



AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM ÁREA DE INFLUÊNCIA DE USINA TERMELÉTRICA CONSIDERANDO AS DIFERENTES TECNOLOGIAS ADOTADAS NO CONTROLE DE EFLUENTES ATMOSFÉRICOS

Rita Clarice Machado Tissot – e-mail: rita.tissot@engie.com

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências

ENGIE BRASIL ENERGIA S.A. - RERS - U.O. REGIONAL DO RIO GRANDE DO SUL

Usina Termelétrica de Charqueadas

Endereço: Rua Geólogo White s/nº - Centro

CEP: 96745 - 000 - Cidade: Charqueadas – Estado: RS

Marçal José Rodrigues Pires – e-mail: mpires@pucrs.br

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Faculdade de Química

Rita de Cássia Marques Alves – e-mail: rita.cma@terra.com.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências

Renato S. Barbosa – e-mail: renato.barbosa@engie.com

ENGIE BRASIL ENERGIA S.A. - RERS - U.O. REGIONAL DO RIO GRANDE DO SUL

Usina Termelétrica de Charqueadas

Resumo: A poluição atmosférica é sem dúvida uma preocupação nos grandes centros urbanos. Os efeitos na saúde ocasionado pela alta concentração dos poluentes tem sido objeto de alerta da Organização Mundial da Saúde (OMS) que recentemente emitiu um relatório mundial sobre a qualidade do ar urbano com dados preocupantes em especial das Partículas inaláveis com diâmetros inferiores a 2,5 e 10 micrometros (PM_{2,5} e PM₁₀). A Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) também sofre desse problema e no Rio Grande do Sul grande parte do monitoramento da qualidade do ar é realizado pelos empreendedores industriais. Dentro desse contexto a Tractebel Energia, empresa que possui uma usina Termelétrica na cidade de Charqueadas, instalou duas estações de monitoramento ambiental na cidade de Charqueadas e Triunfo, ainda na década de 1980. Uma das estações (AR - Arranca Toco) encontra-se instalada a cerca de 700 m à jusante do vento predominante (SE), em relação à usina e próximo ao centro urbano de Charqueadas, enquanto que a outra estação, denominada (DE – DEPREC), instalada a cerca de 7 km à jusante do vento predominante (SE) em relação à usina termelétrica, em uma pequena vila com predominância de área verde. A terceira estação (CS - CORSAN), cujos dados foram utilizados neste estudo, localiza-se entre a usina de energia e a usina siderúrgica existente no município e é operada pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental. Ao longo das últimas décadas, foram realizados investimentos para reduzir a poluição das principais fontes emissoras localizadas em Charqueadas com vistas a obter melhorias na qualidade do ar dessa região, fortemente associada a utilização do carvão e com reflexos do uso deste no meio ambiente. Neste estudo avaliaram-se os teores de material particulado em suspensão (TSP), partículas inaláveis (PM₁₀) e dióxido de enxofre, a partir da década de 1980 até 2015, obtidos utilizando metodologias em consonância normas brasileiras (NBR) e internacionais (EPA). Os resultados obtidos foram comparados levando-se em consideração as tecnologias de controle das fontes utilizadas e o atendimento a Resolução CONAMA 03/1990. No período avaliado foram observados que fatores externos como as queimadas e a poluição natural, notadamente as emissões de um vulcão chileno, que atingiu a RMPA no ano de 2011, ambos afetaram a qualidade do ar nesses locais. Os dados obtidos indicam que há um reflexo positivo na qualidade do ar relacionado a implantação das tecnologias que reduziram as emissões de poluentes para a atmosfera. A qualidade



do ar apresenta uma tendência de estabilização nos últimos anos em patamares de concentração inferiores aos anteriormente encontrados sem, contudo, alcançar níveis de redução significativos como os aplicados na fonte emissora. O que sugere que além das fontes locais, que imprimem um perfil industrial ao município, há contribuições regionais de outras fontes da RMPA que impactam a qualidade do ar nos locais monitorados.

