

ÁREAS SUSCETÍVEIS À INUNDAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO DO SALSO, PORTO ALEGRE-RS: CARACTERÍSTICAS DAS CHUVAS E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

NINA SIMONE VILAVERDE MOURA¹

LUIS ALBERTO BASSO²

NANASHARA D'ÁVILA SANCHES³

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

1. INTRODUÇÃO

O município de Porto Alegre apresenta uma população de 1.409.351 habitantes (BRASIL, 2010) e um grau de urbanização de 100%, ou seja, toda a população residente no território municipal é considerada urbana. Dessa forma, o adensamento populacional e a impermeabilização crescente do solo condicionam impactos negativos ao meio ambiente, destacando-se, entre outros, a intensificação dos processos de inundação urbana; alteração no escoamento devido ao aumento da produção de sedimentos; degradação da qualidade da água pelos esgotos pluviais e/ou cloacais e contaminação dos aquíferos.

O período inicial do crescimento urbano de Porto Alegre foi marcado pelo avanço das edificações e do sistema viário na zona norte que, devido à instalação do porto e, em função de sua localização e infraestrutura, passou a ser a área mais procurada da cidade, tanto para moradia como para o desenvolvimento de atividades comerciais e industriais.

A dinâmica atual do espaço urbano de Porto Alegre apresenta dois vetores principais de crescimento: adensamento e verticalização nos

¹ Nina Simone Vilaverde Moura <nina.moura@ufrgs.br>

² Luis Alberto Basso <lbasso@terra.com.br>

³ Nanashara D'Ávila Sanches <nana.sanches@ig.com.br>

bairros já consolidados das zonas leste e norte, enquanto na zona sul se destaca a expansão horizontal periurbana onde ainda predomina a paisagem natural. Na última década, os empreendimentos imobiliários lançados na zona sul para os extratos de média alta renda procuram vincular as amenidades naturais existentes (pôr-do-sol, vegetação, fauna, cursos d'água) às amenidades produzidas nos loteamentos e condomínios horizontais (segurança, conforto, equipamentos de lazer e recreação).

Com isso, observa-se que o crescimento urbano vem se expandindo sobre essa área, passando a incorporar padrões diferenciados de uso do solo, transitando de uma área caracterizada pela predominância de patrimônio natural que propicia atividades de lazer e turismo, uso residencial rarefeito e atividades vinculadas ao setor primário (chácaras, sítios, haras) para uma área de ocupação mais densa, destacando-se o setor de serviços e de uso residencial nas tipologias de condomínios horizontais e loteamentos, além de vazios urbanos para fins especulativos.

O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA) (Porto Alegre, 1999) condicionou essa transformação quando incorporou ao perímetro urbano, a antiga zona rural, passando a reconhecer grande parte da zona sul, antes identificada como zona rural, como cidade rururbana.

A área do presente estudo corresponde à bacia hidrográfica do Arroio do Salso, a mais extensa do município, com 92,94 km² de área, o que corresponde a aproximadamente 20% da área total de Porto Alegre (Figura 1). Ela faz parte juntamente com outras sub-bacias, como a do Arroio Guabiroba, do Osso, Espírito Santo e do Dilúvio, da bacia hidrográfica do Guaíba. As nascentes estão localizadas no bairro Lomba do Pinheiro, porção nordeste da área de estudo. O seu arroio principal e homônimo tem 15,16 km de extensão: ele recebe vários afluentes e flui no sentido nordeste-sudoeste. Sua vazão média é de 1,3 m³s⁻¹ ao desembocar no lago Guaíba (MENEGAT *et al.*, 1998).

O setor superior da bacia apresenta morros graníticos e áreas com declividades maiores de 30%, enquanto, no setor médio da bacia, predomina um relevo colinoso com declividades inferiores a 6%. Próximo à desembocadura no Guaíba, o relevo varia de colinoso a plano e as declividades são inferiores a 6%, segundo Moura e Dias (2010).

De acordo com Pires (1997), do ponto de vista do uso da terra, quase 50% da área da bacia correspondia ao uso agropecuário e 28% da área era ocupada por matas. No entanto, segundo levantamento mais recente de

Almeida e Strohaecker (2011) esses valores foram alterados para: agropecuário 23,11% e vegetação florestal (39,70%). Assim, observa-se que predominam na Bacia do Arroio do Salso de espaços não urbanizados, ainda que existam alguns aglomerados urbanos consideráveis, tais como a Lomba do Pinheiro, bairro com muitas ocupações irregulares, localizado na área do divisor de águas com a bacia do Arroio Dilúvio, e a Restinga, bairro situado no setor central e que concentra mais da metade da população residente na área da bacia.

Na área próxima à Lomba do Pinheiro, ou seja, nas cabeceiras da bacia, as declividades são elevadas e ocorrem situações de perigo ligadas ao rolamento de rochas e matacões. Em determinadas partes do bairro, verificam-se depósitos de lixo e a retirada da mata ciliar. Esses fatores associados ao solapamento das margens de alguns cursos d'água provocam aumento considerável do aporte de sedimentos nos arroios, contribuindo para o assoreamento e intensificam as inundações nas partes mais baixas da bacia situadas a jusante.

Já no setor central, próximo ao bairro Restinga, ocorrem processos erosivos, caracterizados pela formação de ravinas e voçorocas em pontos isolados. Também é comum a remoção da camada superficial do solo ocasionada pela erosão em função do mau manejo da terra agrícola.

Na parte inferior da bacia, próximo à desembocadura do arroio do Salso no Guaíba, há ocupações irregulares. A medida de proteção prevista nessa área, pela administração municipal, é a retirada das famílias assentadas nos terrenos de topografia mais baixa, restringindo a ocupação em uma área sujeita a inundações a cada 10 anos, em média.

Sinteticamente, pode-se afirmar que muitas áreas inundáveis das planícies do Arroio do Salso e de seus afluentes ainda se encontram pouco ocupadas, ao contrário do que acontece em outras bacias hidrográficas do município, por exemplo, a bacia hidrográfica do arroio Dilúvio. Esse fato é fundamental já que permite a adoção de medidas de proteção “não estruturais” para essa bacia, isto é, a aplicação de medidas preventivas às áreas sujeitas a inundações e à contaminação dos recursos hídricos, entre outras.

O presente trabalho tem como objetivos principais caracterizar o regime pluviométrico e os eventos de inundação na bacia hidrográfica do arroio do Salso e analisar a influência da precipitação na qualidade das águas superficiais da referida bacia hidrográfica. Para tanto, são necessários alcançar alguns objetivos específicos como: caracterizar a

dinâmica climática regional; analisar a pluviosidade no período de 1970 a 2009 no município de Porto Alegre; verificar a distribuição temporal dos eventos pluviométricos e suas repercussões no território de Porto Alegre e relacionar as concentrações de determinados parâmetros de qualidade de água com as precipitações.

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Localizada em Porto Alegre, Rio Grande do Sul (Figura 1), a bacia hidrográfica do Arroio do Salso é a mais extensa do município, com 92,94 km² de área, o que corresponde a aproximadamente 20% da área total de Porto Alegre. Ela faz parte, juntamente com outras sub-bacias, como a do Arroio Guabiroba, do Osso, Espírito Santo e do Dilúvio, da bacia hidrográfica do Guaíba. As nascentes estão localizadas no bairro Lomba do Pinheiro, porção nordeste da área de estudo. O seu arroio principal e homônimo tem 15,16 km de extensão, recebe vários afluentes e flui no sentido nordeste-sudoeste. Sua vazão média é de 1,3 m³s⁻¹ ao desembocar no lago Guaíba (MENEGAT *et al.*, 1998).

É considerada a única bacia do município que ainda apresenta predomínio de áreas não urbanizadas. Segundo Burkt e Fujimoto (2009) apresenta padrões de ocupação diferenciados: áreas com baixa densidade de ocupação com extensão de elementos naturais preservados, inclusive, e áreas onde essa ocupação é mais intensa com sistema viário consolidado, modelo de habitação compatível com o existente no restante da cidade.

Na bacia hidrográfica do Arroio do Salso estão inseridos, total ou parcialmente, 10 bairros do município de Porto Alegre, que são: Lomba do Pinheiro, Restinga, Hípica, Serraria, Ponta Grossa, Belém Velho, Cascata, Guarujá, Lageado e Agronomia. Também fazem parte da bacia, alguns territórios sem denominação oficial (zonas indefinidas) como as localidades de Aberta dos Morros e do Chapéu do Sol, segundo informações disponíveis no *site* da Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Entre os bairros localizados na área da bacia hidrográfica, Restinga e Lomba do Pinheiro apresentam-se como os maiores aglomerados urbanos da área e os bairros Serraria e Ponta Grossa, com as menores densidades de ocupação com predomínio de atividades rurais e extensas áreas naturais preservadas.

O bairro Lomba do Pinheiro apresenta grande contingente populacional e extensas áreas verdes relativamente preservadas. O bairro

Restinga teve sua formação no início dos anos de 1960 e desde as suas origens esteve ligado a um cenário mais rural que se desenvolveu próximo ao Arroio do Salso. Os primeiros moradores, com registros que datam dessa época, foram removidos para o atual bairro, no qual, anteriormente viviam irregularmente na área central do município. A Restinga é um dos bairros mais peculiares de Porto Alegre, tanto pela variação na paisagem quanto pela sua relativa autossuficiência, visto que tem um relativo afastamento do centro histórico de Porto Alegre.

