



ESTUDO DA QUALIDADE DO AR NO MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO DO SUL/SC

**Iasmyn Rochadel Sapelli¹
Sandra Helena Westrupp Medeiros²
Tatiana Da Cunha Gomes Leitzke³**

Resumo

O crescimento industrial e da frota veicular nas cidades brasileiras tem aumentado a necessidade de se caracterizar a qualidade do ar em função dos poluentes gasosos emitidos por essas fontes. Nesse sentido, o presente estudo teve por objetivo analisar a qualidade do ar do município de São Francisco do Sul/SC. Para isso, foram coletadas amostras de água da chuva para verificar a ocorrência de chuva ácida, bem como foram levantadas informações sobre a existência de fontes de emissões atmosféricas e sobre as condições meteorológicas da região. Como resultado, verificou-se a ocorrência de dois episódios de chuva ácida e um caráter mais básico da precipitação pluviométrica no ponto de amostragem. Além disso, a partir da identificação e localização de potenciais fontes de poluição do ar, o órgão ambiental municipal passou a ter em mãos dados que possibilitarão tomadas de decisão mais efetivas quanto ao ordenamento territorial, assim como a definição de um sistema de gerenciamento da qualidade do ar da cidade em questão.

Palavras-chave: qualidade do ar, fontes de poluição do ar, chuva ácida, São Francisco do Sul.

¹ Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade da Região de Joinville. E-mail: myn_sapelli@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

O crescimento industrial e populacional vertiginoso acarretaram uma elevada demanda de energia, deste modo, provocando maiores emissões de poluentes na atmosfera, principalmente devido à queima de combustíveis fósseis (MIGLIAVACCA *et al.*, 2005).

Considerada uma das maiores fontes de poluição atmosférica pelo grande número de veículos que circulam diariamente, a queima de combustíveis fósseis, juntamente com a incineração de resíduos, são fontes potenciais de emissão de material particulado (PORTELLA *et al.*, 2008).

O crescimento da frota automotiva, os atuais padrões de consumo, o desmatamento e as queimadas, entre outros, têm como consequência o aumento das emissões de poluentes do ar. O crescente aumento das concentrações de substâncias contaminantes no meio aéreo, sua deposição no solo, nos vegetais e nos materiais são responsáveis por uma série de danos à saúde e por reduções significativas na produção agrícola e, de uma forma geral, dos desequilíbrios nos ecossistemas (QUEIROZ *et al.*, 2007).

A presença de material particulado na atmosfera pode ocorrer de maneira natural, sendo originada por uma série de fatores como ventos, erosão, erupções vulcânicas, gotículas de água, terremotos, dentre outras. Entretanto, as características desse material particulado vêm se alterando, havendo um aumento em sua concentração nos últimos anos, sendo o grande número de emissões geradas pelas indústrias, um dos responsáveis por estas mudanças (MIGUEL, 1992).

Em regiões industrializadas, é factível encontrar-se poluentes adicionais, subprodutos industriais gasosos, produtos da queima incompleta de combustíveis fósseis e emissões industriais típicas (dióxido de carbono, amônia, metais pesados, óxidos de metais, etc.), sendo rapidamente incorporados nos ciclos elementares e que podem promover mudanças permanentes nos processos geoquímicos dos ecossistemas afetados (MIGLIAVACCA *et al.*, 2012).

Essas partículas podem influenciar diversos processos atmosféricos, como formação de nuvens, visibilidade, transferência de radiação solar e, quando associadas a determinadas substâncias tóxicas, são capazes de ocasionar diversos efeitos nocivos à saúde humana e ao ambiente. Atualmente, muitos países têm considerado a

deposição de partículas atmosféricas como fonte de contaminação de ambientes aquáticos e estudam seu movimento através da atmosfera (LOPES *et al.*, 2000).

A precipitação, juntamente com a transferência direta de compostos químicos são apenas um dos mecanismos de deposição atmosférica. As nuvens e neblina, normalmente, contêm alta concentração de solutos e a deposição ocorre quando há a condensação nas superfícies expostas, tais como a vegetação e o solo. A presença de umidade não é, contudo, pré-requisito para a deposição atmosférica de compostos químicos, pois a deposição seca de poeira e de gases é um fenômeno que ocorre naturalmente pela ação da gravidade ou pelo impacto resultante da ação dos ventos (JÚNIOR, 2004).

Além disso, é importante ressaltar que fatores meteorológicos tais como ventos, temperatura, umidade relativa, intensidade da radiação solar, percurso e altitude das nuvens, intensidade da chuva, tamanho das gotas, dentre outras, são também muito importantes nos processos de transformação, dispersão e remoção de poluentes atmosféricos (FORNARO, 1991).

A poluição atmosférica em nível global está associada intrinsecamente aos oceanos, pois estes atuam conjuntamente como reservatórios e como fontes de diversos constituintes atmosféricos, desempenhando um papel importante nos diversos processos que ocorrem na atmosfera. A interação das massas de ar marinhas com as emissões antropogênicas continentais determina o comportamento químico da atmosfera marinha costeira, bem como a da atmosfera continental brasileira, especificamente a de São Francisco do Sul/SC, que se encontra fortemente influenciada por massas de ar de origem oceânica (CASTRO *et al.*, 2001).

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar a qualidade do ar no Município de São Francisco do Sul/ SC. Especificamente, foram realizadas amostragens de água de chuva para verificar a ocorrência de chuva ácida e levantadas informações sobre o crescimento industrial e populacional, para identificação e localização de fontes de emissão de poluentes atmosféricos, bem como as condições meteorológicas características da região.

2 METODOLOGIA

O bairro de Ubatuba foi definido como área principal deste estudo. Localizado no município de São Francisco do Sul, faz fronteira com os bairros Iperoba, Itaguaçu, Majorca e Enseada.

Este local foi escolhido, primeiramente, pela viabilidade de se colocar um sistema coletor de água da chuva. Além disso, trata-se de um bairro litorâneo, que sofre forte influência de massas de ar marinhas.

Com a definição desse ponto, além das coletas de amostras de água da chuva, buscou-se realizar a caracterização física da região de seu entorno, identificar as principais vias de tráfego e elaborar um inventário das fontes de emissões atmosféricas próximas a este ponto.