Palavras-chave: material particulado, PM10, Dióxido de Enxofre, termelétrica, RMPA

AIR QUALITY ASSESSMENT IN THE AREA OF INFLUENCE OF A COAL POWER PLANT CONSIDERING DIFFERENT TECHNOLOGIES ADOPTED IN CONTROL OF AIR EMISSIONS POLLUTANTS

Abstract: Air pollution is certainly a concern in large urban centers. The health effects caused by the high concentration of pollutants has been alert object WHO world health organization recently issued a global report on urban air quality with inhalable particles data with diameters less than 2.5 and 10 microns. In Rio Grande do Sul much of the air quality monitoring is conducted by industrial entrepreneurs. In this context Tractebel Energia, a company that has a thermoelectric plant in the town of Charqueadas, installed two environmental monitoring stations in the city of Charqueadas and Triunfo, even in the 80. One of the stations, Arranca Toco, is installed around 700 m downstream of the prevailing wind (E) in relation to the power plant and within the city of Charqueadas, near the center, while the other station, called DEPREC, located about 7 km downstream of the prevailing wind (E) from the power plant, in a small village with a predominance of green area. The third station, whose data were used in this study, CORSAN Station, is located between the power plant and the existing steel mill in the city and operated by the State Foundation of Environmental Protection. Over the past decades, investments were made to reduce pollution from major sources in stations and Charqueadas in order to achieve improvements in air quality in this region, strongly associated with the use of coal and reflected the use of this on the environment. This study evaluated the levels of suspended particulate matter (TSP), respirable particulate matter (PM10) and sulfur dioxide, from the 80s to 2015. To evaluate the particulate matter and SO₂ methodologies used are in accordance with the Brazilian standards NBR and international EPA. In the study period it was observed that external factors such as fires and natural pollution notably the volcanic emissions from a Chilean volcano that reached the metropolitan region of Porto Alegre in 2011 affected the air quality in these locations. The results were compared taking into account the sources of the control technology used and the accordance with federal regulations, CONAMA 03/1990. The data indicate that there is a positive impact on air quality related to deployment of technologies that have reduced emissions of pollutants into the atmosphere. Air quality has a stabilizing trend in recent years in concentration levels below those previously found, but without achieving significant reduction levels as applied to the emitting source. This suggests that in addition to local sources, imprinting an industrial profile of the municipality, there are regional contributions from other metropolitan region of Porto Alegre sources that impact air quality in monitored locations.

Keywords: particulate matter, PM10, sulfur dioxide, coal combustion, Porto Alegre Metropolitan Area

1. INTRODUÇÃO

A partir da industrialização dos grandes centros urbanos houve significativa alteração da qualidade do ar devido ao lançamento de partículas e gases para a atmosfera. Conceitualmente, a poluição atmosférica é a alteração da composição natural da atmosfera.



Vários fatores podem contribuir e caracterizar o grau de poluição de uma determinada região como a existência das fontes de emissão, a dispersão dos poluentes na troposfera e a incidência dos contaminantes nos receptores. Nem sempre as alterações são decorrentes de atividades industriais, a atmosfera é também afetada por fontes naturais como atividade vulcânica, incêndios florestais e ação dos ventos sobre a superfície da terra e dos oceanos

Dentre os poluentes encontrados em uma atmosfera densamente urbanizada e industrializada, destacamos o dióxido de enxofre (SO₂) e o material particulado, este último por caracterizar visivelmente uma região poluída como também pela sua complexidade em termos de composição, tamanho e comportamento na atmosfera. (UFRGS, 2000)

Inicialmente os estudos de material particulado focaram as Partículas Totais em Suspensão (PTS), que abrange as partículas com os mais diversos tamanhos e densidades. Logo depois as medições das frações de PM₁₀ (partículas com um diâmetro aerodinâmico inferior a 10µm) receberam maior atenção por possuírem uma velocidade de sedimentação menor e por consequência possuírem maior tempo de permanência na atmosfera que as partículas maiores, além de serem consideradas nocivas aos seres humanos pela possibilidade de serem inaladas e atingirem mais profundamente o aparelho respiratório.

