

## Poluição difusa urbana decorrente do desgaste dos freios automotivos: estudo de caso na Sub-Bacia 1 do rio Belém em Curitiba – PR

*Carlos Mello Garcias<sup>1</sup>*

*Ellen Mayara Sottoriva<sup>2</sup>*

---

### RESUMO

A poluição difusa é a menos conhecida dentre todos os tipos de poluição, sua origem podendo ser natural ou antrópica. Por se tratar de impurezas, possuem uma dispersão maior no corpo hídrico, dificultando a quantificação e a caracterização da fonte poluidora. Através do escoamento superficial, pela precipitação da chuva, esse resíduo chega aos rios causando impactos significativos na qualidade das águas. O rio Belém atravessa pontos importantes como parques e áreas densamente povoadas. O trânsito de veículos nos ambientes urbanos é muito intenso ocasionando elevado desgaste dos freios. O objetivo foi avaliar o efeito poluidor do desgaste dos freios de veículos na Sub-Bacia 1 do rio Belém decorrente do carreamento de partículas ocasionado pela chuva. Realizou-se levantamentos bibliográficos, visitas em oficinas, consulta ao banco de dados da Urbanização de Curitiba, identificação de 8 pontos amostrais, sendo 4 nas águas da bacia e 4 nas ruas, analisando o fluxo de veículos. Analisou-se o desgaste de duas pastilhas de uma roda em um veículo por 60 dias, estimando o possível desgaste de acordo com o fluxo de veículo. O fluxo de veículos por hora nos 4 pontos analisados foram: Ponto 1: 1290; Ponto 2: 565; Ponto 3: 144; e ponto 4: 745. O desgaste das duas pastilhas analisadas em um dia foi aproximadamente 0,0035g; portanto, em um ano seria 1,269g. Comparado o desgaste dos freios com o fluxo de veículos nos pontos 1, 2, 3 e 4, a área que apresenta maior potencial poluidor, devido ao maior fluxo de veículos, é Ponto 1: em 1 hora o desgaste do fluxo de veículos foi 0,140g. É inevitável que ocorra o desgaste dos freios de veículos, a manutenção e a troca dos mesmos. Nas análises nos pontos amostrais não foi possível identificar a concentração das partículas. Sugere-se que, devido a esses materiais serem insolúveis em água, com o carreamento constante, as partículas tendem a sedimentar no fundo dos rios. Portanto, as metodologias de quantificação em água não devem ser as únicas utilizadas para avaliar o potencial poluidor, tornando-se necessária a continuidade de estudos com análises mais específicas para materiais sedimentáveis.

**Palavras-chave:** Poluição Difusa, Freios automotivos, rio Belém.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Civil UFPR 1975. Doutor em Engenharia Civil USP 1992. Professor Titular do Curso de Engenharia Ambiental e do Programa de Pós-graduação, Doutorado e Mestrado em Gestão Urbana da Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR. (carlos.garcias@pucpr.br)

<sup>2</sup> Graduanda em Engenharia Ambiental PUCPR. Bolsista financiada pela PUCPR. (mayarasottoriva@hotmail.com)

## INTRODUÇÃO

Poluição é uma mudança indesejável no ambiente, geralmente com introdução de concentrações de substâncias prejudiciais ou perigosas, calor ou ruído. Essa alteração da composição e das propriedades, tanto na atmosfera como na litosfera e nos corpos hídricos, se dá em consequência do lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos.

As fontes de poluição podem ser introduzidas nos corpos hídricos de duas formas: pontuais ou difusas.

As fontes da poluição pontual são consideradas localizadas, e geralmente ocorrem em locais onde as contaminações atingem o meio aquático de forma concentrada, através de lançamento ou despejo de resíduos líquidos ou sólidos. São de fácil visualização devido ao fato de existirem tubulações ou um significativo acúmulo de resíduos em uma pequena área, enquanto as fontes difusas de poluição, por se tratarem de impurezas, possuem uma dispersão maior no corpo hídrico, dificultando a quantificação e a caracterização da fonte poluidora. As áreas com mais frequência desse tipo de poluição são caracterizadas por atividades em torno do rio (BILBAO, 2007, p. 15; ANDREOLI, 2003, p. 54; TOMAZ, 2006, p 2-3).

Nas cidades, observa-se que a poluição difusa está tão ou mais presente que a poluição pontual, porém sua identificação e percepção são demasiadamente menores, por ser distribuída em todo o contexto urbano. As dispersões desses resíduos causam a falsa impressão de que o evento e os problemas advindos dela estão minimizados. Contudo, é inegável que os efeitos danosos tornam-se cada vez mais frequentes e são intensificados de maneira progressiva.

Os freios dos veículos, objeto de estudo desta pesquisa, são fontes diretas da inserção de micropoluentes, causando a contaminação do meio devido à circulação de veículos nos ambientes urbanos. Como se sabe, o trânsito de veículos nos ambientes urbanos é muito intenso e o desgaste do material dos freios é elevado. As alterações ambientais ocasionadas por essas fontes são causadas por materiais componentes dos freios altamente tóxicos e que prejudicam a qualidade das águas nos ambientes urbanos.

Devido ao fato de a origem da poluição difusa ser bastante diversificada, os eventos que mais contribuem para essa poluição são: resíduos acumulados em ruas; desgaste das ruas pelos veículos; resíduos de animais domésticos e pássaros; resíduos de combustíveis, óleo e graxas de veículos; atividades de construção; poluentes do ar, entre outros. Quando se fala em água como veículo para o escoamento, a precipitação hídrica é o evento mais comum, pois, com a erosão das gotas, acontece a desagregação dos sedimentos do solo e, junto com lixos suspensos, o escoamento envolve as partículas por meios de arraste, suspensão e diluição. As partículas grossas, devido ao seu tamanho são empurradas ou arrastadas. Um exemplo disso são as pedras e os galhos. Enquanto as partículas em suspensão são de tamanho médio e não se dissolvem na água, as partículas de

tamanho menor são diluídas na água, onde não podem ser vistas sem a ajuda de um microscópio (FENDRICH *et al*, 1988, p.23, 26 e 27).

Segundo Gay Neto (2004) e informações nas embalagens de pastilhas da COBREQ, os freios são compostos de fibras orgânicas, resinas sintéticas, óxidos metálicos (Cr, Mo, Ni, Cu, Al, Fé e Mg) e de cargas minerais, podendo alguns dos freios mais antigos amianto em sua composição, cuja fórmula química é  $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . O amianto ou asbesto como é conhecido, em qualquer forma, é considerado cancerígeno; daí alguns países virem buscando sua proibição.