2.1 Coleta de Amostras de Água da Chuva

O período de amostragem foi de dezembro de 2013 a agosto de 2014, em um ponto fixo em área urbanizada, distante, aproximadamente, 800 m da praia, no bairro de Ubatuba em São Francisco do Sul/SC (ver Figura 01).

A amostragem de água da chuva foi realizada através de um coletor volumétrico (Figura 2) de diâmetro de 80 cm, aproximadamente, instalado a 1,5 m acima da superfície do solo, em área livre longínqua de árvores e construções.

As amostras foram, preferencialmente, coletadas no início da chuva até os primeiros 15 minutos. Quando, neste tempo, não foi possível obter um volume mínimo de água precipitada de 100 mL, ampliou-se o tempo de coleta de modo que este valor fosse alcançado. Assim, as águas das chuvas foram coletadas conforme a incidência e volume da precipitação. No período de amostragem, considerou-se somente os eventos chuvosos que apresentaram um intervalo mínimo de 3 dias sem chuva entre eles.

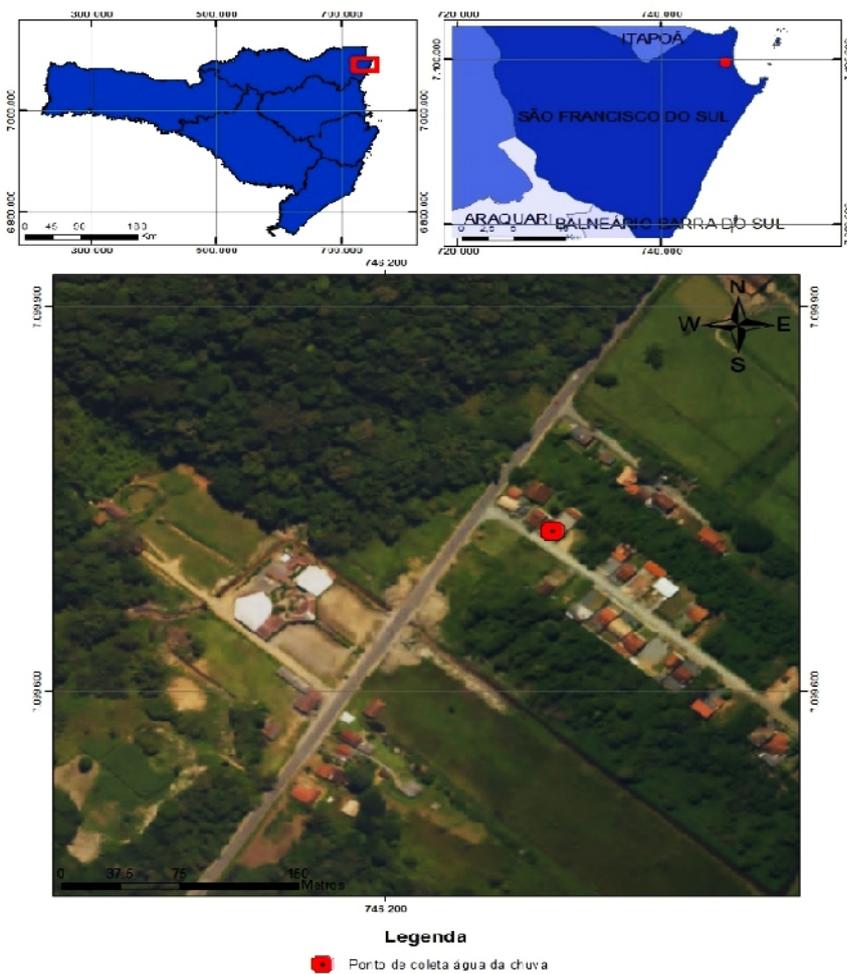


Figura 01 – Local do ponto de coleta e seu entorno.
 Fonte: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável (2010).



Figura 02- Coletor de amostras de água da chuva.
 Fonte: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável (2010).

Após sua coleta, verificou-se imediatamente o pH da amostra com um pHmetro (Modelo PH-009 (I) pHmeter), previamente calibrado.

As amostras foram dispostas em frascos plásticos de 150 mL, os quais passaram anteriormente por procedimento de limpeza, que consistiu em lavá-los com água ultrapura e deixá-los mergulhados nesta durante 24 horas. Em seguida, o frasco volumétrico foi armazenado à temperatura de 25 °C, conforme estudo de Galloway e Likens (1978), para futura análise em laboratório.

Já os dados meteorológicos foram obtidos junto à estação meteorológica da empresa ArcelorMittal Vega, localizada no bairro Morro Grande (26° 17' 42.15" S 48° 38' 1.11" W) no município de São Francisco do Sul/SC.

2.2 Inventário de fontes móveis de emissão atmosférica

Com base em informações obtidas junto ao Departamento Municipal de Trânsito de São Francisco do Sul – DEMTRAN, assim como pela análise de imagem de satélite (ver Figura 3), foi possível identificar duas vias consideradas de maior tráfego e influência sobre o ponto de coleta: Estrada Geral do Forte e Rodovia Duque de Caxias.



Figura 03 – Imagem de satélite mostrando as duas principais vias de tráfego no entorno do ponto de amostragem.
 Fonte: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável (2010)

Visando a caracterização do fluxo de tráfego nessas vias, realizou-se contagens de veículos em duas datas consecutivas no mês de outubro do corrente ano: dias 15 e 16 na Estrada Geral do Forte e nos dias 21 e 25 na Rodovia Duque de Caxias, durante um período de 30 minutos em cada dia. O horário escolhido foi o considerado de maior fluxo, ou seja, entre 18 h e 18:30 h.

O fluxo de veículos foi verificado nos dois sentidos das vias, e contabilizado o número de automóveis dispostos entre: carro, caminhão, ônibus e motocicleta.

2.3 Inventário de Fontes de Emissões Atmosféricas

Para a identificação das possíveis fontes de emissões atmosféricas existentes na área de estudo, foi feito o levantamento dos comércios e serviços existentes no bairro de Ubatuba, através de visita *in loco*, tendo-se percorrido a principal via do

bairro, a Rodovia Duque de Caxias, local onde se concentra o maior número de atividades econômicas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análise do pH das Amostras de Água das Chuvas

Durante o período de desenvolvimento deste trabalho, foram coletadas 28 amostras de água da chuva, sendo os valores de pH medidos, apresentados de acordo com as estações do ano – verão, outono e inverno – conforme pode ser observado nas figuras 04, 05 e 06, respectivamente.