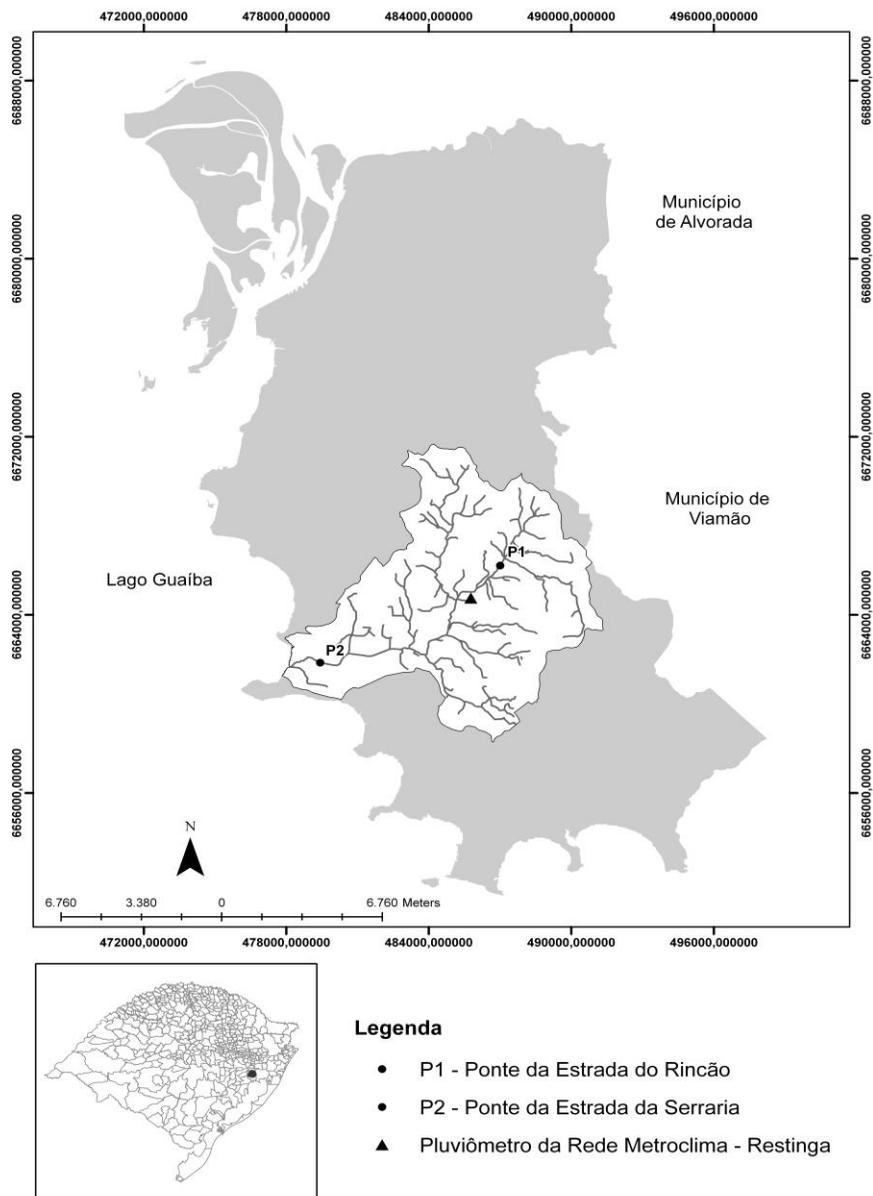


Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Arroio do Salso e Pontos de Coleta.

Os bairros Serraria e Ponta Grossa estão localizados no extremo sul do município e apresentam os menores graus de urbanização dentro da bacia e de Porto Alegre. A ocupação de ambos dá-se predominantemente na forma de sítios, com características rurais. Conforme dados do Departamento Municipal de Habitação – DEMHAB-, a carência de infraestrutura é concentrada, sendo que algumas das mais graves estão inseridas na bacia, como o bairro Lomba do Pinheiro. Esses, juntamente com o bairro Restinga, são os que apresentam os maiores índices de ocupações irregulares, assim como as mais elevadas taxas de densidade demográfica entre os bairros inseridos na área da bacia.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OPERACIONALIZAÇÃO

A análise pluviométrica é um fator extremamente importante na avaliação dos estudos de áreas suscetíveis à inundação, em função de que a chuva é o principal agente deflagrador desse processo. As características litológicas, geomorfológicas, de uso e ocupação da terra atuam, predominantemente, condicionando a ocorrência de inundação. Porém, é a intensidade e a frequência das chuvas que efetivamente desencadeiam e provocam as inundações. Assim, o conhecimento da sua dinâmica e o estudo da relação entre os valores de precipitação pluviométrica e a ocorrência de eventos de inundação são fundamentais para analisar as áreas suscetíveis aos processos de inundação, entre outras situações de natureza geológica, geomorfológica e hidrológica. Além disso, a qualidade das águas superficiais, especificamente alguns parâmetros de qualidade, pode ser alterada devido à diluição decorrente do aumento da vazão que, em última instância, depende fundamentalmente da precipitação.

A análise climatológica regional permite contextualizar a área de estudo em relação aos principais sistemas atmosféricos que a atingem e ao seu entorno. Com isso, a presente análise foi realizada a partir de bibliografias existentes sobre as características climáticas do município de Porto Alegre como Monteiro (1968) e Livi (1998) e Hasenack (2008). Quanto à análise da dinâmica pluviométrica do município, foram utilizadas as análises realizadas por Fujimoto (2001) referentes ao ano de 1972 e os dados coletados no 8º Distrito de Meteorologia de Porto Alegre, para o período de 1970 a 2008, cobrindo valores de precipitação anuais, mensais e diárias. Além dos valores de precipitação, também foram analisados os

dias chuvosos e os principais eventos de chuva (precipitação acima de 30 mm) em três anos que apresentaram os maiores índices pluviométricos entre os 40 anos pesquisados, ou seja, nos anos de 1972, 1987 e 2002. Os dados foram organizados em tabelas e gráficos para proporcionar uma análise da distribuição anual, mensal e, por vezes, diária das precipitações.

Após a análise da distribuição temporal das precipitações, dos dias chuvosos e dos principais eventos de chuva, partiu-se para a análise das repercussões dos eventos de inundação em diferentes localidades de Porto Alegre, particularmente na zona sul do município. Para isso, buscaram-se reportagens referentes a inundações e/ou enchentes ocorridas no município de Porto Alegre e que foram publicadas nos anos de 1972, 1987 e 2002 no jornal Zero Hora, destacando-se os períodos (dia e mês) dos eventos e as localidades atingidas e registradas nas reportagens.

No que se refere à relação entre as precipitações e a qualidade da água, foram coletadas amostras de água em dois pontos ao longo do Arroio do Salso. Um, próximo das nascentes, P1, localizado na Estrada do Rincão e, outro, muito próximo da foz, P2, na Estrada da Serraria (Figura 1). O período de realização das coletas variou de janeiro de 2010 até julho de 2011. As análises laboratoriais foram feitas no Laboratório do Centro de Ecologia (Ceneco) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e lá foram determinados os parâmetros de qualidade: pH, turbidez, condutividade elétrica (CE), sólidos dissolvidos totais (SDT) e sólidos suspensos totais (SST). A metodologia de análise empregada foi : condutometria para a CE (NBR 14340/1999), método potenciométrico para pH (APHA, 2005, Standard Methods 21st), gravimetria – secagem a 180 °C para SDT (Standard Methods 21st), gravimetria – secagem a 105 °C para SST (Standard Methods 21st) e nefelometria para a turbidez (NBR 11265/1990). Por fim, foram elaborados gráficos que relacionam a precipitação com os parâmetros de qualidade mencionados.

4. DISCUSSÃO E RESULTADOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS À INUNDAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO DO SALSO

A análise e o mapeamento das áreas suscetíveis à inundação foram elaborados por Fujimoto e Dias (2010), basicamente sobre as áreas de planícies e/ou formas de relevo cujos processos agradacionais são

predominantes na sua formação, dentro da área da referida bacia hidrográfica. Em função da suscetibilidade aos processos de inundação, a área foi classificada nas seguintes classes (Figura 2):

- As áreas com *muito alta suscetibilidade* à inundação são aquelas que apresentam as menores altitudes (menores de 5m) associadas com as declividades mais baixas e estão representadas por grande extensão de terras ao longo do trecho inferior do Arroio do Salso, próximo ao Guaíba, e contribuem para um escoamento superficial de baixa velocidade. Nesse sentido, são áreas extensas com relevo plano, caracterizado por deposição de sedimentos e por algumas pequenas áreas de cordões arenosos. Os solos são peculiares de planícies aluviais e lagunares e podem ser do tipo Gleissolos Háplicos (profundos e muito mal drenados) e Planossolos Hidromórficos (profundos e típicos de áreas de várzea) (HASENACK, 2008).

