

XIV SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

CONTRIBUIÇÕES ANTRÓPICAS NA QUALIDADE DA ÁGUA: OS ARROIOS LUIZ RAU E PAMPA, NOVO HAMBURGO/RS

*Leonardo Espíndola Birlem¹; Roberta Plangg Riegel²; Daniela M. M. Osório³; Carlos
Nascimento⁴ & Daniela Müller de Quevedo⁵*

RESUMO – A qualidade da água em arroios urbanos tem sido degradada por emissões antrópicas, como o despejo de esgoto doméstico e industrial. As águas dos Arroios Luiz Rau e Pampa, ambos localizados em Novo Hamburgo/RS, foram acompanhadas entre julho de 2012 e março de 2013 e os resultados foram tratados através de técnicas de geoprocessamento e métodos quantitativos, com o objetivo de avaliar as contribuições dos aspectos demográficos nas mudanças na qualidade da água. Para o Arroio Pampa, foram encontradas correlações estatisticamente significantes entre Densidade Demográfica (DD) e Coliformes Totais (CT), Coliformes Termotolerantes (CTT), Cloretos, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio Total Kjeldhal (NTK), Oxigênio Dissolvido (OD) e pH, enquanto o Arroio Luiz Rau apresentou correlações significativas entre esses parâmetros, exceto OD e pH, o que demonstra a relação entre o aumento da poluição e o crescimento urbano.

ABSTRACT– Water quality in urban creeks has been degraded by anthropogenic emissions, such as the dumping of domestic and industrial sewage. The water of Arroio Luiz Rau and Pampa, both located in Novo Hamburgo/RS, was monitored between July, 2012 and March, 2013, and the results were treated through geoprocessing techniques and quantitative methods, with the objective of evaluating the contributions of the demographic aspects in the changes in its water quality. For Arroio Pampa, statistically significant correlations were found between Demographic Density (DD) and Total Coliforms (TC), Thermotolerant Coliforms (CTT), Chlorides, Chemical Oxygen Demand (COD), Total Kjeldhal Nitrogen (NTK), Dissolved Oxygen (OD) and pH, whereas the Arroio Luiz Rau presented significant correlations among these parameters, except OD and pH, which demonstrates the relation between increasing pollution and urban growth.

Palavras-Chave – Densidade Demográfica; Arroios Urbanos; Degradação de Recursos Hídricos

1. INTRODUÇÃO

O rápido crescimento de áreas urbanas, bem como o desenvolvimento de diversas atividades antrópicas, estabelecidas às margens de cursos d'água, e que negligenciam critérios adequados à sustentabilidade são os principais fatores responsáveis pela degradação de bacias hidrográficas no

1) Bolsista de Iniciação Científica FAPERGS, Universidade Feevale, leonardobirlem@gmail.com

2) Programa de Pós-Graduação Doutorado em Qualidade Ambiental, Universidade Feevale, roplangg@yahoo.com.br

3) Programa de Pós-Graduação Doutorado em Qualidade Ambiental, Universidade Feevale, danielaosorio@feevale.br

4) Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, nascimento@feevale.br

5) Programa de Pós-Graduação Doutorado em Qualidade Ambiental, Universidade Feevale, danielamq@feevale.br

Brasil. Os arroios urbanos refletem a degradação de ambientes naturais por contribuições antrópicas, situação que pode ser exemplificada pelos Arroios Luiz Rau e Pampa, contribuintes do Rio dos Sinos (Benvenuti et al. 2015, Petry et al. 2016).

Muitos pesquisadores têm buscado possíveis relações entre os parâmetros de qualidade ambiental, principalmente de corpos d'água com as respectivas densidades demográficas de regiões das quais estes corpos estão localizados (Boberg, 2005; Bollman, 2006), gerando informações que colaboram na vigilância, manutenção e na gestão ambiental urbana, apesar de haver pouca discussão sobre a integração de ferramentas de Geoprocessamento e análises físico-químicas. Contudo, o crescimento populacional ocorre a um passo demasiadamente acelerado e o saneamento ambiental não acompanha este ritmo. Muitos municípios, como Novo Hamburgo, com população de 238.940 habitantes, segundo o último censo realizado na cidade (IBGE, 2010a), ainda possui baixa cobertura sanitária, cuja capacidade de tratamento de esgoto abrange somente 4,5% de todo o esgoto gerado no município (COMUSA, 2017).