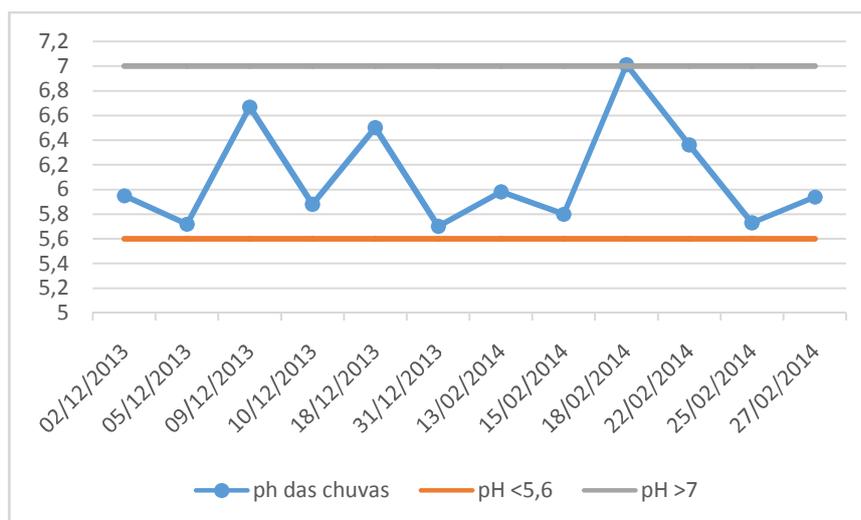


Figura 04: Gráfico com os valores de pH obtidos com as amostras de água da chuva coletadas no verão.

Fonte: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável (2015).

Das 12 amostras coletadas no verão (Figura 04), quatro apresentaram características de chuvas alcalinas, demonstrando valores de pH superiores a 6, visto que os maiores valores encontrados nesta estação foram de 6,7 e 7, valores considerados elevados, pois o pH normal da água das chuvas fica na faixa entre 5,6 e 6. Nenhuma das amostras coletadas neste período demonstraram características de

chuvas ácidas, sendo que oito amostras apresentaram valores dentro da faixa esperada, ou seja, entre 5,6 e 6.

No período relativo à estação outono, nove amostras foram coletadas e os valores de pH medidos, apresentados na Figura 05, demonstram, novamente, tendência alcalina visto que em sete amostras o valor de pH estava acima de 6 e, dentre estas, três estavam acima de 7.

Contudo, em uma das amostras o valor do pH foi inferior a 5,6 (5,4), caracterizando-se como chuva ácida. Apenas 1 amostra manteve-se dentro do esperado, com valor de 5,8.

Outra característica importante que se pode observar na Figura 04, é que eventos chuvosos que sucedem períodos mais extensos sem chuva apresentam valores de pH mais elevados que os anteriores.

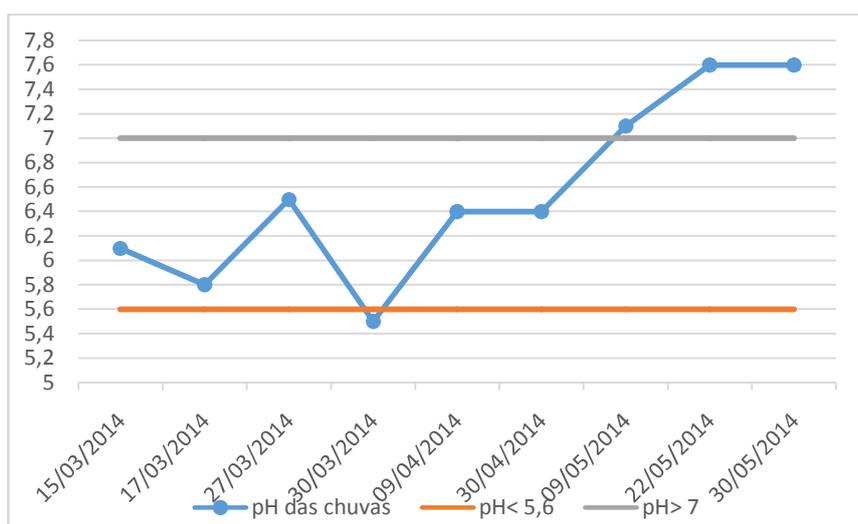


Figura 05: Gráfico com os valores de pH obtidos com as amostras de água da chuva coletadas no outono.

Fonte: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável (2015).

Quanto às sete amostras coletadas no inverno (ver Figura 06), estas apresentaram comportamento similar às do outono, tendo-se, também, uma ocorrência de chuva ácida (pH 5,4), cinco amostras alcalinas e uma dentro do valor esperado de pH.

De forma geral, verificou-se, portanto, que em São Francisco do Sul tem ocorrido precipitação pluviométrica com característica mais alcalina do que ácida. Esse fenômeno pode ser devido, provavelmente, ao fato de que o município é fortemente

influenciado por massas de ar marinhas acarretando, deste modo, a contribuição do spray marinho para a neutralização da acidez natural da água das chuvas.

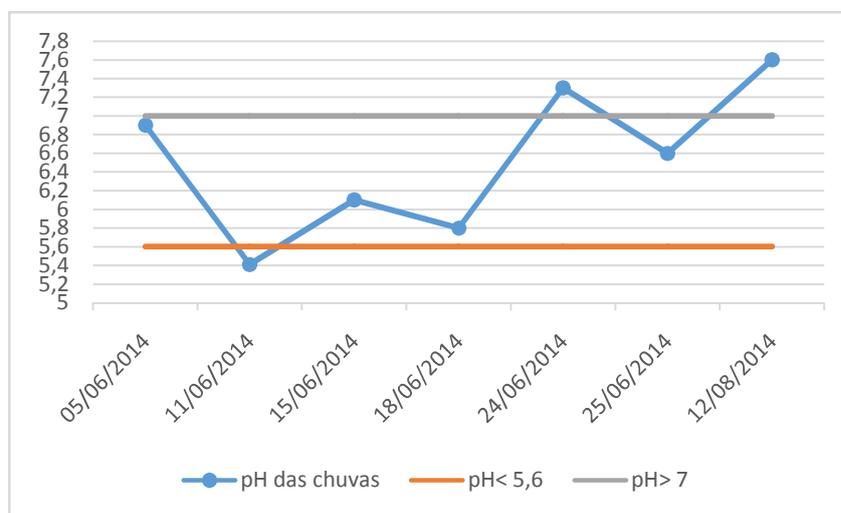


Figura 06: Gráfico com os valores de pH obtidos com as amostras de água da chuva coletadas no inverno.