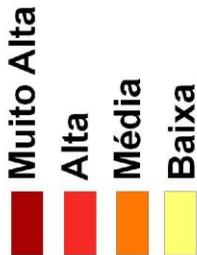
- As áreas consideradas com *alta suscetibilidade* apresentam altitudes entre 5 e 15m e solos mal drenados, representadas pelo padrão em forma de planícies flúvio-lagunares e, secundariamente, pelo padrão em forma de patamares planos (Fujimoto e Dias, 2009). Os solos predominantes são os Gleissolos Háplicos, Planossolos Hidromórficos e Plintossolos Argilúvicos, ambos com características de solos mal drenados. A configuração das áreas consideradas com muito alta suscetibilidade à inundação aponta para uma série de características naturais que possibilitam a retenção de água durante os eventos chuvosos. O leito do arroio nesta porção da bacia é raso e largo com escoamento lento, desaguando em um corpo d'água de maior proporção e com o mesmo nível médio de suas águas, o que dificulta o escoamento e, por vezes, favorece o represamento da água quando, durante episódios pluviométricos, o nível do Guaíba se encontra igual ou superior ao do Arroio do Salso. Os diques marginais do arroio próximo à foz são pouco expressivos.

- As áreas de *média suscetibilidade* referem-se principalmente ao padrão em patamares planos com altitudes entre 15 a 20m. A média suscetibilidade à inundação é uma categoria espacialmente mais reduzida, correspondendo a uma área alongada que abarca os afluentes do Arroio do Salso e que é a categoria intermediária entre as porções mais facilmente inundáveis da bacia hidrográfica e aquela cuja inundação seria a mais difícil. Os solos são também caracterizados como mal a muito mal drenados, com tendência à retenção de água em períodos de intensa precipitação. É nesta categoria que se localiza parte do bairro Restinga, principal ocupação urbana da bacia hidrográfica do Arroio do Salso.

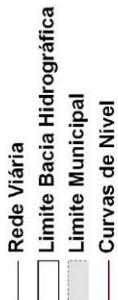
- As áreas de *baixa suscetibilidade* também correspondem aos patamares planos, porém com altitudes entre 20 a 30m e declividades entre 2 a 5%, podendo ocorrer cotas mais elevadas, que não excedem aos 50 metros. Os padrões geomorfológicos abrangidos são os em forma de planícies flúvio-lagunares, em forma de patamares planos e em forma de colinas isoladas, sendo essas colinas de formação sedimentar e de baixas altitudes (Fujimoto e Dias, 2009). Os solos permanecem com as características de drenagem dificultada, sendo mal drenados. É nesta categoria que se concentra a maior parte do bairro Restinga e algumas outras ocupações urbanas. O curso d'água nesta categoria tem características diferenciadas, é mais estreito e com vale mais encaixado, além de diques marginais bem pronunciados e leito com leve sinuosidade. O fluxo é mais intenso devido à declividade mais acentuada dessa porção da bacia hidrográfica. Destaca-se a possibilidade de inundações por enxurrada devido às áreas de altas declividades dos compartimentos de vertentes situados a montante.

LEGENDA

SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO



CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS



MAPA DE SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO DO SALSO PORTO ALEGRE - RS

Informações Geográficas:

Projecção: UTM
Sistema de Referência: WGS 1984

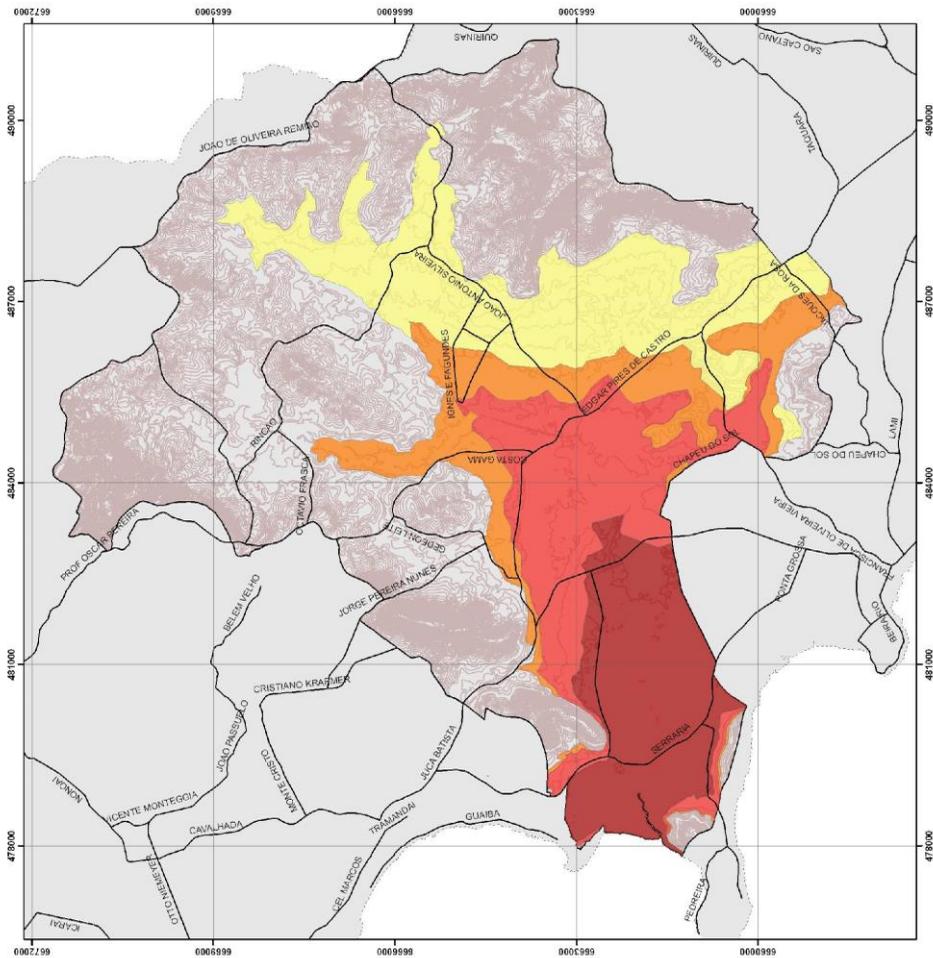


Escala Gráfica

0 500 1.000 2.000 m

Elaboração: Tais Soares Dias
Ortorectado: Ina Simone Vitorino Moura

Data: setembro de 2003
Atualizado em agosto de 2011.



4.2 – ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA

O município de Porto Alegre situa-se, segundo Monteiro (1968), em uma região de clima nitidamente subtropical, e tem como características marcantes temperaturas bem mais baixas do que as encontradas no quadro geral do Brasil, forte amplitude térmica anual, farta distribuição anual de chuvas e inexistência de período seco.

O clima de Porto Alegre é controlado principalmente por massas de ar de origem tropical marítima (mT) e polar marítima (mP). A primeira origina-se na borda ocidental do Anticiclone Subtropical semipermanente do Atlântico sul e é normalmente úmida, quente e instável. Sua frequência é maior na primavera-verão, quando a insolação é mais intensa no hemisfério sul e os sistemas circulatórios atmosféricos estão mais deslocados para o sul.

A massa polar marítima, gerada sobre ampla superfície oceânica que circunda o sul do continente, atinge a região com maior intensidade e frequência no outono-inverno, quando o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul está mais deslocado para o norte. A área passa a receber os Ciclones e Anticiclones Migratórios Polares associados à instabilidade da Frente Polar, que determinam a precipitação do tipo frontal. Os ciclones trazem em sua esteira os Anticiclones Migratórios, responsáveis pela queda brusca da temperatura e pela instabilidade atmosférica que se estabelece após a passagem do sistema frontal.

De acordo com Livi (1998), as frentes frias promovem os fenômenos meteorológicos que mais perturbam a vida da população de Porto Alegre. No verão, a atuação mais intensa de uma frente fria atinge áreas do continente menores do que no inverno. Nesse período, as frentes atuam predominantemente na faixa litorânea; são menos frequentes e intensas e deslocam-se rapidamente para o oceano, onde se dissipam. Já no inverno, as frentes são mais intensas e frequentes, atingindo toda a área litorânea do sul do continente e grande parte do seu interior. Nesse período, ocorre o predomínio da massa de ar frio sobre a de ar quente em grande parte da região meridional da América do Sul.

Para a análise local, foram utilizadas interpretações de Fujimoto (2001) para o ano de 1972 e os dados coletados no 8º Distrito de Meteorologia (8º DISME). A análise dos dados abrange o período de 1970 a 2009. Nesse período, observa-se que os maiores índices de precipitação ocorreram nos anos de 1972, 1987 e 2002, apresentando totais pluviométricos de 1.984,6 mm, 1.775,0 mm e 1.718,5 mm,

respectivamente. Por outro lado, os menores índices ocorreram nos anos de 1988, 1978 e 2006, apresentando totais pluviométricos de 1.052,0 mm, 1.073,2 mm e 1.114,0 mm, respectivamente.

O ano de 1972 apresenta-se como o ano mais chuvoso no período analisado (1970 – 2009), com precipitação total de 1.984,6 mm e média mensal de 165,3 mm. Observa-se no Gráfico 1 que as chuvas estão concentradas principalmente nos meses de junho a setembro e de janeiro a março, sendo que os meses com os maiores valores pluviométricos são junho, agosto, setembro e janeiro, com precipitação total de 253,5mm, 239,2mm, 219,4mm e 215,4mm, respectivamente. Os meses com menores valores pluviométricos foram os de dezembro com 36,1mm e de maio com 75,9mm.