Informações oriundas do monitoramento de recursos hídricos são fundamentais na gestão de uma bacia hidrográfica, pois agregam consistência aos diagnósticos das atuais condições ambientais e seu histórico de dados auxilia na previsão de cenários futuros. Análises físico-químicas e microbiológicas precedem um monitoramento adequado que deve, portanto, utilizar bioindicadores que possibilitem a concepção de inferências em relação ao efeito nocivo dos poluentes sobre a biota local (Benvenuti et al. 2015, Petry et al. 2016). O emprego do geoprocessamento, vinculado ao monitoramento convencional, pode fornecer correlações significativas entre os dados monitorados e a situação real, já que fatores demográficos possuem influência direta sobre o consumo e a deterioração de recursos hídricos. O conhecimento das características ambientais, físicas e socioeconômicas de uma determinada região auxilia de forma significativa, agregando dados que podem ser empregados na tomada de decisões e na orientação de ações que visem o planejamento sustentável (Boberg, 2005).

2. METODOLOGIA

Este trabalho consistiu em caracterizar quatro micro bacias hidrográficas com enfoque na qualidade da água e no geoprocessamento, digitalizando e processando cartas topográficas das duas micro bacias e compondo um banco de dados, bem como monitorar diversos parâmetros físico-químicos da água, e a ocupação vegetal às margens destes arroios em pontos pré-selecionados (da nascente à foz, 4 pontos por arroio), para ao final, poder estabelecer correlações que auxiliem na

execução de um monitoramento da qualidade da água e compor índices de qualidade ambiental e de sustentabilidade das Micro bacias.

2.1. Áreas de Estudo

2.1.1. Arroio Luiz Rau

O Arroio Luiz Rau, assim como os seus afluentes, localiza-se na BRS, sob as coordenadas 29°40' Latitude Sul e 51°08' Longitude Oeste. A MLR está a aproximadamente 40 km de distância do município de Porto Alegre/RS e sua área territorial é de cerca de 38,47 km² (Figura 1).

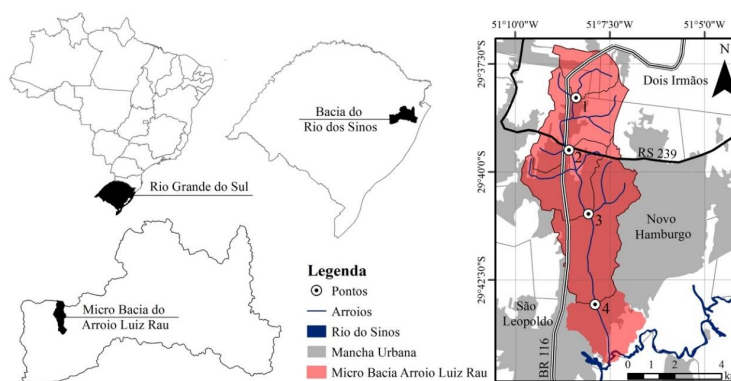


Figura 1 - Localização da MLR

A MLR engloba os municípios de Novo Hamburgo, São Leopoldo e Dois Irmãos (Figura 1), na qual foram estabelecidos 4 Pontos de Coletas caracterizados na Tabela 1.

Tabela 1 - Pontos de coleta ao longo do Arroio Luiz Rau

Ponto 1	<p>Coordenadas geográficas: 29°38'16.78"S 51° 8'22.67"W</p> <p>Descrição: Apresenta carga de efluentes domésticos; vegetação ciliar parcialmente preservada.</p>
Ponto 2	<p>Coordenadas geográficas: 29°39'30.87"S 51° 8'36.41"W</p> <p>Descrição: Próximo ao entroncamento da BR 116 e RS 239, possui alterações na vegetação ciliar.</p>
Ponto 3	<p>Coordenadas geográficas: 29°40'59.58" S 51°08'05.53" W</p> <p>Descrição: Localizado na zona central, apresenta efluentes domésticos e industriais; além de resíduos sólidos oriundos da construção da linha do trem.</p>
Ponto 4	<p>Coordenadas geográficas: 29°43'4.45"S 51° 7'55.02"W</p> <p>Descrição: Área com escassa vegetação ciliar; recebe grande quantidade de efluentes domésticos e industriais.</p>

2.1.2. Arroio Pampa

O arroio Pampa e seus afluentes estão localizados na Bacia do Rio do Sinos (BRS), no Estado do Rio Grande do Sul nas coordenadas 29°39' Latitude Sul e 51°06' Longitude Oeste. Distante 40

km da capital Porto Alegre, a Micro bacia do Arroio Pampa (MAP) possui uma área territorial de 27,9 km², inserida no limite de três municípios: Novo Hamburgo, Campo Bom e Dois Irmãos.