Fonte: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável (2015).

Conforme Campos *et al.* (2007), o aerossol atmosférico é abundante em partículas de spray marinho. Estas partículas, basicamente compostas por água do mar, são capazes de neutralizar a acidez da chuva por gás para a interação da partícula onde os precursores da chuva ácida e dos seus produtos de oxidação na atmosfera é eliminado pela difusão e/ou difusores Browniano, ou pela sua incorporação em chuva devido a impactação e interceptação seguido pela reação em fase aquosa.

Outros autores realizaram estudos para observar a influência do spray marinho sobre a neutralização da água das chuvas como foi o caso de Chameides e Stelson (1992) que investigaram a química de fase aquosa de aerossóis de sal marinho deliquescentes com um modelo de caixa de estado estacionário. Devido à alcalinidade do sal marinho, os seus cálculos indicaram que estes aerossóis foram fortemente tamponados e, como resultado, manteve-se o seu pH próximo de 8 até que a quantidade de ácido adicionado à solução de aerossol excedeu a alcalinidade.

De acordo com Migliavacca (2005), o potencial de acidificação de precipitação é normalmente devido à presença de H_2SO_4 , HNO_3 e ácidos orgânicos, e a sua neutralização ocorre na presença de NH_3 e $CaCO_3$. Sendo assim, o pH da precipitação

depende da abundância relativa destes ácidos e bases e das reações de neutralização entre eles.

Safai (2010) afirma que as fontes naturais, como o solo (aerossóis minerais) e o mar (aerossóis marinhos), foram as fontes causadoras por estarem afetando predominantemente a concentração e a composição dos aerossóis, bem como causando a neutralização da atmosfera. No entanto, com o crescente desenvolvimento industrial e urbanização, a contribuição de fontes antropogênicas tem aumentado significativamente, especialmente nos centros urbanos/industriais. Outro ponto que se deve considerar pois, apesar de São Francisco do Sul não ser considerado um polo industrial, abriga um dos maiores portos da América Latina, bem como diversas empresas com caráter poluidor considerável.

3.2 Caracterização Física da Região

O município de São Francisco do Sul está localizado ao norte do litoral de Santa Catarina, faz parte da microrregião geográfica de Joinville, estando compreendido entre os paralelos 26°7'43" e 26°27'22" de latitude sul e os meridianos 48°29'35" e 48°47'6" de longitude oeste. Com uma população de 42.520 habitantes (IBGE, 2010), situa-se a 188 km de Florianópolis e 37 km de Joinville, possuindo uma área territorial de 498,646 km² e densidade demográfica de 85,27 hab/km². Limita-se ao sul com os municípios de Araquari e Balneário Barra do Sul, ao norte com os municípios de Itapoá e Garuva, a oeste com Joinville e a leste com o Oceano Atlântico.

O bairro de Ubatuba, área principal deste estudo, caracteriza-se por ser predominantemente residencial e com apenas uma atividade industrial, o terminal aquaviário da Petrobrás, como indicado na Figura 07.

3.3 Caracterização do Fluxo Viário

De acordo com IBGE (2013), a frota de veículos registrados no município é de, aproximadamente, 22.625 veículos, incluindo carros, caminhões, ônibus, motocicletas,

dentre outros. São Francisco do Sul não é uma cidade com tráfego de veículos intenso, sendo o maior fluxo de veículos na Rua Barão do Rio Branco localizada no Centro da cidade, região em que se concentra a grande maioria do comércio local. E aos finais de semana, por ser uma cidade litorânea, a zona de maior fluxo de veículos concentra-se nos balneários ao longo da Rodovia Duque de Caxias.



Figura 07: Localização da principal via do bairro e do terminal aquaviário.
Fonte: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável (2010).

Desta forma, os resultados das contagens de veículos realizadas nas duas principais vias próximas do local de estudo, Estrada Geral do Forte e Rodovia Duque de Caxias, estão apresentados na Tabela 02.

Tabela 02 – Fluxo de veículos levantado na Estrada Geral do Forte e na Rodovia Duque de Caxias, em duas datas distintas e no horário de maior tráfego.

TIPO DE VEÍCULO	DATA E HORÁRIO			
	Estrada Geral do Forte		Rodovia Duque de Caxias	
	15/10/14 18:06 às 18:37	16/10/14 17:52 às 18:23	21/10/14 18:44 às 19:15	25/10/14* 17:52 às 18:23
Caminhão	5	10	9	19
Carro	97	110	290	565
Moto	11	10	24	38
Ônibus	5	5	9	13

*Sábado

Fonte: PMSFS, 2015.

De acordo com a Tabela 02, observa-se que o tráfego de carros foi o que apresentou menor fluxo na Estrada Geral do Forte em relação à Rodovia Duque de Caxias, em dia de semana, seguido por motos. Contudo, deve-se considerar que há a possibilidade de que o número de caminhões que circulam na nesta via variar ao longo da semana, pelo fato de uma empresa de aterros e terraplanagem estar estabelecida na região.

A maior intensidade de tráfego na Rodovia Duque de Caxias pode ser explicada pelo fato desta abrigar grande parte do comércio da região, bem como ser rota de acesso aos balneários, como supracitado. Isto explica o aumento significativo apresentado no dia 25/10 para carros e motos, visto este dia ser um sábado.

3.4 Inventário de Fontes de Emissões Atmosféricas

O município não compreende muitas indústrias, entretanto, por ser uma cidade portuária, são diversos os pátios de containers, transportadoras e empresas de fertilizantes existentes. De acordo com IBGE (2012), o número de empresas cadastradas no município é de 1.719 unidades. Em sua grande parte, localizadas no centro da cidade por conta da proximidade ao porto de São Francisco do Sul. Dentre as empresas instaladas no município, destaca-se: uma das principais empresas de agronegócio e alimentos, o Terminal Aquaviário de Petróleo e uma das maiores unidades de transformação de aço plano do mundo.

A empresa de agronegócio é considerada uma fonte de emissão atmosférica, pois em seu parque industrial ocorrem os processos de moagem, descarga, movimentação e transporte de grão de soja gerando, ao longo destas atividades, partículas em suspensão e formando nuvens de poeira.