Os sedimentos, ao serem levados pelo escoamento superficial e ao atingirem o rio, podem trazer ao meio ambiente danos como o assoreamento dos cursos d'água, a salinidade e a toxidade e, ao homem, o dano de diminuição de água potável para consumo, a salinidade, a redução de reservatórios e a permeabilidade do solo (ANDREOLLI, 2003, pg. 55). Isso causa não apenas prejuízo à qualidade das águas, mas também prejuízos sociais, econômicos e à saúde pública.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A história que se tem do automóvel teve início em 1700, quando o Rei da França financiou o projeto de um veículo criado por Nicholas Cugnot, movido por uma caldeira a vapor, que pesava aproximadamente 10 toneladas e oferecia uma velocidade de 10km/h. Porém, em sua viagem inaugural, Cugnot descobriu que não havia pensado em como pararia o veículo. Após bater e derrubar um muro, foi decretado o seu afastamento da corte, surgindo, assim, o primeiro acidente veicular da história. (MALUF, 2007).

Os primeiros materiais de atrito usados nos freios eram constituídos de pedaços de madeira ou couro, criando um mecanismo que, através do atrito, desacelerasse o veículo, transformando energia cinética em energia térmica, para que perdesse calor para o ambiente. Com a chegada da estrada de ferro, no final do século XIX, foi preciso melhorar a qualidade dos materiais de atrito para agir em veículos com alta velocidade e grandes cargas. As primeiras experiências começaram em 1870, utilizando sapatas de freios, podendo essa evolução ser observada na Fig. 1 (MENETRIER, 2006).

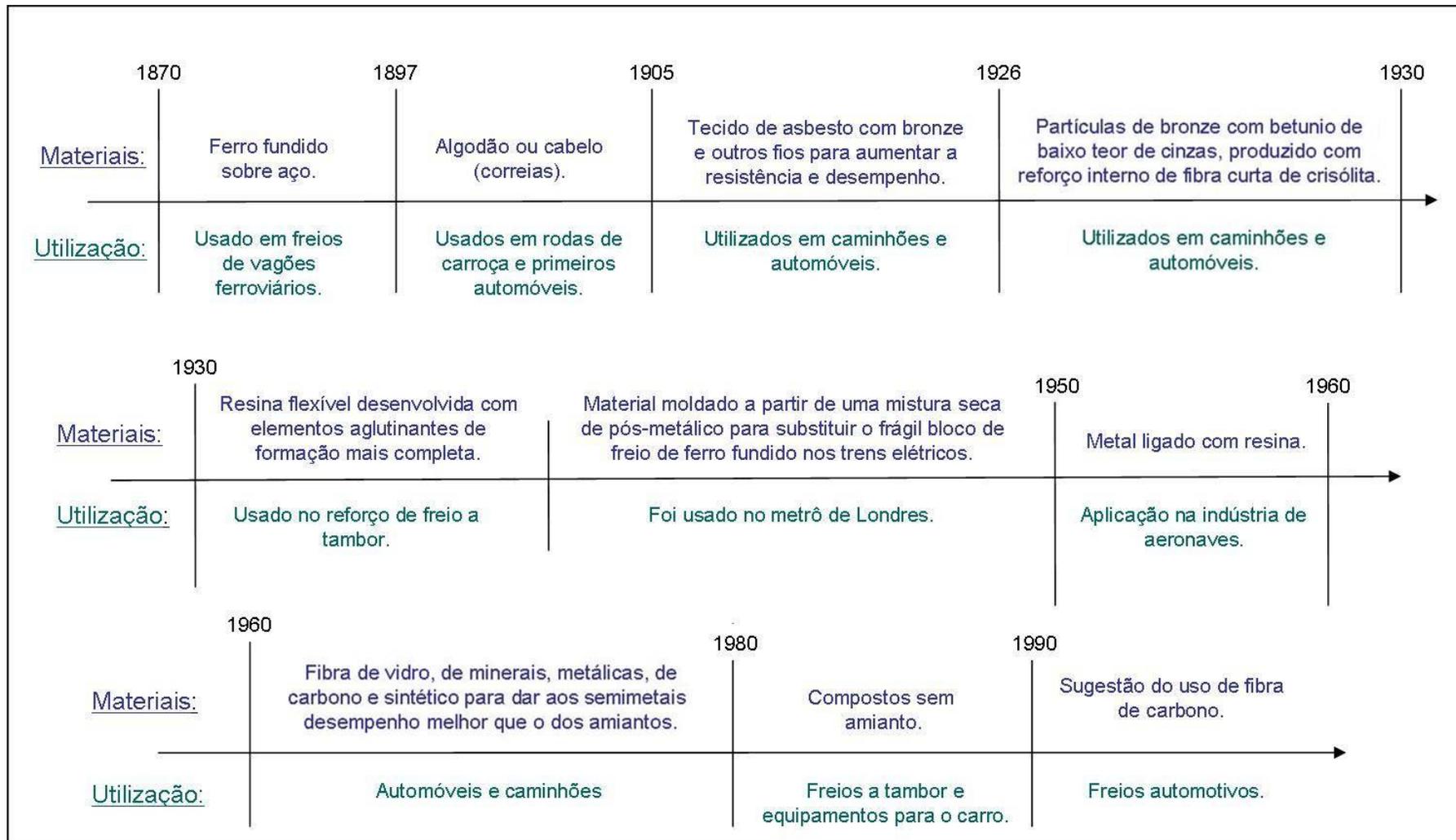


Figura 1. Evolução no tempo dos materiais dos freios de veículos.

Fonte: Adaptado de MALUF et al, 2007.

Os sistemas de freios começaram a ser fabricados de ferro fundido, e hoje existem muitas outras matérias de que os freios podem ser feitos. Porém, o mais utilizado ainda é o ferro fundido cinzento por ser mais barato e fácil de confeccionar. Os dois modelos que o constituem são: freio a disco (pastilha e disco) e o freio a tambor (lona e tambor). Atualmente o freio a disco é o que possui melhor precisão na frenagem, vida útil mais longa, sendo um material autoajustável, leve e pouco afetado pela água. Como mostra a Fig. 2, os principais componentes hidráulicos são: o reservatório, que armazena o fluido de freio; o cilindro-mestre, que tem a função de gerar a pressão hidráulica para todo o sistema de freio; o fluido de freio, que é um óleo com propriedades especiais para manter as temperaturas normalizadas; a tubulação, que é responsável pelo escoamento do fluido de freio a partir do cilindro-mestre, através de tubos de aço e de mangueiras de borracha reforçadas até próximo a região das rodas; a válvula reguladora de pressão, que tem função de ajustar a pressão entre os freios dianteiro e traseiro que, de acordo com o motorista, aciona o pedal; as pastilhas, que é o que transmite a força do sistema hidráulico para o disco e das quais, através do atrito, resulta a parada da roda; o disco, que realiza a parada da roda através do atrito resultante do contato com as pastilhas; e a pinça, que é a peça responsável pela transmissão de força às pastilhas (BOSCH [-]; THE FAMILY CAR [-], apud GAY NETO *et al*, 2004).