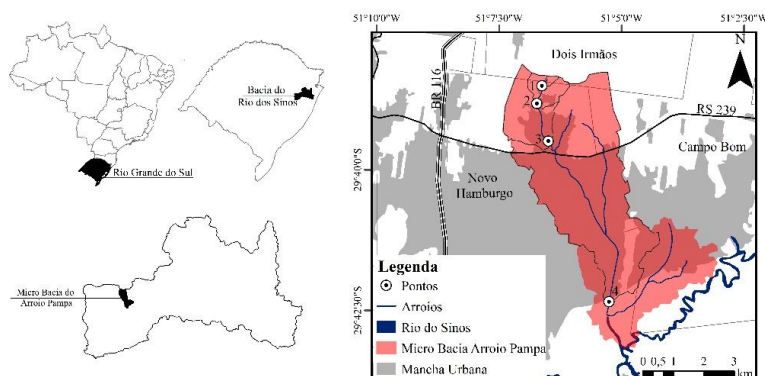


Figura 2 - Localização da MAP

A Tabela 2 apresenta a identificação, localização e descrição dos pontos de coleta inseridos ao longo do Arroio Pampa.

Tabela 2 - Pontos de coleta ao longo do Arroio Pampa

Ponto 1	<p>Coordenadas geográficas: 29°38'28,54" S 51°06'38,9" W</p> <p>Descrição: Localizado na nascente principal; apresenta vegetação nativa.</p>
Ponto 2	<p>Coordenadas geográficas: 29°38'55,22" S 51°10'13,41" W</p> <p>Descrição: Situado em uma nascente secundária, as margens de um estrada.</p>
Ponto 3	<p>Coordenadas geográficas: 29°39'31,8" S 51°6.0'31,52 W</p> <p>Descrição: Apresenta sinais de descargas domésticas e industriais.</p>
Ponto 4	<p>Coordenadas geográficas: 29°42'22,62" S 51°05'17,93" W</p> <p>Descrição: Localizado próximo a foz; é caracterizado pela grande quantidade de descarga de efluentes e pela vegetação ciliar degradada.</p>

2.2. Delimitação das Microbacias

A delimitação da MLR foi realizada conforme o método automático proposto por Alves Sobrinho et al. (2010). Os procedimentos de preenchimento de depressões, direção de fluxo, fluxo acumulado e delimitação da bacia foram realizados utilizando-se o software ArcGIS e o modelo digital do terreno (ASTER-GDEM, 2009). O georreferenciamento dos pontos de coleta e a conversão dos arquivos da extensão kmz. para a extensão shape. foram realizados utilizando-se o software Google Earth.

2.3. Mapa de Densidade Demográfica

O mapa de densidade demográfica (DD) foi construído com base nos setores censitários referentes aos municípios de Novo Hamburgo, Dois Irmãos e Campo Bom (Censo de 2010, em Projeção UTM e Datum SIRGAS 2000). O mesmo procedimento foi realizado nas planilhas Domicilio 01, permitindo a ligação dos dados na tabela de atributos (IBGE, 2010b; IBGE, 2010c). Posteriormente, o mapa de DD foi recortado, utilizando-se as quatro áreas de contribuição identificadas e reclassificados em cinco categorias: <10 hab/ha; 10 – 40 hab/ha; 40 – 70 hab/ha; 70 – 100 hab/ha; > 100 hab/ha.

2.4. Análises Físico-Químicas e Microbiológicas

A caracterização da qualidade da água das micro bacias foi realizada por meio de análises físico-químicas de cinco amostras coletadas entre os meses de julho de 2012 até março de 2013 para cada micro bacia. As variáveis Coliformes Totais (CT), Coliformes Termotolerantes (CTT), Cloretos, Cor, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio Total Kjeldhal (NTK), Oxigênio dissolvido (OD) e pH foram analisadas.