Além de comprometer a qualidade do ar do município, a formação dessa nuvem de poeira pode evoluir para explosão, pois segundo Sá (2001), “há no ambiente os fatores de deflagração da mesma, isto é, fogo e energia. O incêndio por camadas, outrossim, é de difícil extinção, podendo prolongar-se por várias horas após sua extinção”. Estas explosões ocorrem com frequência em unidades processadoras, onde as poeiras tenham propriedades combustíveis, como é o caso da indústria em questão

que processa grãos de soja, entretanto, as explosões só ocorrem em pontos das instalações onde haja moagem, descarga, movimentação e transporte sem controle de exaustão, e desde que existam os fatores desencadeantes.

Já o terminal aquaviário de petróleo armazena e transporta petróleo bruto. De acordo com Mariano (2001), os poluentes mais comuns emitidos são os óxidos de enxofre e nitrogênio, o monóxido de carbono, os materiais particulados e os hidrocarbonetos (que geralmente constituem as emissões fugitivas e evaporativas de compostos orgânicos voláteis, os COV's) que são liberados nas áreas de armazenamento (tancagem).

Os poluentes atmosféricos, além dos efeitos específicos relativos à sua natureza química, também possuem efeitos de caráter geral, como efeitos prejudiciais à saúde humana, danos materiais como, por exemplo, ao metal causando a corrosão, e efeitos sobre a visibilidade, pois a presença de contaminantes na atmosfera produz a absorção e a dispersão da luz solar, causando uma notável redução dela.

Já com relação à unidade de transformação de aços planos, que produz bobinas laminadas a frio e galvanizadas, pode ocasionar a emissão de material particulado e compostos ácidos, principalmente (CAVALCANTI, 2012).

Finalmente, quanto ao porto de São Francisco do Sul, sua contribuição às emissões atmosféricas se deve pelas embarcações que trafegam em canais e ancoram nos berços de atracação, a movimentação de caminhões que transportam os containers e a movimentação e armazenagem no porto.

Segundo Porto & Teixeira (2002), a poeira é o elemento sólido presente no ar proveniente da atividade portuária, lançada pelo movimento da carga ou sua transformação em instalações do porto organizado.

Além das emissões gasosas, há a poluição causada pela movimentação de carga e descarga, relacionada com o manuseio de grânéis sólidos, como o carvão, a soja em farelo, o fertilizante, a bauxita dentre outros. O manuseio dessas cargas é uma das principais fontes geradoras de material particulado (poeira).

Produz danos à saúde do ser humano, às edificações, reduzindo inevitavelmente a qualidade do ar, com efeitos visuais desagradáveis. No ser humano, pode produzir alergias, doenças do sistema respiratório e outras enfermidades.

Visto que as emissões atmosféricas provenientes de navios é um problema crescente, com as principais preocupações recaindo sobre as emissões de SO₂, pois de acordo com Silva (2005), estima-se que cerca de 4,5 a 6,5 milhões de toneladas desse poluente são lançadas por ano em mar aberto à atmosfera, o que equivale a, aproximadamente, 4% das emissões globais de SO₂.

Junto com as emissões de NO_x considerado um dos responsáveis pela ocorrência de chuvas ácidas em regiões portuárias, outra problemática são as emissões de CFC's (clorofluorcarbonos) que segundo Silva (2005) estima-se que a frota mundial de navios mercantes seja responsável pela emissão de, aproximadamente, 3.000 a 6.000 toneladas anuais, ou seja aproximadamente 3% das emissões globais deste composto.

Referente ao bairro onde se concentrou o presente estudo, para que se pudesse identificar as fontes fixas de poluição atmosférica, fez-se necessário efetuar o levantamento do comércio existente na região. Deste modo, foi possível observar que o comércio, em sua maioria, é notável apenas em uma das principais vias do bairro, sendo esta, a Rodovia Duque de Caxias, que percorre praticamente o bairro todo, entretanto, não apresenta um tráfego intenso de veículos no local. De acordo com a visita *in loco* realizada, foi possível estabelecer uma estimativa das principais atividades realizadas e comércios existentes ao longo da Rodovia Duque de Caxias. As atividades, serviços e comércio disponíveis são apresentados no Quadro 01.

Feito o levantamento dos comércios existentes no bairro, pôde-se observar que o mesmo não apresenta um grande número de fontes fixas de poluição atmosférica, a não ser o terminal aquaviário que recebe petróleo bruto por oleodutos submarinos que é armazenado no local. A matéria prima é recebida de navios por meio de monobóias, durante este processo de recebimento e armazenagem pode ocorrer a evaporação de hidrocarbonetos policíclicos, componentes do petróleo, que apresentam forte potencial poluidor.

Quadro 01 - Inventário de atividades de serviços e comércios estabelecidas no bairro Ubatuba - São Francisco do Sul/SC

ATIVIDADES	Nº UNIDADES	ATIVIDADES	Nº UNIDADES
Academia	1	Loja Embalagens	1
Assados	1	Lojas de Roupas	6
Bares	2	Lojas de Tintas	3
Borracharia	1	Lojas de Variedades	5
Brechó	1	Mar Serviços	1

Cafeteria	1	Materiais de Construção	6
Casa das Telhas	1	Mercados	4
Casa novo piso	1	Móveis Sob Medida	1
Chaveiro	1	Oficina de Bicicleta	1
Churrascaria	1	Oficinas Mecânicas	2
Construtora	1	Peixaria	1
Consultório Odontológico	1	Pet shop	1
Contabilidade	2	Pizzaria	1
Distribuidora de Bebidas	2	Posto Policial	1
Empresa Coletora de Entulhos	1	Pousadas	2
Farmácias	3	Refrigeração e Climatização	1
Floricultura	1	Restaurantes	4
Frutaria	2	Salões de Beleza	5
Grupo Automotivo	1	Serralheria	1
Hotéis	2	Sorveterias	2
Igrejas	2	Usinagem	1
Imobiliárias	10	Distribuidora água e gás	1
Loja de Imóveis e eletrodomésticos	2	Vídeo Locadora	1
Loja de pisos	1		

Fonte: PMSFS, 2015.

Outras empresas no bairro que podem ser consideradas fontes fixas são a oficina mecânica, por conta das emissões de material particulado provenientes da queima de combustíveis fósseis dos veículos automotores que frequentam a oficina seis dias na semana.