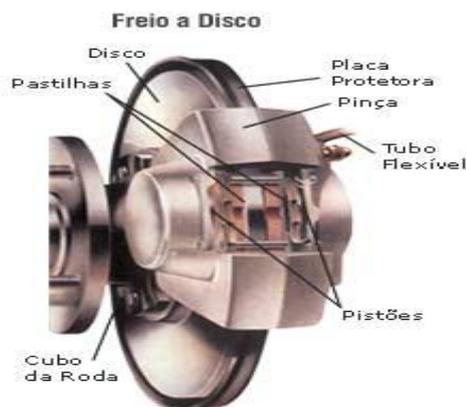


Figura 2. Alguns dos itens do freio a disco.

Fonte: <<http://www.vtn.com.br/consertos-de-carro/freios/>>

Por possuir um custo de fabricação considerável, o freio a disco está presente na maioria dos veículos de pequeno e médio porte nas rodas dianteiras e o freio a tambor nas rodas traseiras.

O freio a tambor, como dito anteriormente, é principalmente utilizado nas rodas traseiras dos veículos leves, sendo, em veículos mais pesados e antigos, usados também nas rodas dianteiras. Os principais materiais que compõem esse sistema são: o tambor, que é o que promove o atrito com a lona no momento da frenagem; a sapata e a lona, que é o que transmite a força do sistema hidráulico ou do sistema mecânico a cabo para o tambor; o cilindro de roda, que transforma a pressão hidráulica em força mecânica transmitida para as sapatas e para as lonas; as molas de retorno, que têm a função característica de puxar o conjunto lona-sapata de volta para sua posição inicial após a pressão do cilindro de roda; e o sistema de ajuste automático, que possui a função de manter o conjunto lona-sapata junto ao tambor durante a frenagem, podendo ser visualizados na Figura 03 (BOSCH; CARRO E CIA; THE FAMILY CAR, apud GAY NETO *et al*/2004).

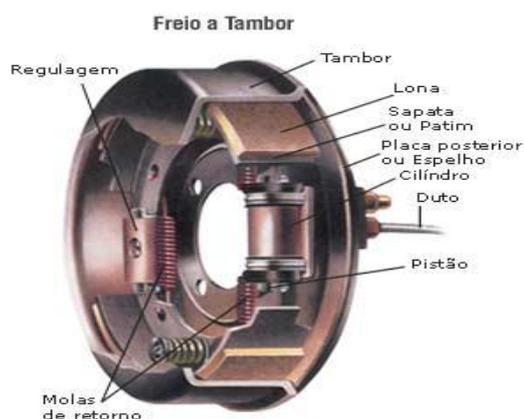


Figura 3. Alguns dos itens do freio a tambor.

Fonte: <<http://www.envenenado.com.br/manutencao/freios/tambor.html>>

O funcionamento de um sistema de freios ocorre através de mangueiras flexíveis e pequenos tubos de metal que são utilizados para circulação do fluido. Esse fluido com alta resistência ao calor (ponto de ebulição próximo dos 260 graus centígrados) transmite a pressão do pedal até a roda, gerando atrito para fazer o carro parar. O peso do carro é encontrado na parte traseira, por isso as rodas dianteiras exigem uma pressão maior para serem imobilizadas. O atrito (fricção) ocorre entre as pastilhas e os discos, e entre as lonas e os tambores, que acompanham as rodas na movimentação. Os veículos atualmente utilizam freios hidráulicos, fazendo com que a pressão se espalhe por todo o veículo, pois quando se comprime o fluido é usado óleo na maioria das vezes (OLIVEIRA. 2008 USJT).

Os veículos mais modernos utilizam freios com ABS (Antiblock Braking Systems), que é um sistema de antibloqueio que atua junto com o freio convencional, sendo composto basicamente por uma unidade hidráulica e sensores que fazem o monitoramento das rodas, que evita o travamento das rodas e a derrapagem nas ruas (BOSCH, 2008).

A finalidade de um sistema de freios é de controlar a velocidade, a parada e a imobilização do veículo. Sendo assim, é uma das partes mais importantes dos veículos, precisando de cuidado e manutenções frequentes.

Os materiais de atrito foram desenvolvidos para suportar altas demandas tanto mecânicas como tribológicas. As propriedades mecânicas influenciam as matérias de atrito no conforto e no desempenho do sistema de freio. Em uma das poucas aplicações nos freios, o contato tribológico ocorre entre o deslize de um material contra o outro, com um alto coeficiente de atrito exigindo uma demanda extrema do material de atrito que precisa estar estável em diferentes condições de temperatura, de carga e de um ambiente com diferentes níveis de desgaste (MENETRIER, 2006, p. 8 e 13).

As matérias de atrito mais comuns são basicamente constituídas de composto cuja base é de polímeros. Quando as aplicações implicam demandas térmicas muito altas, costuma-se utilizar compósitos cerâmicos ou carbono. Na indústria automobilística mundial é empregado compósito do tipo PMC (Polymer Matrix Composites) na maioria dos materiais de atrito que não possuem amianto, devido a seu baixo custo, usando em sua matriz resinas fenólicas ou borracha, fibras de reforço e materiais particulados para regular o nível de atrito e a taxa de desgaste. (MENETRIER, 2006)

O maior desgaste ocorre nos discos, nas pastilhas e nas lonas. A composição química dos materiais utilizados nos discos, nas pastilhas e nas lonas varia de acordo com o ano, o modelo e a marca do automóvel. Porém, segundo testes feitos na Indústria de Fundação Tupy – UDESC, realizados por Cueva et al. ([-]), estudou-se a resistência do desgaste de ferros fundidos utilizados em discos de freios, sendo realizados vários ensaios em uma máquina de ensaio tipo pino no disco. A fabricação do pino foi feita a partir de pastilhas de freios comuns, segundo a informação presente em embalagens da COBREQ, empresa que fabrica pastilhas entre outras peças para veículos. O princípio de todos os materiais presentes nas pastilhas é fibras orgânicas, resinas sintéticas, óxidos metálicos e cargas minerais. Os discos utilizados foram ferro fundido cinzento com titânio (Fe-Ti), ferro fundido cinzento conhecido como Fe250, ferro fundido vermicular (Vermic) e ferro fundido cinzento com alto carbono (Fe-AC).