2.5. Análises Estatísticas

Análises estatísticas descritivas foram aplicadas ao conjunto de dados, a fim de se determinar a mediana, média e o desvio padrão (DP) das concentrações das variáveis monitoradas. Como as variáveis não apresentaram distribuição normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, as diferenças entre as concentrações foram determinadas através do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido pelo post hoc de Student-Newman-Keuls. As relações entre DD e os parâmetros de qualidade da água foram avaliadas por meio da análise de correlação de Spearman. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se os softwares BioEstat 5.3 e IBM Statistics SPSS v 24.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Mapas de Contribuição

A delimitação das manchas de contribuição da rede de drenagem dos quatro pontos de coleta levou em consideração o relevo existente, resultando em quatro áreas sobrepostas para cada uma das Micro bacias estudadas. A Figura 3 apresenta as áreas de contribuição dos arroios estudados, apresentados com diferentes tons, bem como a localização dos Pontos onde foram realizadas as coletas para análises físico-químicas e microbiológicas.

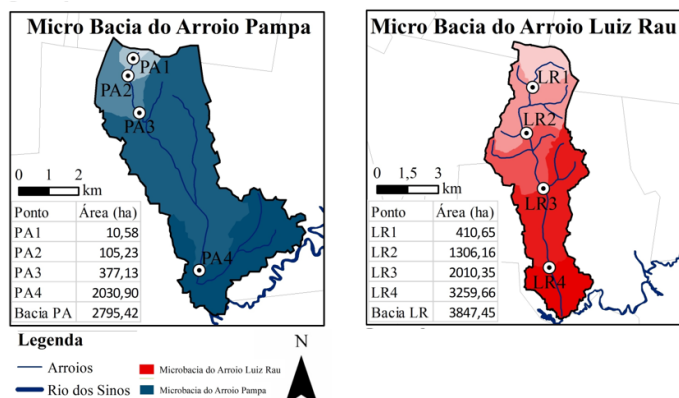


Figura 3 - Identificação das áreas de contribuição

3.2. Densidades Demográficas

O mapa dos setores censitários das micro bacias, apresentado na Figura 4, está classificado com a variável densidade populacional, dentro das áreas de contribuição de cada ponto. Fica evidente o crescimento da DD nos setores censitários conforme à sua proximidade dos arroios e seus afluentes.

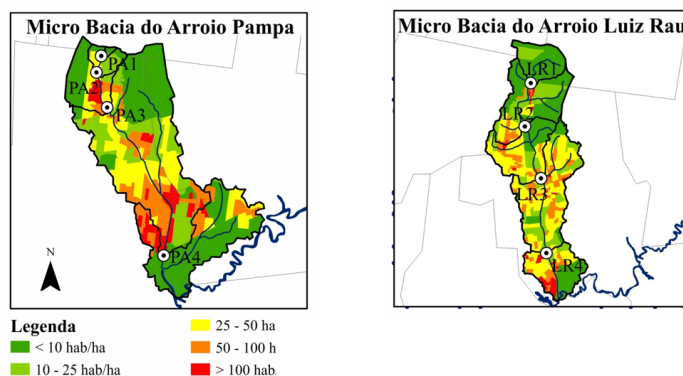
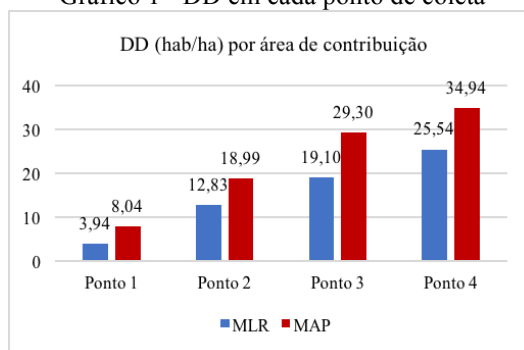


Figura 4 - Caracterização da Densidade Demográfica (DD) referentes aos pontos de coleta

O gráfico 1 apresenta a DD das respectivas áreas de contribuição de acordo com os pontos de coleta dos quatro arroios. Nota-se uma ascensão gradativa da DD à jusante das microbacias dos arroios Pampa e Luiz Rau, havendo uma proporcionalidade entre a DD e a proximidade dos pontos em relação à proximidade do Rio dos Sinos. Estas áreas apresentam, também, as maiores médias de DD entre as quatro áreas estudadas, já que estes arroios cortam longos trechos de intensa urbanização.