Uma loja de móveis sob medida também pode ser considerada uma fonte fixa de emissões atmosféricas, pois na realização de suas atividades, gera material particulado (pó), principalmente na etapa de lixamento da madeira ou de chapas. Há, também, a emissão de compostos orgânicos voláteis através de resinas e tintas, originadas nas operações de pintura e envernizamento, além de fumaça particulada (com resíduos químicos) de queima não-controlada. Visto que empresas de pequeno porte, como é o caso dessa, não possuem exaustores, suas emissões são liberadas e dispersadas pelo vento na atmosfera do município.

A serralheria também é considerada uma fonte fixa de emissões atmosféricas, pois o processo de soldagem produz fumos, substâncias tóxicas na forma de particulado fino em suspensão (pó) que acabam sendo lançados para a atmosfera. Isso também ocorre com outras atividades relacionadas, como esmerilhamento, corte e lixamento

Os fumos são formados, principalmente, pela vaporização do metal de adição e do fluxo. Segundo NEDERMAN (2012) quando o metal é resfriado, o vapor se condensa e reage com o oxigênio do ar formando partículas muito finas.

O tamanho das partículas (0.01-1 μm) influencia a toxicidade dessas emissões: quanto menor o tamanho da partícula mais perigo apresenta, tanto para a atmosfera quanto para a saúde humana, pois podem permanecer em suspensão por um longo período de tempo e serem facilmente inaladas, penetrando profundamente nos pulmões.

Outra atividade industrial efetuada no bairro de Ubatuba que pode influenciar na qualidade do ar da região é a usinagem. De acordo com Almeida (1999), as atividades provenientes da usinagem são uma das principais fontes industriais geradoras de contaminantes metálicos no ar. Os problemas com os cavacos contaminados com fluidos de corte são críticos, pois conforme Dias *et al.* (2001), “os aditivos utilizados muitas vezes não permitem a refulsão desses, uma vez que no aquecimento formam-se vapores (por ex. dioxinas e gases nitrosos, ambos nocivos ao meio ambiente) nas mais variadas combinações químicas dos seus elementos constituintes”.

Ainda segundo Marano *et al.* (1997), parte dos vapores e névoa gerados no ambiente de trabalho frequentemente extrapolam os limites das fábricas, contaminando a atmosfera de regiões vizinhas, e em muitos casos, são carregados pela água das chuvas até o solo, prejudicando não somente a qualidade do ar, mas também a saúde da população que reside no município.

3.5 Caracterização das Condições Meteorológicas de São Francisco do Sul/SC

São Francisco do sul possui quatro estações meteorológicas particulares, cujas localizações podem ser vistas na Figura 05. Destas, uma está localizada no bairro Morro Grande, na empresa ArcelorMittal Vega, outra no Porto de São Francisco do Sul, e duas em balneários, sendo uma no balneário de Ubatuba, nas instalações da Petrobras, e a outra no balneário do Capri, de propriedade do late Cube.

A estação meteorológica da Arcelormittal Vega localiza-se no bairro Morro Grande (26°17'42,15"S; 48°38'1,11"W). Trata-se de uma estação meteorológica automática, que monitora dados de direção e velocidade do vento, pressão atmosférica, precipitação, temperatura e umidade desde o ano de 2008.

A estação localizada no porto de São Francisco do Sul foi instalada em 06/07/2005. Esta estação maregráfica foi instalada na ponta do cais do porto (26°14'13.2"S 48°37'57.3"W), a 1 metro de altitude, para suporte às suas atividades operacionais. Sensores adicionais para monitoramento de chuva e visibilidade também foram instalados, sendo equipada ainda com sensores de temperatura, umidade do ar, radiação solar, pressão atmosférica, precipitação e vento bem como altura da maré. Sua comunicação dá-se via celular GPRS.

A estação pertencente à Transpetro S.A., está localizada na porção leste da ilha (26°13'58"S; 48°31'55"W), a cerca de 12 metros de altitude, adquirida através do projeto RECOS e instalada em 06/11/2003. Seu sistema é telemétrico via telefonia fixa, sendo instrumentada com sensores de temperatura e umidade do ar, radiação solar, pressão atmosférica, precipitação e vento.

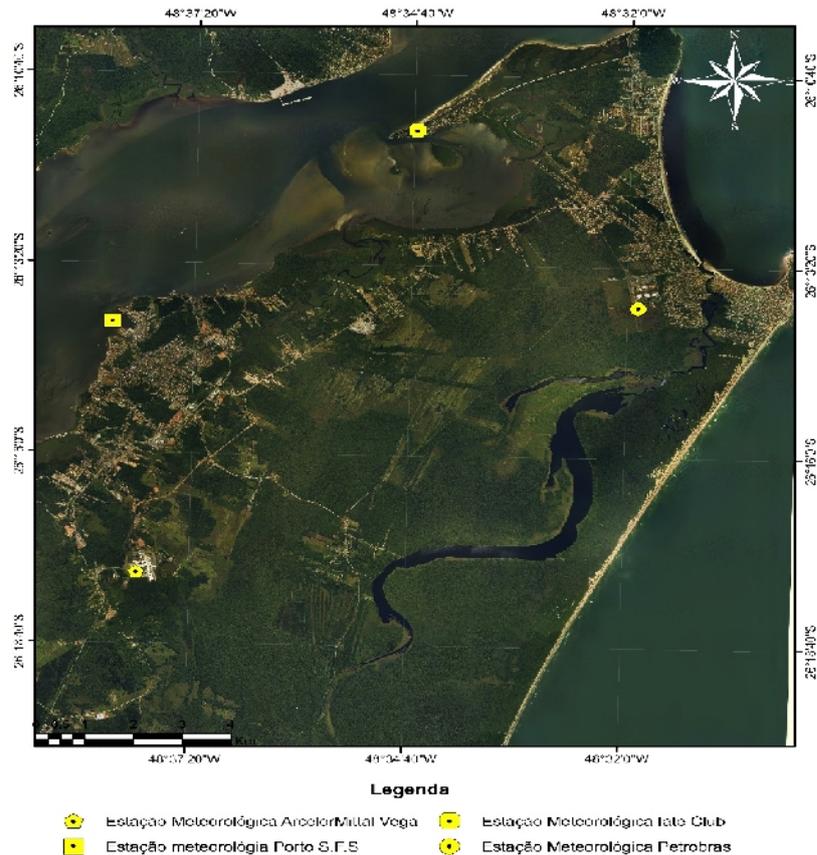


Figura 05 - Localização das estações meteorológicas existentes em São Francisco do Sul/SC.
 Fonte: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável (2010).