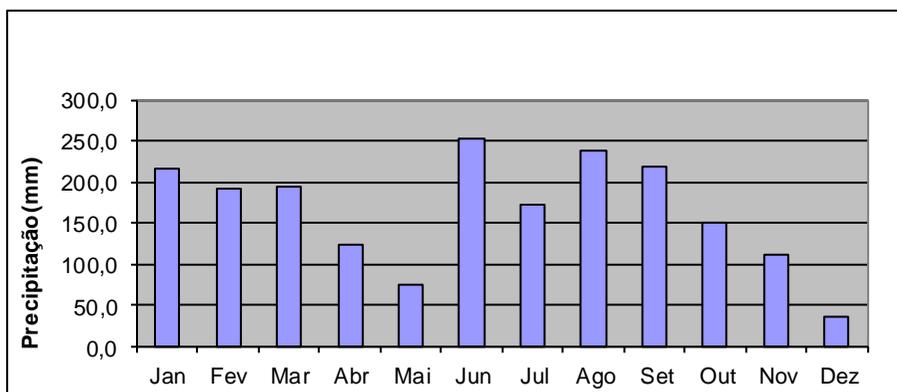


Gráfico 1: Distribuição Mensal da Precipitação no ano de 1972.

Fonte: Fujimoto (2001).

Observa-se no Quadro 1 que os meses de janeiro, fevereiro, março, junho e outubro foram os mais chuvosos, considerando-se aqueles com alturas superiores a 1 mm diários, com 13, 11, 15, 11 e 11 dias chuvosos em cada mês, respectivamente. Os maiores totais pluviométricos apresentados em 24 horas foram de 89,4 mm, 69,1 mm, 63,4 mm e 60,9 mm, nos dias 08 de junho, 11 de fevereiro, 16 de março e 19 de julho, respectivamente. No mês de junho, o mais chuvoso do ano, foram registrados três eventos concentrados nos dias 7, 8 e 27, representando 185,2 mm do total de 253,5 mm precipitados no mês.

Verifica-se que os meses que apresentaram os totais pluviométricos mais elevados não correspondem aos meses com o maior número de dias chuvosos, exceto os de junho e janeiro. Os meses com os maiores eventos diários de chuva correspondem, em sua maioria, com os meses com o maior número de dias chuvosos, porém, não possuem nenhuma relação com os meses que apresentaram os mais altos valores pluviométricos.

Meses	Total de Dias Chuvosos	Dia e Eventos com Precipitação Superior a 30mm Diários			
Janeiro	13	(Dia 06) 35,4 mm	(Dia 28) 59,4 mm		
Fevereiro	11	(Dia 11) 69,1 mm	(Dia 19) 35 mm		
Março	15	(Dia 16) 63,4 mm			
Abril	06	(Dia 15) 54 mm			
Mai	07	(Dia 23) 33 mm			
Junho	11	(Dia 07) 44,6 mm	(Dia 8) 89,4 mm	(Dia 27) 51,2 mm	
Julho	09	(Dia 05) 42 mm	(Dia 19) 60,9 mm		
Agosto	10	(Dia 03) 53,2 mm	(Dia 11) 39,8 mm	(Dia 12) 49,3 mm	(Dia 22) 37 mm
Setembro	09	(Dia 09) 39,1 mm	(Dia 10) 47,5 mm	(Dia 19) 33,6 mm	(Dia 20) 37,3 mm
Outubro	11	(Dia 28) 35,9 mm	(Dia 30) 34,8 mm		
Novembro	08	(Dia 11) 36,4 mm	(Dia 14) 37,4 mm		
Dezembro	05				
TOTAL	115				

Quadro 1: Dias Chuvosos e Eventos Diários com Precipitação Superior a 30 mm (1972).

Fonte: Fujimoto (2001)

O ano de 1987 apresenta-se como o segundo com o total pluviométrico mais elevado no período analisado (1970 – 2009), com precipitação total de 1.775 mm e média mensal de 144,6 mm. Nesse ano, as chuvas apresentaram uma pequena concentração entre os meses de julho e agosto e entre os meses de novembro a janeiro, conforme o Gráfico 2. As

maiores precipitações ocorreram nos meses de agosto, julho, maio, novembro e janeiro, com totais de 278 mm, 218,7 mm, 200,9 mm, 170,4 mm e 170 mm, respectivamente. Nos meses de junho e março ocorreram os menores valores pluviométricos com 82,9 mm e 89 mm, respectivamente.

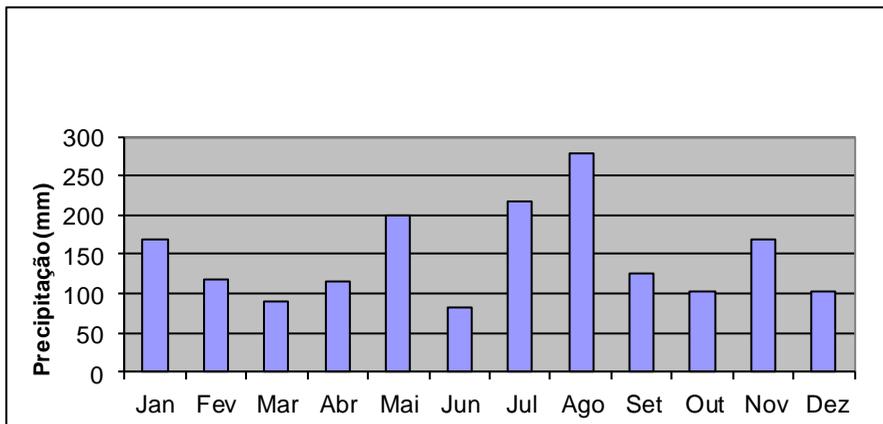


Gráfico 2: Distribuição Mensal da Precipitação no Ano de 1987.

Fonte: 8º Distrito de Meteorologia de Porto Alegre.

Os meses com os maiores números de dias chuvosos são praticamente os mesmos meses que apresentaram os totais pluviométricos mais elevados, com exceção de dezembro, isto é, agosto com 17 dias chuvosos, dezembro com 16, janeiro com 15 e julho com 14 dias chuvosos (Quadro 2). Quanto aos maiores eventos de chuvas diárias registradas, destaca-se o dia 13 de maio, com índice pluviométrico diário de 60,8 mm. Nos dias 02, 07 e 13 de maio, os índices totalizaram 134 mm dos 200,9 mm de precipitação ocorridos em todo o mês. Em janeiro de 1987, ocorreu o segundo maior evento pluviométrico diário em 11 de janeiro, que apresentou um total de 53,4 mm, seguido pelo dia 30 de agosto, quando choveu 50,7 mm em um período de 24 horas.

Meses	Total de Dias Chuvosos	Dia e Eventos com Precipitação Superior a 30mm Diários		
Janeiro	15	(Dia 11) 53,4 mm		
Fevereiro	13			
Março	7			
Abril	9	(Dia 16) 34,7 mm		
Maió	11	(Dia 02) 40,1 mm	(Dia 07) 33,1 mm	(Dia 13) 60,8 mm
Junho	9			
Julho	14	(Dia 01) 38,3 mm	(Dia 28) 48,7 mm	
Agosto	17	(Dia 14) 40,7 mm	(Dia 16) 30,9 mm	(Dia 30) 50,7 mm
Setembro	9	(Dia 10) 32,3 mm		
Outubro	9	(Dia 12) 32,6 mm		
Novembro	11	(Dia 09) 47,4 mm	(Dia 25) 34 mm	
Dezembro	16			
TOTAL	140			

Quadro 2: Dias Chuvosos e Eventos Diários com Precipitação Superior a 30 mm (1987).

Fonte: 8º Distrito de Meteorologia de Porto Alegre.

O ano de 2002 apresenta-se como o terceiro mais chuvoso no período estudado (1970 – 2009), com 1.718,5 mm e média mensal de 143,2 mm. Durante o ano de 2002, as chuvas apresentaram-se relativamente bem distribuídas, podendo ser observado, no Gráfico 3, um período de maior concentração entre os meses de junho a outubro. Os maiores valores pluviométricos corresponderam aos meses de julho, junho, outubro, setembro, agosto e maio, com totais de 186,6 mm, 181,4 mm, 177,6 mm, 167,8 mm, 154,6 mm e 140,8 mm, respectivamente. Os meses com os menores totais pluviométricos foram janeiro e fevereiro, com índices de 56,2 mm e 80,5.

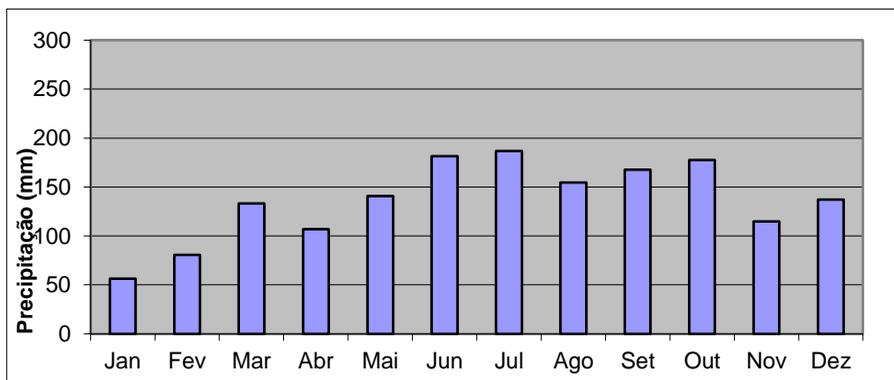


Gráfico 3: Distribuição Mensal da Precipitação no Ano de 2002

Fonte: 8º Distrito de Meteorologia de Porto Alegre.