Gráfico 1 - DD em cada ponto de coleta



3.3. Análises Físico-Químicas e Microbiológicas

3.3.1. Arroio Luiz Rau

As Tabelas 3 e 4 apresentam a mediana, média e desvio padrão (DP) e indica as diferenças estatísticas significativas identificadas entre as concentrações dos parâmetros de qualidade da água, monitorados nos quatro pontos de coleta ao longo da MLR.

Tabela 3 - Mediana, Média e Desvio Padrão(DP) das concentrações das variáveis monitoradas ao longo da MLR para os pontos 1 e 2.

Estatística	Ponto 1 (n=5)			Ponto 2 (n=5)		
	Mediana	Média	DP	Mediana	Média	DP
CT NMP 100mL-1	16000a	26540	34396	2300000b	3288000	4424446
CTT NMP 100mL-1	3100 a	4020	4873	2600000b	396000	257060
Cloretos mg L-1	6,5 a	7,7	2,6	13,3 a	16,2	9,2
Cor uH	94,0a	110,2	93	76,0a	131,4	111,7
DQO mg O2L-1	8,1 a	12,2	9,3	32,3b	37,5	21,3
NTK mg L-1	1,2 a	1,5	1,1	5,2 b	8,6	6,6
OD mg O2L-1	6,9a	6,9	4,7	1,4b	1,9	2
pH	7,2a	7,3	0,5	7,1a	7,1	0,2

Tabela 4 - Mediana, Média e Desvio Padrão (DP) das concentrações das variáveis monitoradas ao longo da MLR para os pontos 3 e 4.

Estatística	Ponto 3 (n=5)			Ponto 4 (n=5)		
	Mediana	Média	DP	Mediana	Média	DP
CT NMP 100mL-1	2500000b	3082000	2971720	2400000b	2474000	1375638
CTT NMP 100mL-1	510000b	476000	264159	440000b	920000	911263
Cloretos mg L-1	12,4 a	17,7	11,5	25,7 a	26,2	16,4
Cor uH	102,0a	134,6	89,3	100,0a	130,4	85,3
DQO mg O2L-1	50,9b	41,9	18	56,9b	57,3	32,4
NTK mg L-1	7,2 b	9,1	6,1	17,1b	13,7	8,8
OD mg O2L-1	5,5b	3,7	2,7	5,8ab	4,2	2,4
pH	7,1a	7,2	0,2	7,2a	7,2	0,1

3.3.2. Arroio Pampa

As Tabelas 5 e 6 apresentam a mediana, média e desvio padrão (DP) e indica as diferenças estatísticas identificadas entre as concentrações das variáveis monitoradas nos quatro pontos de coleta ao longo do Arroio Pampa. Com exceção da Cor, as demais variáveis apresentaram diferenças estatísticas significativas (ao nível de 5%) entre os diferentes pontos de coleta, especialmente entre os Pontos 1 e 4, em função do crescente aporte de poluentes que ocorre entre estes dois pontos, onde podemos considerar o Ponto 3 como o ponto de transição entre a área de bacia com menor impacto na qualidade da água e a área de maior impacto.

Tabela 5 -Mediana, Média e Desvio Padrão (DP) das concentrações das variáveis monitoradas ao longo da MAP para os pontos 1 e 2.

Estatística	Ponto 1 (n=5)			Ponto 2 (n=5)		
	Mediana	Média	DP	Mediana	Média	DP
CT NMP 100mL-1	3200 ^a	4708	5940	30000 ^a	222008	334313
CTT NMP 100mL-1	0.0 ^a	48.8	86.6	2000 ^{ab}	58404	79134
Cloretos mg L-1	3.6 ^a	3.9	1.7	6.1 ^{ab}	8.3	4.1
Cor uH	30.0 ^a	34.8	27.3	79.0 ^a	81.8	67.0
DQO mg O2 L-1	6.0 ^a	6.5	4.8	12.7 ^a	14.9	10.0
NTK mg L-1	1.3 ^a	1.3	0.5	1.6 ^{ab}	4.0	5.3
OD mg O2 L-1	5.8 ^a	6.0	1.9	6.2 ^a	5.1	2.0
pH	6.79 ^a	6.68	0.31	6.84 ^{ab}	7.01	0.37

Tabela 6 - Mediana, Média e Desvio Padrão (DP) das concentrações das variáveis monitoradas ao longo do MAP para os pontos 3 e 4.