As partículas totais em suspensão, são partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. na faixa de tamanho inferior a 100 micras. As principais fontes são os processos industriais, veículos motorizados, poeira de solo resuspensa, queima de biomassa além das fontes naturais como pólen, aerossol, marinho e solo. As partículas inaláveis que compõem o PM₁₀ são partículas menores que 10 micras e são formadas principalmente por partículas provenientes dos processos de combustão da indústria e dos veículos automotores e aerossóis secundários formados na atmosfera. (CETESB, 2009)

O SO₂ é um gás incolor, bastante solúvel na água presente na atmosfera, e um dos gases responsável pela chuva ácida. Através da deposição úmida ou seca, o sulfato oriundo do SO₂ é removido da atmosfera. Os problemas e saúde associados ao dióxido de enxofre e/ou aerossóis contendo sulfatos, em altas concentrações, causam dificuldades respiratórias temporárias ou em caso de exposições mais prolongadas causam doenças respiratórias e agravam doenças cardíacas. O SO₂ também está relacionado a redução da visibilidade na atmosfera quando reage com outros compostos químicos presentes no ar para formar aerossóis de sulfato, os quais constituem as partículas finas. A queima de combustíveis fósseis, principalmente pelos setores industrial, de geração de energia (termoelétrica) e de transporte são as principais fontes antropogênicas. Entre as fontes naturais se destacam os vulcões e os aerossóis marinhos (FEPAM, 2014).

O presente estudo tem como objetivo avaliar a qualidade do ar na cidade de Charqueadas, localizada na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), contemplando o período de 1987 a 2015, no qual ocorreram alterações no parque industrial da região. O estudo foi realizado a partir do monitoramento de rotina das estações monitoradas pela Tractebel Energia e da FEPAM e foi efetuada uma análise comparativa das concentrações observadas com a finalidade de verificar se os resultados do monitoramento refletem as alterações realizadas na adoção de controles de poluentes atmosféricos mais eficientes, bem como a situação de atendimento da qualidade do ar prevista na legislação quanto as Partículas Totais em Suspensão (TSP), PM₁₀ e SO₂.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

A área de estudo situa-se na Região Metropolitana de Porto Alegre, que é a área de maior densidade populacional e industrial do Estado do Rio Grande do Sul, razão pela qual é mais afetada pela concentração de poluentes atmosféricos.

Dentro dessa área, na cidade de Charqueadas, distante 50 Km de Porto Alegre, situa-se a Usina Termelétrica de Charqueadas (UTCH), movida a carvão mineral e em operação comercial desde o ano de 1962.

A economia do município é predominantemente industrial, além da termelétrica (TRACTEBEL ENERGIA) e siderúrgica (GERDAU) que impulsionaram o crescimento industrial de Charqueadas, outras empresas fazem parte da cidade como COPELMI que possui um entreposto de armazenamento e manuseio de carvão, GKN – fabricante de juntas homocinéticas, METASA, fabricação e montagem no ramo de estruturas metálicas, BELLAGRES, indústria cerâmica e outras indústrias de menor porte. A figura 1 apresenta o município de Charqueadas e sua localização dentro da região metropolitana de Porto Alegre e a figura 2 apresenta a localização dos principais processos produtivos e estações de monitoramento ambiental do município de Charqueadas e Triunfo, cidade localizada no lado oposto do Rio Jacuí.

O município de Charqueadas possui uma área territorial de 216,51 km², e uma população de cerca de 36.000 habitantes (IBGE, 2013). Situa-se na configuração topográfica da Depressão Central do estado do Rio Grande do Sul. Limita-se ao Norte com o município de Triunfo e o Rio Jacuí, ao Sul com o município de Arroio dos Ratos, a Leste com o município de Eldorado do Sul e a Oeste com o município de São Jerônimo, apresentando uma altitude média de 20 metros ao nível do mar.