A quarta estação meteorológica, localizada no Capri Iate Clube ($26^{\circ}11'27,12''S$; $48^{\circ}34'37,92''W$), coleta os dados de direção e velocidade do vento, pressão atmosférica, precipitação, temperatura, umidade e cobertura de nuvens, sensação térmica entre outros, os quais são disponibilizados através de seu sítio eletrônico em tempo real. Instalada junto ao clube, na barra da Baía da Babitonga, é uma ferramenta de fácil acesso disponível na rede para facilitar a vida de navegantes e pescadores da região.

Para caracterizar a direção dos ventos bem como a temperatura média da região foram empregados os dados adquiridos na estação meteorológica da empresa ArcelorMittal Vega, obtidos no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2011, e que deram origem à rosa dos ventos de cada um desses quatro anos, apresentadas nas Figuras 06 (a), 06(b), 07(a) e 07(b), respectivamente.

Como pode ser observado nos gráficos mostrados nas Figuras 06 (a), 06(b), 07(a) e 07(b) a direção predominante dos ventos de acordo com a rosa dos ventos dos quatro anos estudados é a direção sul-sudoeste, somente o ano de 2008 [Fig. 06(a)], período no qual iniciou-se as amostragens, difere-se consideravelmente em relação aos outros anos, pois neste ano os ventos mais intensos ocorriam na direção leste e sudoeste. Nos anos seguintes a predominância dos ventos ocorreu nas direções noroeste e sul-sudoeste, sendo de maior intensidade na direção sul-sudoeste aumentando gradativamente ao longo dos anos, chegando no ano de 2011 a aproximadamente 36%. Entretanto, o que se observa no ano de 2010 é que houve uma diminuição da frequência do vento na direção noroeste, e no ano de 2011, ficou ainda mais evidente a redução da frequência nesta direção.

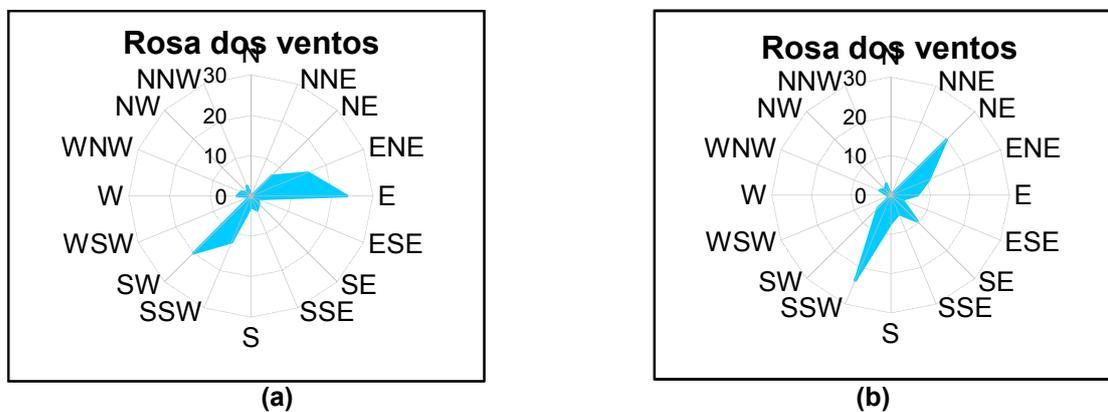


Figura 06 - Frequência da predominância dos ventos por dia em São Francisco do Sul – SC, nos períodos de: **(a)** janeiro a dezembro 2008; **(b)** janeiro a dezembro 2009. Fonte: Estação meteorológica ArcelorMittal Veja, 2014.

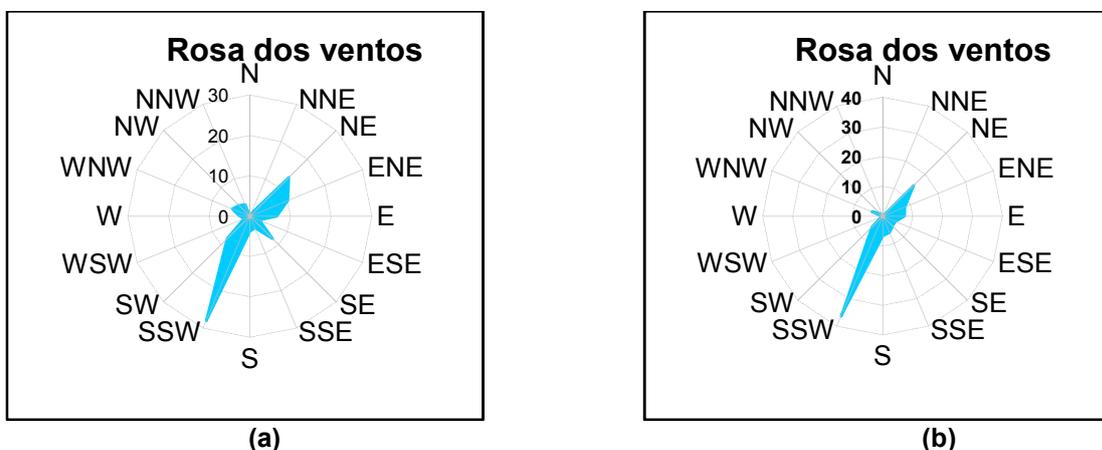


Figura 07 - Frequência da predominância dos ventos por dia em São Francisco do Sul – SC, nos períodos de: **(a)** janeiro a dezembro 2010; **(b)** janeiro a dezembro 2011. Fonte: Estação meteorológica ArcelorMittal Vega, 2014.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho pode ser considerado um dos poucos existentes que discutem as características físicas que influenciam a qualidade do ar do município do São Francisco do Sul.

A discussão dos resultados obtidos, contudo, trata-se de inferência quanto às possíveis fontes significativas de emissão de poluentes na atmosfera da região, com exceção da qualidade da água da chuva, que apresentou duas ocorrências de chuva ácida e um caráter básico predominante.

