinville (SC) e Região. *Revista Brasileira de Climatologia*, Ano 11, v.17, jul/dez, 2015.

MELLO, Y. R. de; OLIVEIRA, T. M. N. de. Análise Estatística e Geoestatística da Precipitação Média para o Município de Joinville (SC). *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.31, n.2, 229-239, 2016.



MORRISON, G.; FATOKI, O. S.; PERSSON, L.; EKBERG, A. Assessment of the impact of point source pollution from the Keiskammahoe Sewage Treatment Plant on the Keiskamma River - pH, electrical conductivity, oxygen-demanding substance (COD) and nutrients. *Water SA*, v. 27, n.4, p.475-480, 2001.

NIELSEN, D. L.; BROCK, M. A.; REES, G. N.; BALDWIN, D. S. Effects of increasing salinity on freshwater ecosystems in Australia. *Australian Journal of Botany*, v. 51, p. 655-665, 2003.

PINTO, M. C. F.; CPRM – Serviço Geológico do Brasil- Manual Medição in loco: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido. Versão: maio 2007.

SOUZA, W. M. de S.; AZEVEDO, P. V. de E.; ARAÚJO, L. E. D. Classificação da precipitação diária e impactos decorrentes dos desastres associados às chuvas na cidade do Recife - PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 02(2) 250-268, 2012.