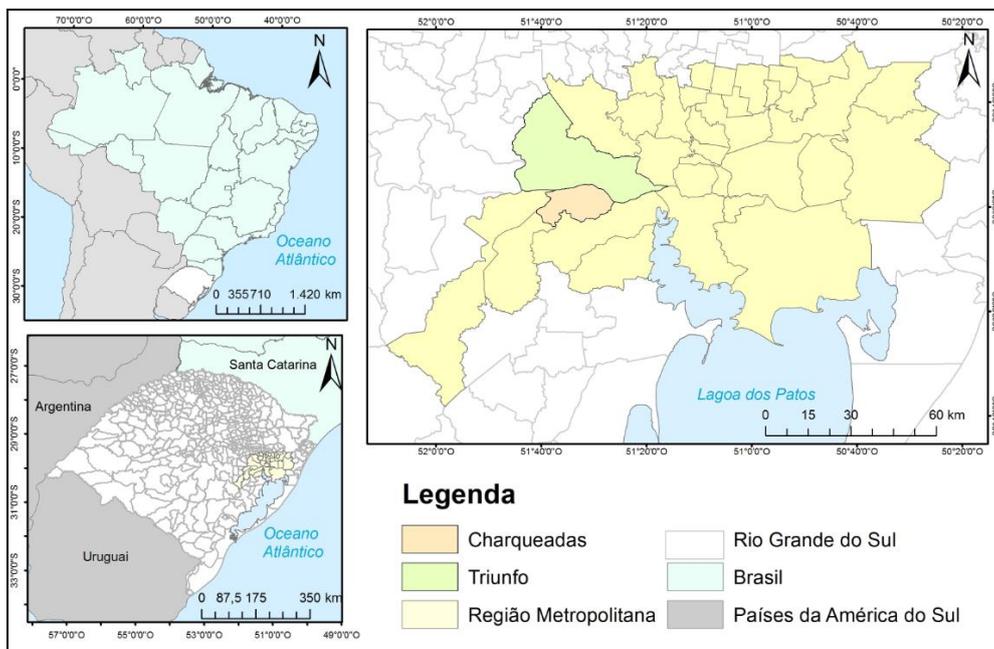


Figura 1- Mapa do Rio Grande do Sul da Região Metropolitana de Porto Alegre e Município de Charqueadas.

2.2. Metodologia

As amostras de Material Particulado em Suspensão das Estações operadas pela Tractebel Energia, Arranca Toco (AT) e DEPREC (DE), foram coletadas conforme os procedimentos na norma ABNT –NBR N° 9547/1998, através de amostrador de ar de grandes volumes denominados Hi-vol, fabricado pela Sierra Andersen, o aparelho dotado de filtro de fibra de vidro aspira um certo volume de ar durante 24 horas. As partículas presentes nesse volume de ar ficam retidas no filtro. Os filtros foram pesados antes e depois da amostragem em condições controladas de temperatura e umidade. A

concentração das partículas totais em suspensão na atmosfera foi obtida dividindo-se o peso das partículas pelo volume de ar filtrado medido durante a amostragem. O resultado é expresso em $\mu\text{g}/\text{m}^3$,

As amostras de Partículas inaláveis (PM 10) da Estação Arranca Toco operada pela Tractebel foram obtidas através do equipamento BAM-1020 que utiliza o princípio de atenuação de raios Beta para fornecer uma determinação simples de concentração de massa. Um pequeno elemento de ^{14}C emite uma quantidade constante de elétrons de alta energia, também conhecida como partículas beta