A partir dessa análise, pode-se concluir que os dados permitem identificar o regime das chuvas e excepcionalidades pluviométricas positivas que ocasionam as inundações e/ou alagamentos em vários pontos de uma área urbana no município de Porto Alegre. Esses eventos podem ocorrer em função de vários dias de chuva com totais pluviométricos regulares e, também, através de picos de chuvas torrenciais com totais pluviométricos altos e concentrados, ou ainda, sendo mais grave, devido à conjunção desses dois fatores. Verifica-se, pela análise dos dados, que tais eventos são possíveis de ocorrer em qualquer época do ano.

Nas áreas suscetíveis à inundação da bacia hidrográfica do Arroio do Salso, os moradores residentes próximos à foz do arroio relataram que os episódios de chuva associados com eventos pluviométricos prolongados (cerca de três a quatro dias de chuva seguidos) são os responsáveis por gerar inundações na região. No geral, tais eventos estão relacionados às chuvas que atingem toda a região metropolitana e que, por sua ampla abrangência, provoca a elevação do nível médio das águas do Guaíba, conseqüentemente, à diminuição da velocidade média das águas do Arroio do Salso que ali deságuam.

4.3. REPERCUSSÕES DOS EVENTOS DE INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO

A análise dos eventos de inundação no município foi realizada através de pesquisa em arquivos do jornal Zero Hora nos anos com os maiores totais pluviométricos no período analisado, ou seja, 1972, 1987 e 2002. A interpretação dos dados proporcionou relacionar os eventos de chuva com a ocorrência de processos de inundação, bem como uma análise da distribuição espacial e temporal dos eventos de inundação/alagamentos registrados em três anos, em diferentes décadas, no município de Porto Alegre.

No ano de 1972, foram registradas 21 reportagens sobre o tema inundação e/ou alagamentos, sendo que quatro foram publicadas na capa do jornal. As reportagens analisadas foram registradas nos meses que apresentaram os totais pluviométricos mais elevados de 1972 e os destaques estavam associados tanto para os eventos concentrados quanto para os períodos prolongados de chuva. Os bairros mais atingidos e mencionados nas reportagens correspondem à região identificada atualmente como cidade Radiocêntrica (PDDUA-1999), principalmente, os bairros próximos aos cursos d'água (arroio Dilúvio) e as áreas adjacentes ao Guaíba, tais como: Menino Deus, Navegantes, Azenha, Cidade Baixa, ilhas do Guaíba, entre outros.

No ano de 1987, foram registradas oito reportagens sobre o tema inundação e/ou alagamentos, sendo que apenas uma foi publicada na capa do jornal, referente a um evento diário no mês de janeiro que atingiu algumas áreas do bairro Medianeira. Também nesse ano, observou-se que as áreas mais atingidas e registradas nas reportagens corresponderam à região identificada como cidade Radiocêntrica. No entanto, encontraram-se quatro registros de eventos ocorridos na zona sul de Porto Alegre, nos meses de abril, maio e agosto. Essa região corresponde à cidade Rururbana de acordo com o PPDUA (1999) e, em grande parte, à área da bacia hidrográfica do Arroio do Salso.

O Quadro 3 apresenta as reportagens sobre inundações e alagamentos em Porto Alegre no ano de 2002. Entre as 14 reportagens, uma delas foi publicada na capa do jornal e referia-se a um evento de inundação ocorrido em março, na zona sul do município. Dessas mesmas 14 reportagens, 10 citam a ocorrência de eventos de inundação e alagamentos em bairros da zona sul. Destaca-se a notícia do dia 29 de julho, na qual se menciona o transbordamento do Arroio do Salso. A série de reportagens ao longo dos

anos demonstra o aumento da frequência de episódios de inundação na zona sul de Porto Alegre; com destaque para o ano de 2002, que apresentou mais do que o dobro de eventos em relação àqueles citados nas reportagens de 1987.

Mês	DIA	LOCAL REGISTRADO NA REPORTAGEM
Fevereiro	07	Zona Sul e Centro
Fevereiro	08	Zona Sul , Centro, Cidade Baixa, Bairro Humaitá e Av. Assis Brasil
Março	28	Wenceslau Escobar, Zona Sul *
Mai	21	Wenceslau Escobar, Diário de Notícias, Padre Cacique (avenidas da Zona Sul).
Junho	08	Rua Freitas de Castro, Ilhas do Guaíba
Junho	12	Vales do Caí, do Taquari e a Zona Sul
Junho	15	Grande Porto Alegre, áreas próximas aos rios e ao delta do Jacuí
Junho	22	Bairros da Zona Sul
Julho	29	Transbordamento do arroio Cancela e do Arroio do Salso na Zona Sul .
Setembro	20	Wenceslau Escobar, Diário de Notícias, Icaraí (avenidas da Zona Sul)
Outubro	18	Vila dos Sargentos, Ilha do Pavão, Avenida Beira-Rio e Bairro Praia de Belas
Outubro	30	Orla da Zona Sul
Dezembro	02	Zona Norte e Leste, Bairro Sarandi, Centro e Avenida Beira-Rio
Dezembro	07	Zona Leste, Sul e Centro

Quadro 3: Reportagens sobre Inundação e/ou Alagamentos em Porto Alegre (2002)

Fonte: Jornal Zero Hora de Porto Alegre (2002)

4.4 A INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA DO ARROIO DO SALSO

Os rios e riachos são alimentados pela água da chuva, que escoar e percola através do solo, carreando substâncias particuladas e solúveis, que influenciam em sua composição química (NETO et al., 1993).

Sabe-se que as chuvas têm potente ação diluidora da poluição hídrica. As gotas, ao caírem na superfície da água constantemente, vão aumentando a vazão dos rios e, com isso, diluindo as concentrações de vários poluentes. No entanto, essa mesma chuva, através do escoamento superficial e da lavagem dos poluentes que se encontram na atmosfera, pode, também, carrear vários elementos e substâncias que contribuem à degradação da qualidade das águas superficiais. Assim, as precipitações exercem papel fundamental em relação à qualidade da água, diminuindo as concentrações de alguns poluentes e, simultaneamente, aumentando a de outros.

Exemplo disso é a pesquisa de SILVA *et al* (2008) sobre a Influência da precipitação na qualidade da água do rio Purus (AM). Os resultados do estudo mostraram que a precipitação foi o principal agente influenciador da qualidade da água do rio, pois se observou que as principais variáveis monitoradas correlacionaram-se significativamente com o regime de chuvas do local. Dados indicaram que a precipitação favoreceu a diminuição da turbidez, enquanto contribuiu para aumento da temperatura, condutividade elétrica, sólidos em suspensão e oxigênio dissolvido.

A bacia do Arroio do Salso, apesar de inserir-se no município de Porto Alegre classificado como eminentemente urbano, tem características tanto urbanas (pavimentos impermeabilizados) quanto rurais (considerável área de mata e campo), conferindo-lhe peculiar uso e ocupação da terra. A qualidade da água depende, então, não apenas da precipitação, mas das relações existentes entre as diferentes categorias de uso e ocupação da terra, da quantidade e intensidade das chuvas, do grau de saturação do solo, do sistema freático, além do volume de água do arroio, a vazão. Pesquisas anteriores realizadas na bacia evidenciaram o comprometimento da qualidade da água do Arroio do Salso (SOARES, 2002; BASSO & MOREIRA, 2010; BASSO & PIZZATO, 2011). Este trabalho pretende verificar a influência das precipitações sobre as concentrações de alguns parâmetros de qualidade das águas ao longo do arroio do Salso, tendo em vista a inexistência de postos fluviométricos na área da bacia.

As amostras de águas foram coletadas em dois pontos: P1 – Estrada do Rincão e P2 - Estrada da Serraria. O primeiro localiza-se a aproximadamente 3 km das nascentes do Arroio do Salso em área tipicamente rural. É importante ressaltar que a área dessas nascentes é ocupada por moradias, muitas delas em situação irregular, com infraestrutura precária. O segundo ponto localiza-se a cerca de 1 km da foz no lago Guaíba, a jusante do bairro Restinga, o mais populoso da bacia (ver Figura 1).

O Gráfico 4 apresenta a variação do pH em função das precipitações ocorridas de agosto de 2010 até o final de julho de 2011. O pH é parâmetro importante, pois afeta a fisiologia de várias espécies aquáticas e, indiretamente, pode influenciar a precipitação de elementos tóxicos como os metais pesados ou exercer efeitos sobre a solubilidade de nutrientes, sendo recomendável valores entre 6 e 9. Nas águas do arroio do Salso variou de 6,6 a 7,4, portanto próximo da neutralidade que é o valor 7. Observa-se que os menores valores de pH ocorreram na coleta de 14/06/2011. O período anterior a essa coleta correspondeu a cerca de 40 mm, acumulados em 32 dias. Com a diminuição da vazão em função da menor quantidade de chuvas, o pH tende a decrescer, pois há maior concentração de matéria orgânica no ambiente aquático (MAIER, 1987).