Estatística	Ponto 3 (n=5)			Ponto 4 (n=5)		
	Mediana	Média	DP	Mediana	Média	DP
CT NMP 100mL-1	2400000 ^{ab}	2474420	2341855	3400000 ^b	5920200	8008061
CTT NMP 100mL-1	1200000 ^b	1062011	961088	930000 ^b	3412094	5940241
Cloretos mg L-1	20.8 ^{bc}	23.7	9.0	26.8 ^c	28.7	9.2
Cor uH	78.0 ^a	92.2	45.3	66.0 ^a	67.6	14.8
DQO mg O2 L-1	41.4 ^{bc}	51.6	20.7	51.3 ^c	55.4	26.5
NTK mg L-1	11.2 ^{bc}	17.5	11.0	18.6 ^c	18.1	7.7
OD mg O2 L-1	4.1 ^{ab}	3.7	1.8	3.3 ^b	2.4	1.7
pH	7.34 ^b	7.27	0.27	7.37 ^b	7.37	0.30

Para as tabelas 3, 4, 5 e 6, as Medianas da mesma coluna seguidas por letras diferentes indicam diferenças significativas, pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido do post hoc de Student-Newman-Keuls, para $p < 0,05$.

3.4. Testes de Correlação

As Tabela 7 e 8 apresentam as correlações identificadas entre a DD e as demais variáveis empregadas no monitoramento da qualidade da água da MLR e MAP, respectivamente.

Relacionando estas variáveis com a DD das áreas de contribuição, observamos que as mesmas apresentam correlação significativa positiva, a exceção de OD, que apresenta relação inversa, justificada em função de que os níveis de OD tendem a diminuir em função do aumento das cargas poluidoras (Sperling, 2005). As águas naturais apresentam, em geral, cor verdadeira variando de 0 a 200 uH, sendo os valores inferiores a 10 uH dificilmente perceptíveis (Libânio, 2008). Em função disto, os resultados referentes à variável cor podem estar relacionados a características naturais da água na área estudada, ao invés de fatores antrópicos, confirmada pela inexistência de correlação significativa entre cor e DD para ambas as microbacias.

Através do Teste de Correlação de Spearman, foi possível obter os seguintes resultados: a MLR apresentou correlações significativas entre os parâmetros estudadas e a DD, com exceção de OD e pH. Já a MAP apresentou que existem correlações significativas entre os parâmetros estudados e a DD.

Tabela 7 - Correlação de Spearman (R) entre DD e parâmetros de qualidade da água de MLR.

Variáveis	CT	CTT	Cloretos	Cor	DQO	NTK	OD	pH
Correlação (R)	0,640**	0,691**	0,547*	0,198	0,656**	0,683**	-0,219	0,035

** A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral).

A análise, conforme Tabela 7, também pode indicar, através do coeficiente de determinação (R²), o quanto as variáveis estão associadas. Neste caso, podemos afirmar que 41% da contaminação por CT é explicada pela DD. O mesmo ocorre os parâmetros CTT, Cloretos, DQO e NTK, para os quais o percentual foi de 48, 30, 43 e 47%, respectivamente, demonstrando o impacto das atividades antrópicas sobre o meio ambiente.

Tabela 8 - Correlação de Spearman (R) entre DD e parâmetros de qualidade da água de MAP.

Variáveis	CT	CTT	Cloretos	Cor	DQO	NTK	OD	pH
Correlação (R)	0,762**	0,751**	0,900**	0,403	0,842**	0,745**	-0,675**	0,687**

** A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral).

A análise, conforme Tabela 8, também indica a associação entre a DD e os parâmetros. Neste caso, podemos afirmar que 58% da contaminação por CT é explicada pela DD. O mesmo ocorre para cloretos onde temos uma porcentagem de 81% associada a DD, indicando que as emissões dos poluentes são provenientes de atividades antrópicas.

Estes resultados são sugestivos de que esta metodologia possa ser aplicada como ferramenta para caracterizar a qualidade das águas de micro bacias de arroios urbanos em áreas deficientes de tratamento de esgoto doméstico, como demonstram MLR e MAP.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho objetivou a utilização de técnicas de geoprocessamento e análises estatísticas de dados do censo demográfico e de análises físico-químicas da água dos Arroios Luiz Rau e Pampa.