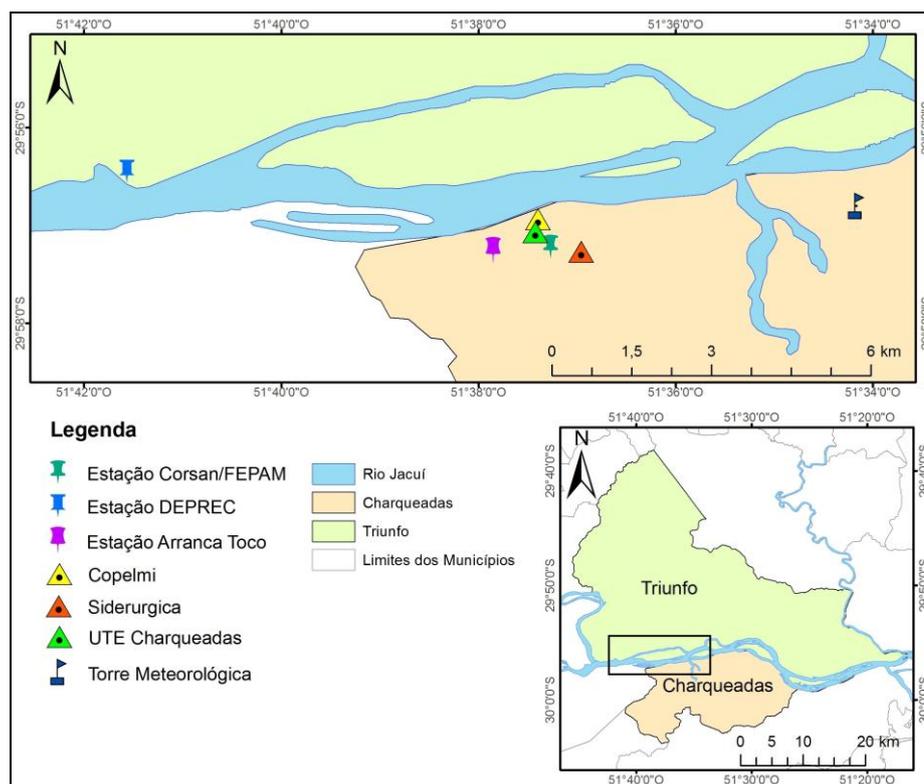


Figura 2 - Mapa da Região onde está instalada a Usina Termelétrica com indicação das fontes poluidoras e Estações de Monitoramento Ambiental.

Estas partículas são detectadas por um contador de cintilações colocado próximo a essa fonte. Uma bomba externa succiona uma quantidade predeterminada de ar da atmosfera através de uma fita/filtro. Esta fita, impregnada com a poeira do ambiente, é colocada entre a fonte e o detector, causando atenuação do sinal de medição das partículas beta. O grau de atenuação do sinal de partículas beta é utilizado para medir a concentração de material particulado na fita, onde a concentração volumétrica de material particulado no ar ambiente e expressa em $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Os dados da concentração de SO_2 da Estação Arranca Toco, operada pela Tractebel Energia foram obtidos através do monitoramento contínuo realizado pelo equipamento APSA-370CE da marca HORIBA, que usa o método de análise de fluorescência em ultravioleta para medir SO_2 , de acordo com o método EPA 40 CFR Part 50 APP A-1. Este método permite monitoramento contínuo e análise instantânea do gás em seu estado inalterado. O analisador é equipado com um dispositivo de redução de hidrocarbonetos que utiliza uma membrana permeável e substituível para eliminação da interferência de hidrocarbonetos no gás de amostra

Os dados de PM 10 e SO_2 da Estação da CORSAN (CR) operada pela FEPAM foram obtidos junto a essa Fundação e correspondem ao período de 2010 a 2012.

3. Resultados

O material particulado em suspensão monitorado na Estação Arranca Toco, mostra no decorrer do tempo um declínio na média das concentrações anuais, bem como no número de violações do padrão secundário de qualidade do ar na estação mais próxima da usina refletindo uma melhoria na qualidade do ar após as mudanças tecnológicas implantadas nas principais fontes emissoras da região, conforme ilustra a figura 3.