O ferro fundido vermicular é também conhecido como CGI (Compacted Graphite Iron ou Ferro Fundido de Grafite Compactado). Durante sete a oito anos somente utilizou-se em carros de corrida e protótipos. Hoje, o CGI é predominantemente utilizado em motores a diesel (USINAGEM BRASIL, 2005). Os

outros três tipos de ferro fundido cinzento são usados frequentemente em discos de freios.

Em geral os freios são constituídos basicamente de ferro fundido. A minoria dos veículos ainda contém amianto em sua composição, por ter um baixo desgaste e resistir a altas temperaturas. Hoje há uma proibição quanto ao uso do amianto por ser altamente cancerígeno. Assim, os carros mais novos não o utilizam na fabricação de suas peças, sendo substituído por outras fibras minerais.

Ao frear o automóvel, ocorre um pequeno desgaste devido ao atrito entre discos e pastilhas e entre tambores e lonas, As partículas, decorrentes desse atrito, por serem tão finas, ficam no asfalto ou são levadas pelo ar para a atmosfera. Com a precipitação da chuva essas partículas presentes no solo acabam sendo carreadas para as bacias hídricas.

O amianto já foi banido em 48 países, sendo o Brasil o quinto maior produtor desse mineral. Mais de 3.000 produtos contem amianto, estando sua jazida localizada na cidade de Minaçu em Goiás. Alguns estados brasileiros estão pleiteando a sua proibição. No Brasil ainda são raros os casos de amianto, pois a doença causada por esse mineral necessita de 35 a 40 anos para chegar em estágio crítico. No Brasil esse mineral começou a ser fortemente usado na década de 70 (GIANNASI, 2006).

O asbesto é um mineral muito resistente e com o desgaste libera umas fibras que podem ser levadas pelo ar e que quando inaladas, dependendo da quantidade, podem desenvolver graves doenças pulmonares (PRODANOFF, 2005, p. 6).

## **METODOLOGIA**

A Bacia Hidrográfica analisada foi a do rio Belém, localizada na Cidade de Curitiba, no estado do Paraná. De acordo com os dados do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC) a área da bacia hidrográfica do rio Belém possui uma área de aproximadamente 87,85 km<sup>2</sup>, representando, assim, 20% da área do município. A extensão da bacia é de 21 km que vai do Parque da Nascente, ao lado do Cemitério Jardim da Paz, no Bairro Cachoeira, até a sua foz no rio Iguaçu, localizada no Bairro Boqueirão, tributário da margem direita do rio Iguaçu. Atravessa pontos importantes como parques e áreas densamente povoadas. Na Fig. 4, pode-se observar a Macrolocalização da bacia hidrográfica do rio Belém e na Fig. 5 o mapa da Microlocalização, com as quatro subdivisões feitas para facilitar o estudo na bacia do rio Belém.

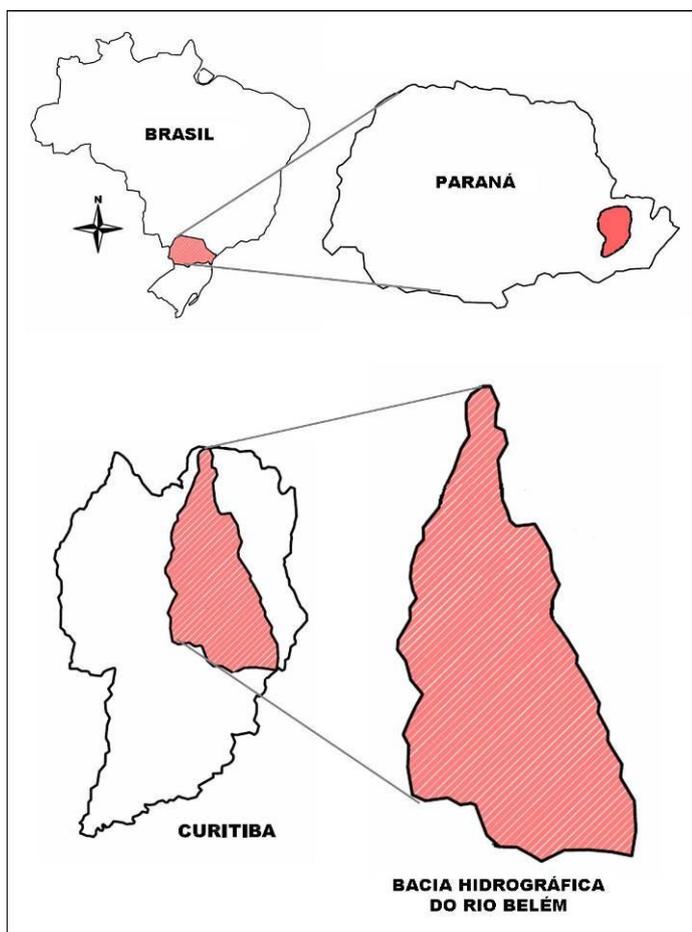


Figura 4. Macrolocalização da bacia do rio Belém.

A Sub-Bacia 1, área de estudo do projeto, vai do Parque das Nascentes até o Parque São Lourenço, abrangendo os bairros Abranches, Barreirinha, Cachoeira, Pilarzinho e São Lourenço. Com o auxílio do programa AUTOCAD pode-se calcular a área de aproximadamente 5,1 Km<sup>2</sup> (Fig. 5).