MLR: Foram identificadas diferenças significativas entre as variáveis CT, CTT, DQO, NTK e OD, sugerindo que o Ponto 1 seja o menos impactado, quando comparado aos demais (Pontos 2, 3 e 4) que, aparentemente, são semelhantes, em termos de qualidade da água. Os resultados do teste de correlação de Spearman demonstraram que existem correlações significativas entre os parâmetros estudados e a DD, com exceção da Cor, OD e pH.

MAP: Foram identificadas diferenças significativas entre as variáveis CTT, cloretos, DQO, NTK, OD e pH, especialmente entre os Pontos 1 e 4, sendo que no Ponto 4, os valores apresentaram patamares mais elevados, demonstrando um aumento da degradação dos recursos hídricos. Os resultados do teste de correlação de Spearman demonstraram que existem correlações significativas entre as variáveis estudadas e a DD, com exceção da variável Cor.

Para a MAP e MLR, há um crescente populacional a jusante dos arroios, o que está relacionado também, à proximidade do Rio dos Sinos (quanto mais próximo ao Rio dos Sinos está o ponto, maior a Densidade Demográfica). O que explica a maior carga, principalmente orgânica à jusante, já que existe um acúmulo de descarga de poluentes orgânicos oriundos de ações antrópicas ao longo do percurso que, por sua vez, é bastante urbanizado em ambos os arroios.

Esta mesma metodologia pode ser estendida para outras variáveis associadas à contaminação dos recursos hídricos como usos e ocupações do solo, áreas industriais, áreas destinadas à agricultura, entre outras. A análise também se mostrou eficiente na identificação de pontos de transição, o que demonstra em que ponto a DD é impactante na qualidade do recurso hídrico. Quanto mais pontos forem analisados ao longo da bacia, maior será a precisão na determinação da contribuição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, O. T. S.; RODRIGUES, D. B. B.; AYRES, F. M. (2010). Delimitação Automática de Bacias Hidrográficas Utilizando Dados SRTM. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, 30, 1, p.p. 46-57.

APHA-AWWA-WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22 ed. Washington: American Public and Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, 2012.

ASTER GDEM (2009). ASTER Global Digital Elevation Map Announcement. Disponível em: <<https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>>. Acesso em: 10 mar 2017.

BENVENUTI, T., KIELING-RUBIO, M.A., KLAUCK, C.R., RODRIGUES, M.A.S. (2015). Evaluation of water quality at the source of streams of the Sinos River Basin, southern Brazil. Brazilian Journal of Biology, 75, 2, p.p. 98-104.

BOBERG, J. (2005). Liquid Assets: How Demographic Changes and Water Management Policies Affect Freshwater Resources, Santa Monica: Rand Corporation.

BOLLMANN, H. A.; MARQUES, D. M.L. da Motta (2006). Influência da densidade populacional nas relações entre matéria orgânica carbonácea, nitrogênio e fósforo em rios urbanos situados em áreas com baixa cobertura sanitária. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, vol.11, n.4, pp.343-352.

COMUSA. Novo Hamburgo inaugura a quinta estação de tratamento de esgoto. Disponível em: <<http://www.comusa.rs.gov.br/index.php/noticia-237/novo-hamburgo-inaugura-a-quinta-estacao-de-tratamento-de-esgoto->>> Acesso em: 16 maio 2017.

IBGE (2010a). Cidades@ Novo Hamburgo. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=431340>>. Acesso em: 25 mar. 2017.

IBGE (2010b). Agregados por Setor RS. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>. Acesso em: 10 mar 2017

IBGE (2010c). Setor Censitário 2010. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>>. Acesso em: 20 mar 2017

LIBÂNIO, Marcelo. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 2 ed. Campinas: Editora Átomo, 2008.

PETRY, C.T., Da COSTA, G.M., BENVENUTI, T., RODRIGUES, M.A.S., DROSTE, A. (2016). Avaliação integrada da qualidade química e da genotoxicidade da água do arroio Luiz Rau, no trecho inferior da Bacia do Rio dos Sinos, no Sul do Brasil. Revista Ambiente & Água, 11, 4, p.p. 867-877.

SPERLING, Marcos Von. Princípios do tratamento biológico de águas residuais: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.