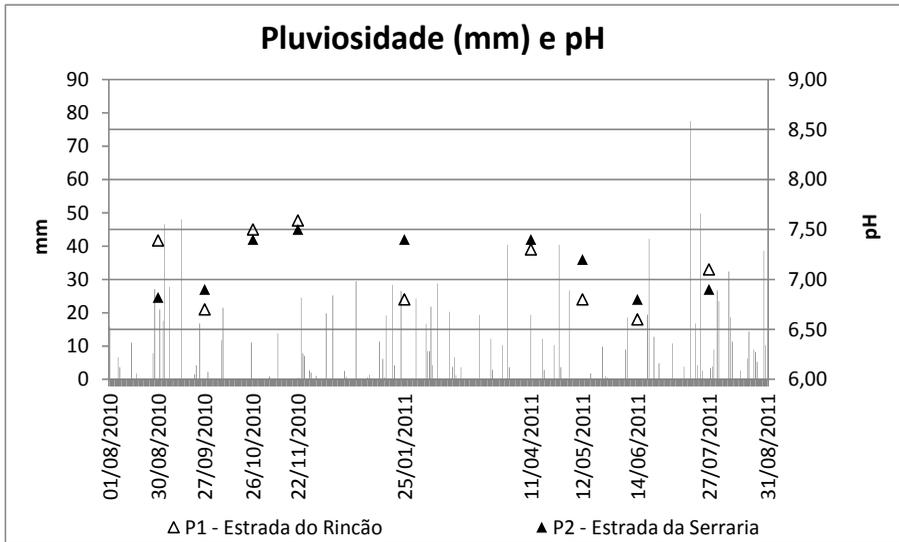


Gráfico 4 – Valores de pH e precipitação no arroio do Salso.

Elaboração: Mariluci Wegner da Silva

A condutividade elétrica (CE) é uma medida da capacidade da água em transmitir corrente elétrica. Quanto maior é o seu valor, maior é o número de íons dissociados na água. A CE não diferencia quais são os íons presentes na água, mas constitui importante indicador da contaminação das águas. Depende das concentrações iônicas e da temperatura; indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, valores acima de $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados. Ela aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados (CETESB, 2007). Percebe-se, ao analisar o Gráfico 6, que a CE sempre teve valores superiores a $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ e que foi maior no P2 do que no P1, ou seja, houve aumento da poluição hídrica em direção à foz do arroio no lago Guaíba. Os valores de CE são algo elevado já no P1, em decorrência de aportes majoritariamente domésticos, não tratados, provenientes do bairro Lomba do Pinheiro. Esses aportes aumentam em direção à foz, com a contribuição significativa do lançamento de esgotos domésticos e industriais, também não tratados do bairro Restinga. No P1 ela variou de $134 \mu\text{S cm}^{-1}$ a $288 \mu\text{S cm}^{-1}$, enquanto no P2 os valores foram bem superiores: de $211 \mu\text{S cm}^{-1}$ a $497 \mu\text{S cm}^{-1}$. A CE é um parâmetro fortemente influenciado pela vazão que consequentemente depende do regime das precipitações. Quanto maior for

a quantidade de íons dissolvidos, maior será a CE da água. Em outras palavras, quanto maior a vazão, menor a CE, tendo em vista o efeito diluidor provocado pelo aumento do volume de água sobre as concentrações dos elementos. Observa-se para o ano de 2010, o aumento do valor da CE da coleta de 30/08 para a de 22/11. Nesse período, houve declínio das precipitações com conseqüente elevação da CE (Gráfico 5). Também, nos 38 dias anteriores à coleta de 27/07/2011, o total precipitado foi de quase 250 mm, o que influenciou a queda dos valores de CE. Em contrapartida, os maiores valores de CE detectados corresponderam a períodos menos chuvosos, como o anterior à coleta de 11/04/2011, quando precipitou apenas 7,2 mm seis dias antes. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Zillmer *et al* (2007) e Guimarães *et al* (2010).

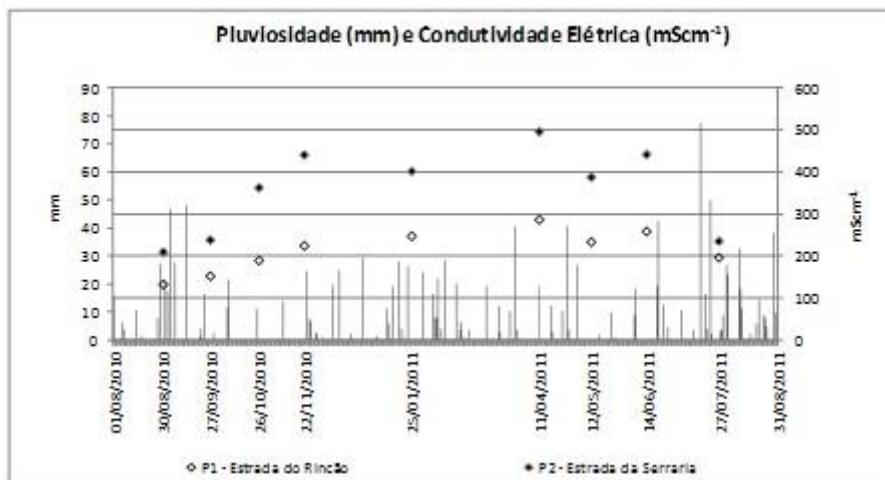


Gráfico 5 – Condutividade elétrica e precipitação no arroio do Salso.

Elaboração: Mariluci Wegner da Silva

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos, tais como algas e bactérias, plâncton em geral, etc. (CETESB, 2009). Ela varia sazonalmente em função da atividade biológica do corpo hídrico e também se vê afetada pela turbulência do fluxo da água. A maioria das amostras revelou que a turbidez foi maior no P2 do que em

P1, indicando mais uma vez a pior qualidade da água em direção à foz. A turbidez média no P1 foi de 21,4 UNT enquanto no P2 foi de 28,7 UNT, porém esses valores alcançaram 46,2 UNT no P2 e 36,9 UNT no P1. O Gráfico 6 mostra que a turbidez atingiu os maiores valores na coleta de julho de 2011: 36,9 UNT no P1 e 46,2 UNT no P2. Nos 12 dias anteriores à coleta, choveu 154,3mm com dois eventos pluviométricos fortes: em 15/07/11 choveu 77,5 mm e em 21/07/11, registraram-se 49,8 mm. Esse período chuvoso acelerou alguns dos processos erosivos que ocorrem na área da bacia, carreando sedimentos em direção ao leito do arroio. Outro fator importante a ser destacado, especialmente para o P2, foram as obras de manutenção (dragagem do leito) realizadas pelo Departamento de Esgotos Pluviais (DÉP) para evitar inundação naquele local. A turbidez aumentou não só pelo incremento e intensidade das precipitações, mas também pelo revolvimento dos sedimentos de fundo em função da dragagem para a retirada de material e entulho de dentro do leito do arroio.

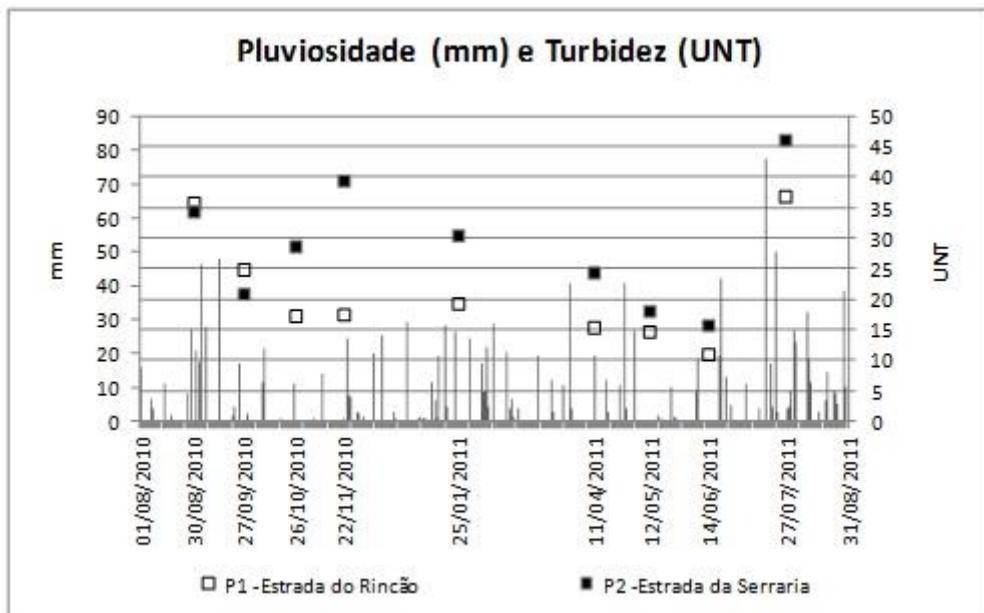


Gráfico 6 – Turbidez e precipitação no arroio do Salso.

Elaboração: Mariluci Wegner da Silva

Os sólidos dissolvidos totais (SDT) correspondem à soma dos teores de todos os constituintes minerais presentes na água. Segundo o padrão de

potabilidade da Organização Mundial da Saúde (OMS), o limite máximo permitido de STD na água é de 1000 mg L^{-1} . Em águas naturais, os sólidos dissolvidos indicam o nível de desgaste das rochas por intemperismo, assim como a característica litológica (rochas) da região, através dos íons presentes na água e, também, relacionam-se com a salinidade do meio (condutividade elétrica, CE). Em 70% das amostras analisadas, as concentrações de SDT foram superiores no P2, mostrando a degradação da qualidade da água no ponto final da bacia. Em três coletas realizadas em pleno inverno (30/06/10, 21/07/10 e 27/07/11), a concentração de SDT nos dois pontos de coleta ficou abaixo de 100 mg L^{-1} . Nessas ocasiões, o total pluviométrico dos 15 dias anteriores às coletas foi de 210,5 mm, 117,2 mm e 154,3 mm, respectivamente. Isso influenciou o aumento da vazão do arroio, que, por sua vez, contribuiu na diluição dos sólidos, fazendo com que os mesmos tivessem as menores concentrações para o período analisado. Pelo contrário, na coleta de 11/04/11 no período de 15 dias anterior à amostragem, choveu apenas 27 mm, elevando a concentração de SDT para 239 mg L^{-1} e 281 mg L^{-1} para o P1 e P2, respectivamente (Gráfico 7).