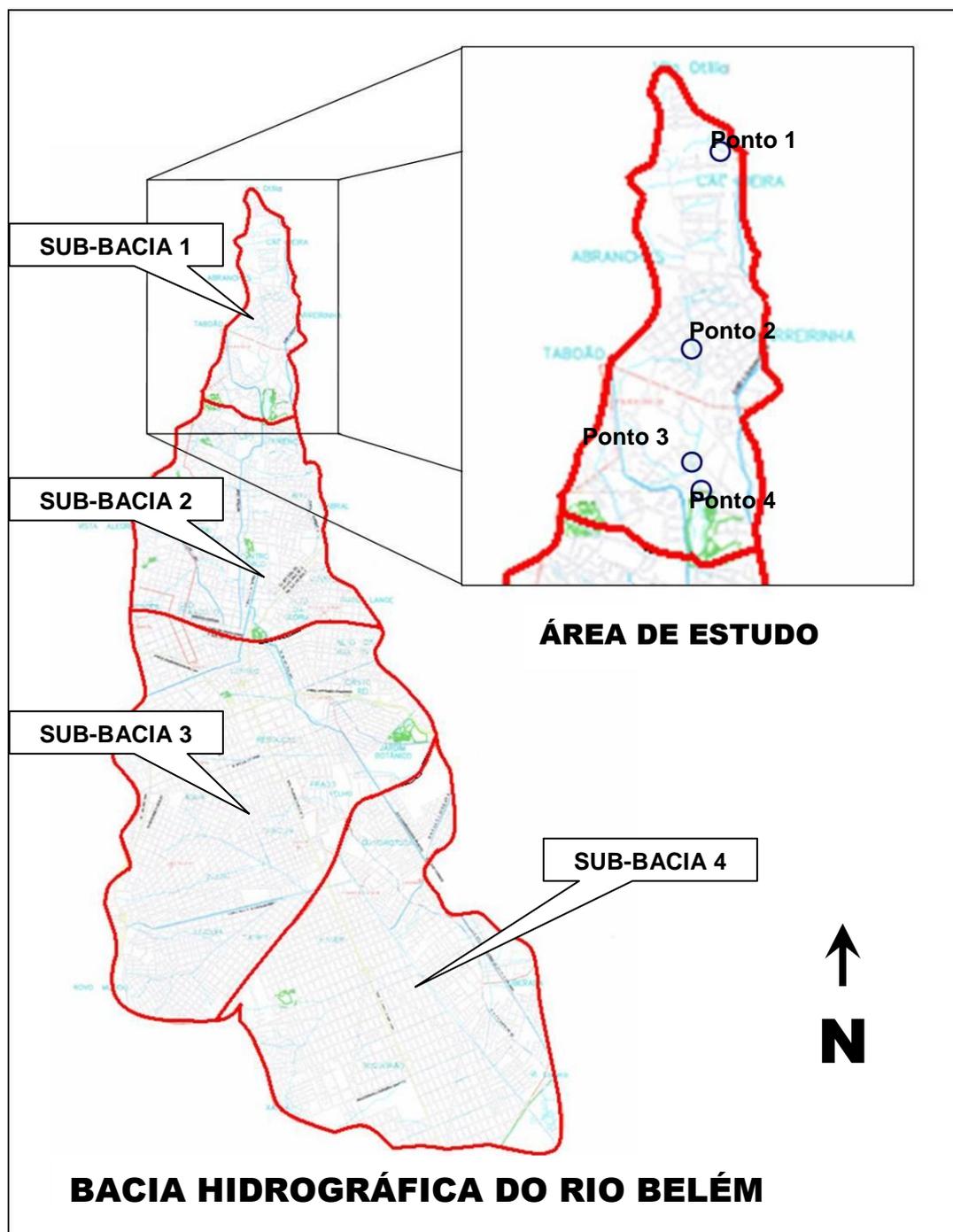


Figura 5. Microlocalização da bacia do rio Belém com suas sub-bacias e a área de estudo.

Segundo Martinhago (2005, pg. 07), *apud* VON SPERLING (1996) e Braga (2002), para o Engenheiro Ambiental, a água com suas propriedades de solvente universal, ampla capacidade de transportar partículas e incorporar diversas impurezas, fazem com que o conceito de qualidade da água seja mais complexo e amplo. A abstração do fato de que a qualidade da água está ligada ao uso e

ocupação do solo resulta em fenômenos naturais e antrópicos, isso devido às precipitações hídricas que entram em contato com as partículas presentes no solo e afetam as condições naturais das águas subterrâneas, através do escoamento superficial e da infiltração no solo. Logo, a interferência do homem, seja ela na forma concentrada ou dispersa, contribui na qualidade da água com introdução de compostos.

- **Parte Bibliográfica e Explorativa:** A busca foi realizada através de informações em livros, *sites* interativos e mapas com o foco de conhecer e estabelecer conceitos do tema e da área de estudo e visitas em oficinas, juntamente com dados da URBS, a fim de analisar o procedimento de desgaste do freio.

- **Coleta de Amostras de Análise:** Realizou-se coleta de água para análises laboratoriais dos quatro pontos, tendo que os materiais utilizados (equipamentos, frascos e garrafas coletoras), os procedimentos de coleta, a preservação da amostra e do transporte seguido as determinações de acordo com a NBR 9898, juntamente com o Laboratório de Análises Ambientais da PUCPR.

- **Análise do Fluxo de Veículos:** Próximo de cada ponto de análise, realizou-se a contagem do número de veículos por hora, analisados dentro do período das 13h30 às 17h30 horas de segunda a sexta-feira.

- **Pontos de Análises:** Através de mapas hidrológicos foi feito o levantamento dos locais onde o rio aflorava. Com visitas feitas em campo analisou-se onde havia mais pontos de ônibus, lombadas e redutores de velocidade, sendo com isso foi determinados 4 pontos de análises.

A localização dos pontos distribuídos na sub-bacia 1 do rio Belém pode ser constatada na Fig. 6, em que os vermelhos são os pontos de contagem de veículos.

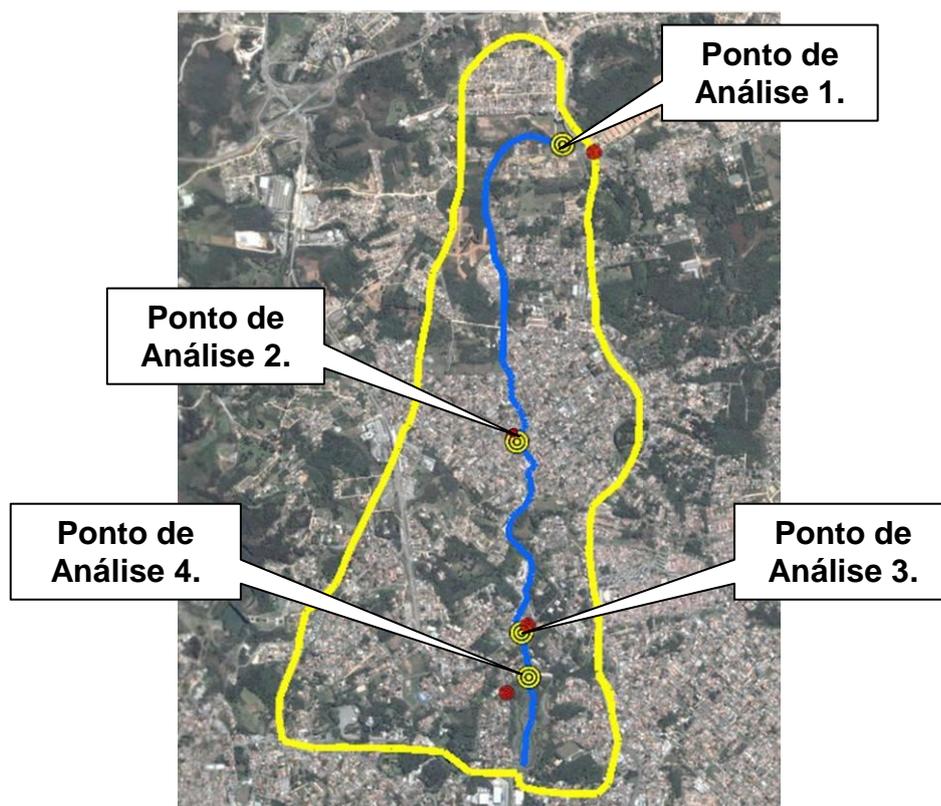


Figura 6. Sub-bacia 1 do rio Belém e os pontos de análises.