A importância, portanto, desse estudo pode ser traduzida na necessidade de se realizar um monitoramento efetivo da qualidade do ar nessa região, ao indicar possíveis poluentes que estejam sendo emitidos à atmosfera bem como a localização de suas fontes.

Desta forma, o órgão ambiental da cidade tem em mãos informações que permitirão tomadas de decisão mais precisas quanto ao estabelecimento de estações de monitoramento da qualidade do ar, a melhor localização destas, bem como auxiliar a política de ordenamento territorial do município.

STUDY OF AIR QUALITY IN THE MUNICIPALITY OF SÃO FRANCISCO DO SUL / SC

ABSTRACT

Industrial growth and the vehicle fleet in Brazilian cities has increased the need to characterize air quality in terms of gaseous pollutants emitted by these sources. In this sense, the present study aimed to analyze air quality in the city of São Francisco do Sul/SC. For this, rainwater samples were collected to verify the occurrence of acid rain, and have been raised about the existence of sources of atmospheric emissions and weather conditions in the region. As a result, there was the occurrence of two episodes of acid rain and a more basic character of precipitation at the sampling point. In addition, by identifying and

locating potential sources of air pollution, the municipal environmental agency now has in hand data that will enable more effective decision taken as land planning, as well as the definition of a quality management system the air of the city concerned.

Keywords: air quality, pollution sources of air, acid rain, São Francisco do Sul.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Ivo Torres de. **A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto.** São Paulo, 1999.

CAMPOS, Vânia P. *et al.* **Partial neutralization of rain by seaspray: The case of Recôncavo, Bahia—Brazil.** *Journal of Environmental Management* 84 (2007) 204–212

CASTRO, L. M.; PIO, C. A.; CERQUEIRA M. A. **Formação Secundária De Compostos Particulados Numa Atmosfera Marinha.** Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro), 2001.

CAVALCANTI, Pedro Porto Silva. **Gestão ambiental na indústria siderúrgica- Aspectos relacionados às emissões atmosféricas.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012.

CHARLSON e RODHE, 1982 RJ Charlson, H. Rodhe. **Fatores que controlam a acidez da água da chuva natural,** *Nature*, 295 (1982), p. 683-685

DIAS, Alexandre M. de P. **Aspectos nocivos de fluidos de corte utilizados em processos convencionais de usinagem.** 1º Congresso brasileiro de Engenharia de Fabricação, Curitiba- PR, 2001.

FORNARO, A. **Chuva Ácida em São Paulo: Caracterização Química de Amostras Integradas e Sequenciais de Deposição Úmida.** Dissertação de mestrado. São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Química, 1991.

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Estimativa população, 2010.** Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=421620>>. Acesso em: agosto de 2014.

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Frota de veículos registrados no município, 2013**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=421620>>. Acesso em: agosto de 2014.

JÚNIOR, Valdenor Nilo de Carvalho. **Deposição Atmosférica E Composição Química Da Água De Chuva**. Revista Tecnologia: Fortaleza, v. 25, n. 2, p. 61-71, dez. 2004.

LOPES, D. A.; PIO, C. A. **Mecanismo de Interação entre O Hno₃ e os Aerossóis Marinhas, Durante Os Períodos De Brisa**. Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro, 2000.

MARANO R., S., *et al.*, 1997, **Polymer additives as mist supressants in metal cutting fluids**, *Lubrication Engineering*. October, Park Ridge, Illinois, v.53, n.10, p. 25-35.

MARIANO, Jacqueline Barboza. **Impactos ambientais do refino de petróleo**. [Rio de Janeiro] 2001 VIII, 216 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Planejamento Energético, 2001) Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

MIGLIAVACCA, Daniela Montanari; TEIXEIRA, Elba Calesso; RODRIGUEZ, Maria Teresa Raya. **Composição Química Da Precipitação Úmida Da Região Metropolitana De Porto Alegre, Brasil, 2005- 2007**. Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS, 2012.

MIGLIAVACCA, D.; TEIXEIRA CE; WIEGAND, F.; MACHADO, ACM; SANCHEZ J. b. **Precipitação atmosférica e composição química de um sítio urbano, bacia hidrográfica do Guaíba, Brasil**. Ambiente Atmosférico, volume 39, Issue 10, março de 2005, páginas 1829-1844.

MIGLIAVACCA, Daniela Montanari; TEIXEIRA, Elba Calesso; MACHADO, Andrea Cassia de Melo. **Composição Química da Precipitação Atmosférica no Sul do Brasil - Estudo Preliminar**. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2005.

MIGUEL, Antonio H. **Poluição Atmosférica urbana no Brasil: Uma Visão Geral**. Instituto de Química – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

PORTELLA, Kleber Franke; PIAZZA, Fernando; JR, Paulo Cesar Inone e Sebastião Ribeiro; CABUSSÚ, Mário Seixas; CERQUEIRA, Dailton Pedreira; CHAVES, Cleuber Sobreira da Silva. **Efeitos da Poluição Atmosférica (Litorânea E Industrial) em Isoladores da Rede Elétrica da Região Metropolitana de Salvador**. *Quim. Nova*, Vol. 31, No. 2, 340-348, 2008.

PORTO, M.M., TEIXEIRA, S.G. **Portos e meio ambiente**. São Paulo: Aduaneiras, 2002.

QUEIROZ, Paula Guimarães Moura; JACOMINO, Feliciano Vanusa Maria; *et al.* **Composição Elementar Do Material Particulado Presente No Aerossol Atmosférico Do Município De Sete Lagoas, Minas Gerais**. Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear/Comissão Nacional de Energia Nuclear. Belo Horizonte- MG, 2007.

SÁ, Ary de. **Prevenção e Controle dos Riscos com Poeiras Explosivas.** Especialista em controle de poeiras explosivas. End. arysa@cpovo.net, 2001.

SAFAI, PD; BUDHAVANT, KB; RAO, PSP; ALI; SINHA, K.,A. **Fonte caracterização dos componentes de aerossol e evolução dos papéis do cálcio e amónio aerossóis na neutralização da acidez do aerossol em um local semi-urbana no sudoeste da Índia.** Instituto Indiano de Meteorologia Tropical, Pune 41 008, a Índia, 2010.

SILVA, Orlando Roque da; MEIRELES, Manuel; SANCHES, Cida. **Gestão Ambiental Portuária: O Problema da Poluição Atmosféricas no Porto de Santos.** ANPAD, 2005.