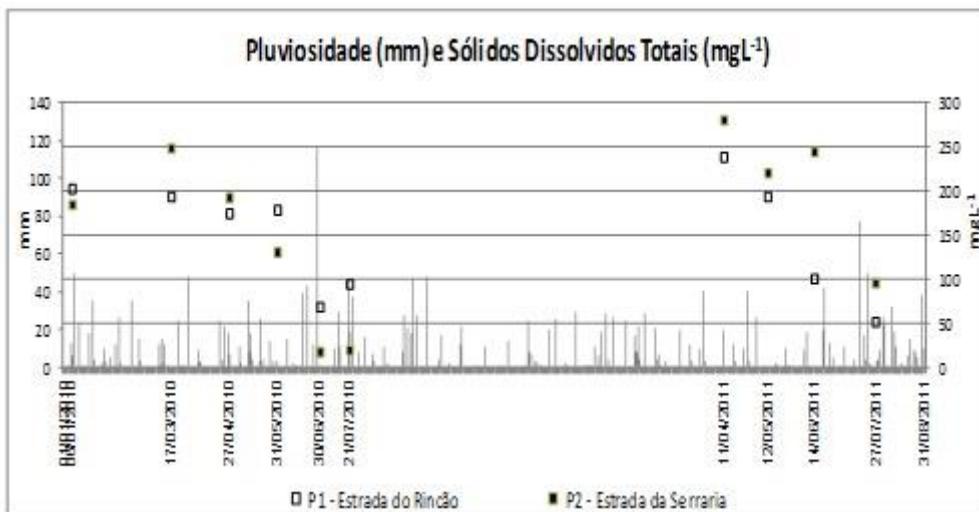


Gráfico 7 – Sólidos Dissolvidos Totais e precipitação no arroio do Salso.

Elaboração: Mariluci Wegner da Silva.

Os sólidos suspensos associam-se aos processos erosivos, ao lançamento de efluentes domésticos e industriais, à disposição de lixo, enfim a uma série de fontes que, geralmente, relaciona-se a intervenções antrópicas. A expansão urbana contribui, assim, para o aumento dos sedimentos fornecidos pela bacia hidrográfica, ocasionando o assoreamento dos cursos fluviais e a deterioração da qualidade da água, provocada pelo transporte de substâncias agregadas às partículas de argila e silte. Concentrações elevadas de SST diminuem a passagem de luz solar, afetando os organismos bentônicos e dessa maneira induzem a um desequilíbrio da cadeia trófica. O Gráfico 8 apresenta a evolução do parâmetro SST ao longo de aproximadamente 19 meses. Nela se observa que a concentração do parâmetro variou de 3 mg L^{-1} a 62 mg L^{-1} no P1, tendo como média o valor de $20,7 \text{ mg L}^{-1}$, enquanto no P2 oscilou de 4 mg L^{-1} a 50 mg L^{-1} e média de $20,4 \text{ mg L}^{-1}$. Ao relacionar as concentrações com os dados pluviométricos, verifica-se a inexistência de uma relação direta entre as variáveis. Em momentos de muita precipitação, como o caso da coleta de 30/06/2010, quando choveu quase 117 mm nas 48 horas anteriores à coleta, não necessariamente houve aumento da concentração de SST, como se poderia esperar, pois em ocasiões de fortes e constantes chuvas, o escoamento superficial é intensificado, carreando sedimentos e outras partículas em direção aos leitos fluviais. Talvez isso se explique pelo fato da bacia hidrográfica do Arroio do Salso ter ainda extensas áreas com cobertura vegetal conservada, as quais evitam o impacto direto das gotas de chuva sobre o solo, e inibem o arraste de material para o arroio.

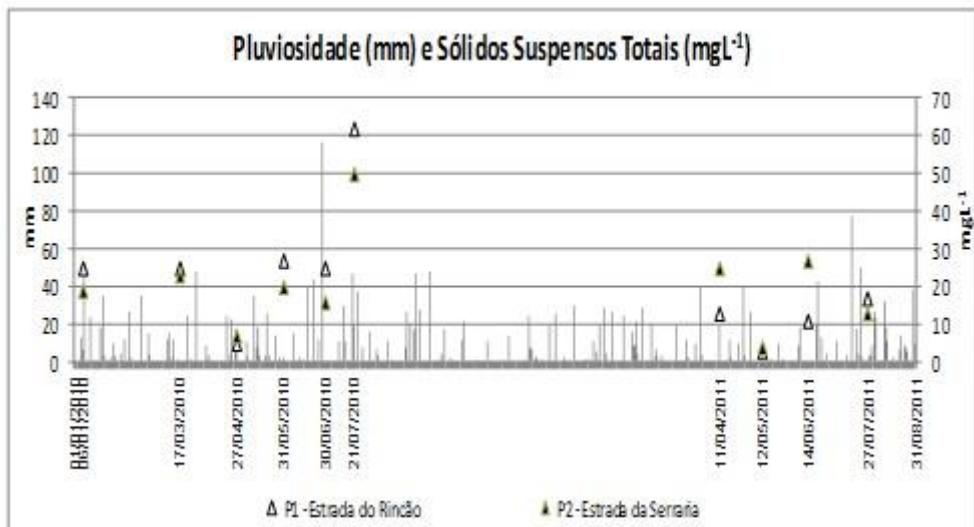


Gráfico 8 – Sólidos suspensos totais e precipitação.

Elaboração: Mariluci Wegner da Silva.

5. CONCLUSÕES

O período analisado (1970-2009) apresentou um padrão de chuvas relativamente bem distribuído, no qual nenhum período de seca é identificado. No entanto, ocorreram períodos com índices pluviométricos mais elevados, destacando-se o intervalo de agosto a novembro.

A análise da precipitação do ano de 1972 revelou que as chuvas se concentraram nos meses de junho a setembro; e em menor escala, de janeiro a março. Os meses que apresentaram as maiores precipitações foram junho, agosto, setembro e janeiro, nos quais ocorreram eventos concentrados e prolongados de chuva, ambos com totais elevados de precipitação. Considerando a estrutura urbana do município de Porto Alegre no ano referido e as reportagens publicadas no jornal Zero Hora, conclui-se que os eventos de inundações registrados ocorreram nos bairros situados próximo ao Guaíba e à planície de inundação do arroio Dilúvio, ou seja, as áreas mais antigas da cidade e, na época, com deficiência na drenagem urbana.

No ano de 1987, os meses que apresentaram maiores concentrações de chuvas foram os meses de agosto, julho, maio, novembro e janeiro,

também com ocorrência de períodos de chuva concentrados e/ou longos períodos de chuva moderados. As áreas atingidas por eventos de inundação e/ou alagamentos são basicamente as mesmas registradas em 1972. Contudo, destaca-se a ocorrência de quatro reportagens sobre eventos de inundação em localidades da zona sul de Porto Alegre. No entanto, esses eventos não ocorreram dentro dos limites da bacia hidrográfica do arroio do Salso, ainda que ela esteja situada na zona sul de Porto Alegre.

O ano de 2002 apresentou concentração de chuvas no período de março a outubro, destacando-se os meses de julho, junho, outubro, setembro, agosto e maio. Nesse ano, as reportagens referentes aos eventos de inundação e/ou alagamento na zona sul de Porto Alegre apresentaram um significativo aumento em relação aos anos analisados anteriormente. Esse incremento do número de reportagens indica que os problemas com os eventos de inundação e/ou alagamentos na zona sul de Porto Alegre passaram a ser mais expressivos nos últimos anos. Provavelmente, isso decorre do recente processo de urbanização que vem ocorrendo na referida região e que, devido às características geomorfológicas, apresentadas no mapa de suscetibilidade, e às formas de apropriação do meio físico, intensificam e agravam alguns dos problemas ambientais que assolam esse setor da cidade de Porto Alegre, como as inundações e os alagamentos.

Em relação à influência da precipitação sobre a qualidade da água do arroio do Salso é importante ressaltar que interfere na concentração dos parâmetros, ora diluindo os poluentes e, assim, melhorando a sua qualidade, ora carreando material que eleva a turbidez da água e contribui à sua degradação.

O comprometimento da qualidade da água ao longo do percurso do arroio em direção à sua foz no lago Guaíba é decorrente, principalmente, do uso e da ocupação da terra.

Quase todos os parâmetros analisados tiveram pior resultado no ponto situado na Estrada da Serraria, distante 1 km da foz. Para melhor análise da relação volume e qualidade, seria imprescindível contar com estação fluviométrica no Arroio do Salso, pois a vazão é variável fundamental em pesquisas sobre qualidade de água.