Ponto de Análise 1: Ponto escolhido por estar na nascente e a montante dos demais pontos. Está localizado na Nascente do rio Belém, dentro do parque das Nascentes, possuindo a coordenada Latitude:  $25^{\circ}21'10,25''S$  e Longitude:  $49^{\circ}15'54,73''O$ . Como se pode observar na Fig. 7, a nascente se encontra seca, devido à baixa precipitação hídrica da região e à falta de matas ciliares. Foi detectada também a existência de um cemitério a montante da nascente do Rio.

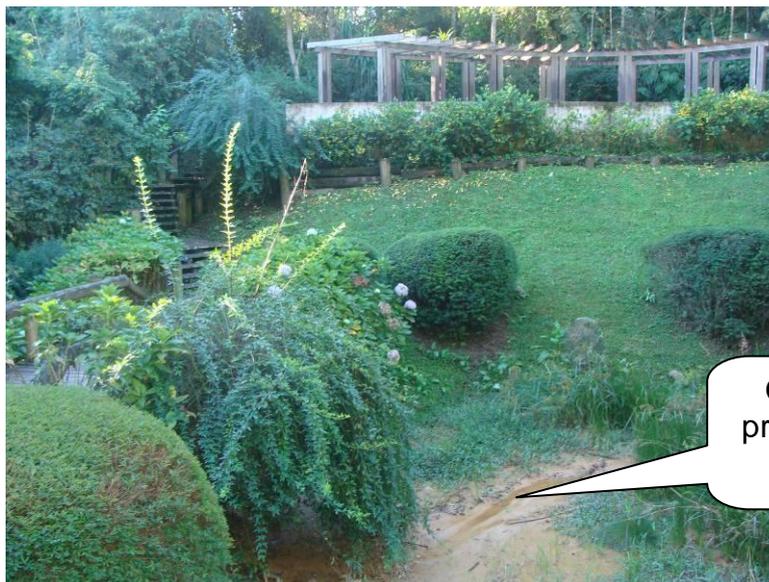


Figura 7. Ponto de análise 1. Parque das Nascentes.

Ponto de Análise 2: Ponto escolhido por ser uma área de afloramento no meio da urbanização. Localizado na Vila Diana, com as coordenadas Latitude: 25°22'8,96"S e Longitude: 49°16'3,02"O, é uma região de ocupação irregular. Na Fig. 8, observa-se que o rio foi canalizado e de um lado está cercado de residências e do outro está a Rua René Descartes. A falta de proteção das margens causa a entrada de sedimentos; e o aumento dos resíduos sólidos lançados e gerados pela população e o lançamento de esgoto, vindo das casas às margens do rio, fazem com que, diminua o volume e sua vazão.



Figura 8. Ponto de análise 2. Vila Diana.

Ponto de Análise 3 : Escolhido por estar localizado próximo de uma empresa de Serviços Automotivos, e uma fábrica de cimento. Localizado na Rua Reinaldo Hecke, próximo ao Parque São Lourenço, possui as coordenadas de Latitude: 25°22'46,44"S e Longitude: 49°16'1,61"O. O rio está canalizado, foi coberto com madeira e cimento, deixando somente alguns espaços em aberto (Fig. 9).



Figura 9. Ponto de análise 3. Rua Reinaldo Hecke.

Ponto de Análise 4: Este ponto foi escolhido por ser um local de preservação. Localizado no Parque São Lourenço, com as coordenadas Latitude: 25°22'55,22"S e Longitude: 49°15'59,88"O. Foi caracterizado na entrada do parque e a deposição de esgoto doméstico e o acúmulo de sedimentos são carregados desde a nascente. Possivelmente são depositados no fundo pela diminuição da vazão (Fig. 10).



Figura 10. Ponto de análise 4. Área de entrada do Parque São Lourenço.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A contagem dos veículos em alguns pontos não pode ser no mesmo local do ponto de coleta para análise devido à falta de ruas próximas; porém, as ruas utilizadas na contagem estavam todas a montante de seus pontos. A quantificação de veículos realizada na área de estudo está apresentada na Tab. 5.1.

Tabela 5.1. Quantidade de veículos que circulam em cada ponto da sub-bacia 1.

Plano de Circulação de Veículos						
Pontos de contagem de veículos.	Localização	Média do número de veículos que circula na Sub-Bacia 1 do rio Belém por hora.				
		Carro	Moto	Camionete/ caminhão	Ônibus	Total
1	Rua Anita Garibaldi	960	181	102	47	1290
2	Rua Carmelina Cavassin	438	72	46	09	565
3	Rua Reinaldo Hecke	113	18	13	-	144
4	Rua Matheus Leme	506	114	70	55	745
Total	-	2017	385	231	111	2744

O ponto 3 apresentou um menor fluxo de veículos por hora por ter extensão menor e possuir poucas residências. O ponto 1 apresentou maior número de veículos por ser uma rua movimentada e de acesso rápido. Já o ponto 4, localizado na Rua Matheus Leme, foi onde ocorreu o segundo maior número de veículos por hora por ser uma via de acesso rápido e próxima a uma lombada eletrônica em que o número de veículos registrado no período entre as 13h e as 17h, segundo dados da URBS, foi 749. A observação demonstrou que os veículos que mais contribuem para a contaminação do meio são os carros, que, em todos os pontos, possuem a frota elevada. A Fig. 11 mostra que o desgaste do material ocorre com a utilização constante dos freios, onde partículas finas são liberadas após o atrito, ficando presas nas rodas e calotas dos veículos. Com o contato da água da chuva ocorre o carreamento dessas partículas para o rio.