Até o presente momento, as consequências diretas relacionadas aos eventos de inundação e/ou alagamentos são as perdas dos bens materiais. No entanto, destaca-se também a possibilidade de doenças por veiculação hídrica em decorrência da contaminação das águas pelos dejetos e/ou efluentes domésticos que agravam os problemas para a população atingida

por esses eventos, e reforçam a necessidade de ajustar ações referentes ao planejamento e ordenamento territorial considerando a dinâmica climática, as características geomorfológicas, a própria qualidade da água e a forma de expansão urbana na área da bacia hidrográfica do Arroio do Salso.

Agradecimentos- Ao Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), pelo apoio na concretização deste trabalho. Às alunas Cristiane Anita Couto Camargo e Mariluci Wegner da Silva pelo auxílio na edição final dos mapas, gráficos e figuras. Os autores também agradecem aos moradores dos Bairros Restinga, Serraria e Ponta Grossa pelos valiosos depoimentos.

ÁREAS SUSCETÍVEIS À INUNDAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO DO SALSO, PORTO ALEGRE-RS: CARACTERÍSTICAS DAS CHUVAS E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Resumo: A zona sul do município de Porto Alegre - RS é uma área relativamente recente de expansão urbana. Esse crescimento urbano provoca alterações na dinâmica natural do meio físico, que, ocorrendo de maneira desordenada e não planejada, pode acarretar situações de risco para seus ocupantes. O presente trabalho tem como objetivos principais caracterizar o regime pluviométrico e os eventos de inundação na bacia hidrográfica do Arroio do Salso, localizada na zona sul do município que apresenta extensas áreas planas suscetíveis aos processos de inundação e que corresponde a cerca de 20% da área total de Porto Alegre. Além disso, pretende analisar a influência da precipitação na qualidade das águas superficiais da referida bacia hidrográfica. Para tanto, foram levantados dados bibliográficos, dados pluviométricos anuais, mensais e diários, bem como registros de jornais e depoimentos dos moradores sobre os eventos de inundação na referida bacia hidrográfica. Para a análise da qualidade das águas, foram realizadas coletas amostrais em dois pontos do Arroio do Salso e encaminhadas ao laboratório. A partir da análise realizada, pode-se concluir que são bastante comuns os eventos capazes de gerar inundações e/ou alagamentos em vários pontos do município. Esses eventos podem ocorrer em função de vários dias de chuva com totais pluviométricos regulares e também através de picos de chuvas torrenciais com totais

pluviométricos altos e concentrados, ou ainda, sendo mais grave, devido à conjunção desses dois fatores. Nas últimas décadas, além dos registros de inundação ocorridos na zona norte da cidade começam a se destacar os eventos na zona sul e, em especial, ao longo do Arroio do Salso. É evidente que há comprometimento da qualidade da água ao longo do percurso do arroio em direção a sua foz no lago Guaíba, pois quase todos os parâmetros analisados tiveram pior resultado no ponto situado próximo à foz. Vê-se, dessa forma, a necessidade de ajustar ações referentes ao planejamento territorial, considerando a dinâmica climática, as características geomorfológicas, a própria qualidade da água e a forma de expansão urbana na área da bacia hidrográfica do Arroio do Salso.

Palavras-chave: inundação urbana, qualidade das águas, Arroio do Salso, bacia hidrográfica.

FLOOD SUSCEPTIBILITY AREAS IN ARROIO DO SALSO BASIN, PORTO ALEGRE - RS: RAIN CHARACTERISTICS AND ITS INFLUENCE ON THE SURFACE WATER QUALITY.

Abstract: The south area of Porto Alegre municipality - RS is relatively recent in terms of urban growth. This urban expansion causes changes in the natural dynamics of the physical medium, which occurring disorderly and unplanned, can lead to risk situations to its occupants. This study aims to characterize the rainfall and flood events in the Arroio do Salso basin, located in the southern zone of the city that has a large plain areas susceptible to flooding processes and corresponds to about 20% of the total area of Porto Alegre. It also aims to analyze the precipitation influence on the quality of this basin's superficial water. For this purpose, bibliographical data were collected, as well as annual, monthly and daily rainfall data and newspapers records and residents testimonies about the flood events in the basin. To analyze the water quality, samples were collected at two points in Arroio do Salso and forwarded to the laboratory. From the analysis, one can conclude that flood related events are quite common in various locations of the municipality. These events can occur due to several days of rain with regular rainfall totals and also through peaks of torrential rains with high and concentrated rainfall totals, or even more serious, due to the combination of these two factors. In the last decades, beyond the north county's records of flooding, events in the southern part began to stand out, especially along the Arroio do Salso. It is evident that the water quality is affected along the course of the stream toward its outfall at Lake Guaíba, as almost all the analyzed parameters had a worse outcome in places near the outfall. It is observed that is

necessary to adjust actions related to territorial planning considering the climate dynamics, geomorphological characteristics, the water quality and the urban expansion form in the area of the basin of the Arroio do Salso.

Key-words: urban flooding, water quality, Arroio do Salso, river basin.

BIBLIOGRAFIA

American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) & Water Environment Federation (WEF). (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition.

BASSO, L. A. & MOREIRA, L. G. R. (2010). Avaliação da concentração e carga de sólidos exportada pelo arroio do Salso, Porto Alegre - RS. In: Anais XVI Encontro Nacional de Geógrafos, Porto Alegre, RS. Disponível em: <www.agb.org.br/evento/download.php?idTrabalho=1642> Acesso em: 21 set. 2011.

BASSO, L. A. & PIZZATO, F. (2011). A qualidade da água da bacia hidrográfica do arroio do Salso, Porto Alegre - RS In: XIV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Dourados - MS. Universidade Federal Grande Dourados, 2011. v.1. 12 p.

BURKT, L. G.; FUJIMOTO, N. S. V. M. A Cidade real supera a cidade legal? Um estudo sobre a bacia hidrográfica do Arroio do Salso, Porto Alegre/RS. In: 12º Encontro de Geógrafos da América Latina, 2009, Montevideú. 12º Encontro de Geógrafos da América Latina. Montevideú, 2009.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. (2009). Variáveis de qualidade de água. São Paulo. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/125-variaveis-de-qualidade-das-aguas-e-dos-sedimentos>>. Acesso em: 05 set. 2011.

FUJIMOTO, N. S. V. M. (2001). Análise ambiental urbana na área metropolitana de Porto Alegre - RS: sub-bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio. Tese de doutorado. São Paulo, SP, 235p.

FUJIMOTO, N.S.V.M. & DIAS, T. S.(2009). Compartimentos de Relevo do Município de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul -

Brasil. Anais do 12º Encontro de Geógrafos de América Latina, Montevideo, Uruguay, 15p.

FUJIMOTO, N. S. V. M. & DIAS, T. S. (2010). Estudo sobre a suscetibilidade à inundação do Setor Sul do município de Porto Alegre-RS: bacia hidrográfica do Arroio do Salso. Anais do VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, Recife - PE. VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2010, 15p.

GUIMARÃES, R.Z.; OLIVEIRA, F.A.; GONÇALVES, M.L. (2010). Avaliação dos impactos da atividade de silvicultura sobre a qualidade dos recursos hídricos superficiais. *Scientia Forestalis*. Piracicaba, 38 (87), p. 377-390.

HASENACK, H. (2008). Diagnóstico ambiental de Porto Alegre. 1. Edição, Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Porto Alegre, 2008, 87p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Disponível em <www.ibge.gov.br> Acessado em: 12 jan. 2011.

LIVI, F. P. (1998). Elementos do Clima: o Contraste de Tempos Frios e Quentes. In: MENEGAT, R., FERNANDES, L. A. & CARRARO. Atlas ambiental de Porto Alegre. Editora da Universidade, Porto Alegre, RS, p.73-78.

MAIER, M.H. (1987). Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira: qualidade da água do rio principal. *Ciência e Cultura*, 39 (2), p. 164 -185.

MENEGAT, R.; FERNANDES, L.A. D; KOESTER, E & SCHERER, C.M.S. (1998). Porto Alegre antes do homem: evolução geológica. In: MENEGAT, R., FERNANDES, L. A. & CARRARO. Atlas ambiental de Porto Alegre. Editora da Universidade, Porto Alegre, RS, p. 11-14.

MONTEIRO, A. A. F. (1968). Clima. In: Grande Região Sul: FIBGE, Rio de Janeiro (vol.4) Tomo 1, p. 114-166.

NETO, M.S.S.; ALVES, R.; FIGUEIREDO, A.C.; HINO, K. (1993). Caracterização hidrogeoquímica da bacia do Rio Manso, Cuiabá - MT. *Acta Limnologica Brasiliensis*, Botucatu, v.6, p.230-44.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. Lei nº 434/99. Lei do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. Bairros Oficiais.

Disponível em:

<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/portal_pmpa_cidade/?p_secao=8>.
Acesso em 12 jan. 2011.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.;

WAICHAMAN, A. V. (2008). Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. *Acta Amazonica*, 38 (4), p. 733-742.

SOARES, M. C. C. (2002). Avaliação geoambiental da bacia hidrográfica do arroio do Salso – Porto Alegre, RS. 100f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

ZILLMER, T.A.; VARELLA, R.F.; ROSSETE, A.N. (2007). Avaliação de algumas características físico-químicas da água do Ribeirão Salgadinho, Nova Xavantina, MT. *Holos Environment*, 7 (2), p. 123-138.

Data de submissão: 03/11/2011

Data de aprovação: 19/02/2013