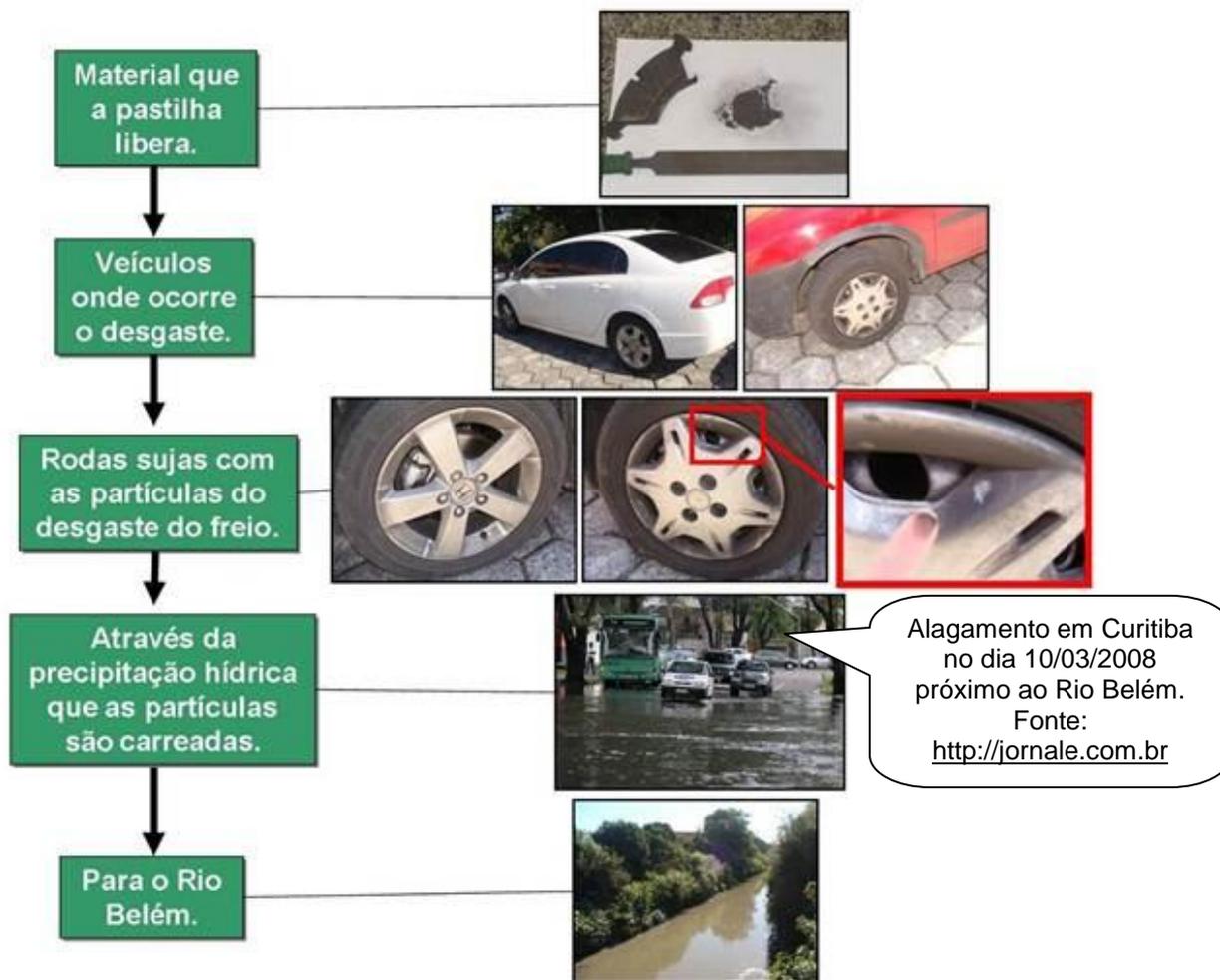


Figura 11. Evidência do desgaste dos materiais provenientes do desgaste dos freios de veículos que são possivelmente escoados para o rio.

Segundo as informações do mecânico Tonin (2009), chefe da Empresa Redentor, responsável pela manutenção dos ônibus da URBS na cidade de Curitiba, as trocas das lonas dos ônibus ocorrem em média de três a quatro meses, e equivalem de 20 mil aproximadamente a no máximo 30 mil km rodados.

Ao analisar o desgaste das pastilhas utilizadas em uma roda de carro, no período de 60 dias o carro rodou 1872 km e o desgaste na pastilha foi de 0,210 gramas. Na Tab. 5.2, observa-se o número de carros quantificados e os valores estimados do desgaste das pastilhas em cada ponto, salientando que os valores estão sendo considerados somente em uma roda de cada veículo e que, se considerados nas quatro rodas, obviamente seriam maiores.

Tabela 5.2. Análise estimada do desgaste de uma roda de veículo, aplicada na quantidade de carros que passarem em uma hora em cada ponto.

Desgaste das pastilhas de uma roda de carro.				
Pontos	Número de CARROS	Desgaste das pastilhas de uma roda (gramas)		
		Ano	Dia	Hora
1	960	1204,4	3,36	0,140
2	438	548,59	1,533	0,063
3	113	116,58	0,395	0,016
4	506	633,76	1,771	0,073

No Brasil a média anual de circulação de carros é de 20mil km, e a duração média de uma pastilha apesar de variar muito de motorista para motorista, é de 40mil km no máximo para fazer uma troca (CRIVELLARO, 2009).

Os metais ao serem ingeridos são cumulativos, podendo desencadear doenças irreversíveis no organismo. No caso da área de estudo, não foi feito um levantamento do efeito sistêmico na população para averiguar se já há algum caso de contaminação por metais como ferro ou até mesmo o amianto. O amianto, ou asbesto, pode causar doenças graves, progressivas e incuráveis como a asbestose, uma fibrose pulmonar que consiste em sintomas, como falta de ar, que vão se acentuando com o tempo, mesmo que a pessoa não tenha mais contato com o mineral (GIANNASI, 2006). As quantificações de metais presentes na água nos pontos amostrais estão apresentadas na Tab. 5.3.

Tabela 5.3. Análise dos metais em águas da Sub-Bacia 1 do rio Belém.

Pontos de Coleta	Parâmetros (mg/L)				
	Hg	Pb	Fe	Ni	Cr total
1	<0,0002	<0,30	1,38	<0,10	<0,05
2	<0,0002	<0,30	0,56	<0,10	<0,05
3	<0,0002	<0,30	0,62	<0,10	<0,05
4	<0,0002	<0,30	0,76	<0,10	<0,05

Os resultados mostraram que as concentrações de metais presentes na água estão baixas. Isso se deve ao fato de que os metais são materiais que não são solúveis em água e que possivelmente estão depositados no fundo do rio ou podem ter sido absorvidos por alguns organismos *fitoplancton*. Os resultados sugerem que estudos mais aprofundados sejam realizados para avaliar os efeitos

da acumulação de resíduos do desgaste dos freios de veículos nos recursos hídricos e no corpo humano.

## CONCLUSÃO

Partindo do pressuposto deste trabalho, em realizar o diagnóstico do efeito poluidor do desgaste dos freios de veículos na Sub-bacia 1 do rio Belém, que começa no Parque das Nascentes e vai até o Parque São Lourenço, foram realizadas análises de água de 4 pontos amostrais.

Com os estudos realizados constatou-se que a poluição difusa por meio do desgaste dos freios dos veículos ocorre devido ao elevado trânsito de veículos na região em estudo.

Com relação às análises dos componentes dos freios e sua quantificação na Sub-Bacia 1, até então não se conhece um aparelho que, além de caracterizar e quantificar as partículas provenientes dos freios, possa afirmar que os componentes encontrados sejam dos freios. Pelo fato de os freios possuírem uma composição um pouco comum outros materiais e até mesmo a outras peças de veículos, fica difícil afirmar que o material encontrado é dos freios.

Como as coletas foram realizadas na água superficial, seria necessário também uma coleta do lodo do rio, por ter uma memória maior e os ferros e metais serem pesados e cumulativos.

---

## Urban diffuse pollution due to automotive brakes' wearing: a case study in Sub-Basin 1 of Belem River in Curitiba - PR

### ABSTRACT

Diffuse pollution is the least known among all types of pollution; its origin can be natural or anthropic. Due to impurities, they have greater dispersion in the hydric body, complicating the quantification and characterization of the polluting source. Through the superficial flow by the precipitation of rain this waste arrives at the rivers causing significant impacts on the quality of the water. The Belem river runs through important points like parks and densely populated areas. The vehicles traffic in urban environments is very intense causing high wear on the brakes. The objective was to assess the pollution effect of brake wear from vehicles on the Sub-Basin 1 of Belem River resulting from the drift of particles caused by rain. We conducted bibliography surveys; visits to garages; database of Urbanization of Curitiba consulting; identification of eight sampling points, being 4

in the waters of the basin and four in the streets analyzing the flow of vehicles. We analyzed the wear of two brake pads of a wheel in a vehicle for 60 days, estimating the possible wear according to the flow of vehicles. The flow of vehicles per hour of the 4 points analyzed, were: Point 1: 1290; Point 2: 565; Point 3: 144 and Section 4: 745. The wear of the two brake pads analyzed in one day was approximately 0.0035 g, thus, in one year would be 1.269 g. Compared the brake wear with the flow of vehicles in points 1, 2, 3 and 4, the area with higher pollution potential due to the increased flow of vehicles is at Point 1; in one hour the wear of vehicle flow was 0.140g. It is inevitable the wear on the brakes of vehicles, as well as maintenance and replacement of them. In the analysis of the sampling points, it was not possible to identify the concentration of particles, it is suggested that because these materials are insoluble in water, with the constant drift, the particles tend to settle on river bottoms. Therefore, the methods of measurement in water should not be the only ones used to assess the pollution potential, making it necessary to continue the studies with more specific analysis for sedimentary materials.

**Keywords:** Diffuse Pollution, Automotive Brakes, Belem River.

---

## REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C. V; HOPPEN, C; PEGORINI, E. S; DALARMI, O; A crise da água e os mananciais de abastecimento. In: ANDREOLI, C. V. Mananciais de Abastecimento: Planejamento e Gestão. Curitiba: SANEPAR FINEP, 2003. (pg. 54 e 55.)

BILBAO, D. Termo de Referência para a confecção do manual de prevenção da Poluição Difusa em Meio Antrópico. Trabalho de conclusão de curso. Engenharia Ambiental da Pontifícia Universidade Católica do Paraná –PUCPR, Curitiba, 2007.

BOSCH. Sistemas de Freios ABS. 2008. Disponível em: [http://www.bosch.com.br/content/language1/html/715\\_5585.htm](http://www.bosch.com.br/content/language1/html/715_5585.htm). Última visualização em Julho de 2009.

CUEVA,G.; TSCHIPTSCHIN, A. P.; SINATORA, A.; GUESSER, W. L. Desgastes de ferros fundidos usados em discos de freios de veículos automotores. [-] Disponível em: [www.tupy.com.br/downloads/guesser/desgaste\\_ferros\\_fundidos\\_freio.pdf](http://www.tupy.com.br/downloads/guesser/desgaste_ferros_fundidos_freio.pdf)

CRIVELLARO, D. Entrevista concedida pelo mecânico responsável da Oficina Crivellaro. Curitiba, 03 mar. 2009.

FENDRICH, R.; OBLADEN, N.L.; AISSÉ, M. M.; GARCÍAS, C. M. Drenagem e Controle da Erosão Urbana. Curitiba, 1988. Págs. 23, 26 e 27.

GAY NETO, A. GRAVINA, M. L. BRUNO, R. A. TING, R. N. FERREIRA, T. A. MORENO, T. L. F. LOPES, T. M. F. UNTERBERGER FILHO, V. SANTOS, V. L.

Seleção de materiais para sistema de freio a disco automotivo. São Paulo: [s.n.], 2004.

GIANNASI, F. Amianto ou Asbesto. Minaçu/Goiás: [s.n.], 2006.

IPPUC. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. Mapas Temáticos. Disponível em: [www.ippuc.org.br/informando/index\\_mapastematicos.htm](http://www.ippuc.org.br/informando/index_mapastematicos.htm) Acesso em: 09/10/2006

MALUF, O; ANGELONI, M; GUALBERTO, A. R; SPINELLI, D; BOSE FILHO, W. W. Disco de freios automotivos: aspectos históricos e tecnológicos. Revista Anhanguera: Anuário da Produção Acadêmica Docente, Vol. 1, Nº 1 (2007). Disponível em: <http://sare.unianhanguera.edu.br/index.php/anudo/article/viewArticle/751>. Última visualização em abril de 2009.

MARTINHAGO, A. L. Identificação e Georrefenciamento de Pontos de Poluição no Trecho Inicial do Rio Belém: Da Nascente ao Parque São Lourenço. Trabalho de conclusão de curso. Engenharia Ambiental da Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR, Curitiba, 2007.

MENETRIER, A. R. Estudo de composição de variáveis e processo de controle de compressibilidade. Tese para obtenção do grau de Mestre em Materiais na Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, 2006.

NBR 9898/ 87 - Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

OLIVEIRA, P. R. Sistema de freios. São Paulo: Universidade São Judas Tadeu. Engenharia Mecânica. Disponível em: <http://br.geocities.com/prcoliveira2000/sistemadefreios.html> ultimo acesso em 10 de dezembro de 2008.

PRODANOFF, J. H. A. Aplicação de Poluição Difusa Gerada por Enxurradas em Meio Urbano. Tese para obtenção do grau de Doutor em Ciências em Engenharia Civil na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

TOMAZ, P. Poluição Difusa. 1º Edição. Brasil: Editora Navegar, 2006, cap2.

TONIN, A. Entrevista concedida pelo mecânico chefe da Empresa Redentor, responsável pela manutenção e troca dos ônibus de Curitiba. Curitiba, 26 mar. 2009.