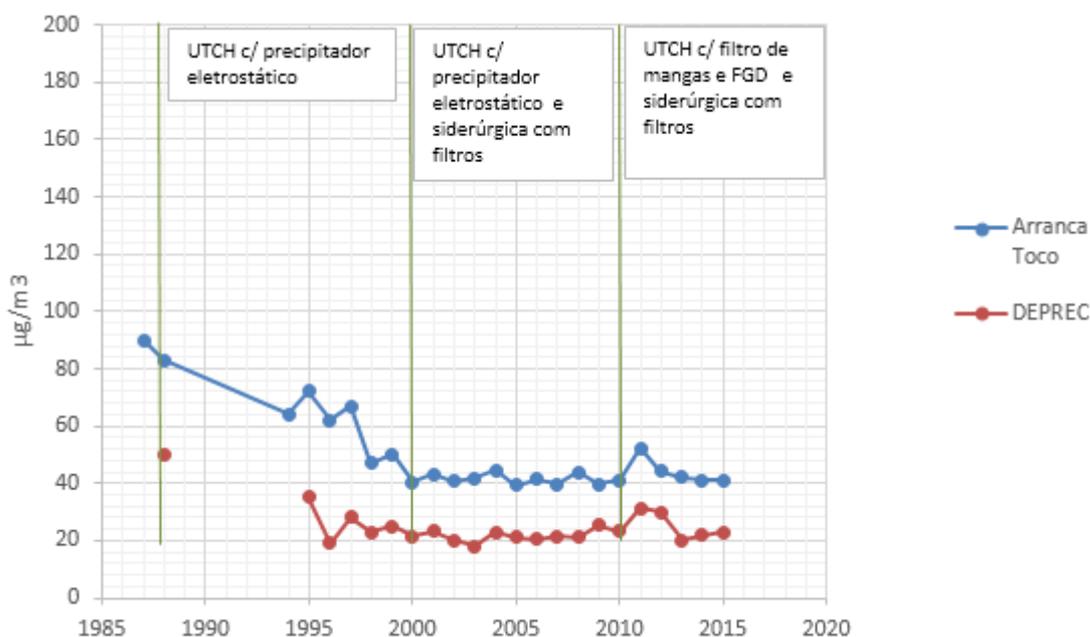


Figura 3 - Concentrações médias anuais de TSP nas estações Arranca Toco (1987-1988 e 1994 – 2015) em Charqueadas e DEPREC (1987-1988 e 1994 – 2015). Estão indicados na figura a entrada em funcionamento de sistemas de controle da poluição atmosférica da UTCH e siderúrgica.

Em alguns anos como no ano de 2010 e 2011 a média anual de TSP voltou a subir mesmo após a implantação das novas tecnologias. Outros fatores contribuíram para isso como as cinzas provenientes da erupção do vulcão chileno Puyehue Córdon Caulle cujas cinzas finas atingiram Porto Alegre nos meses de junho e outubro de 2011 e em 2010 as emissões das queimadas florestais que chegaram à região em agosto de 2010. (Cardoso et al.2013)

Também, se observarmos os máximos anuais verificamos que até a década de 90 houve violações do padrão primário de qualidade do ar estabelecido na Resolução CONAMA 03/90 nas duas estações.

A partir de 2000 há um decréscimo nos valores máximos bem como a frequência com que eles ocorrem. Na maioria das medições o padrão secundário de qualidade do ar é atendido exceto nos anos de 2003, 2009 e 2010. Nos anos de 2003 e 2010 os picos ocorrem no mês de agosto, no inverno, estação reconhecidamente desfavorável a dispersão de poluentes e um mês em que há um maior número de queimadas. A média do número de focos queimadas nos últimos 8 anos no estado do RS no mês de agosto foi de 483, seguido de 283 focos no mês de setembro. (INPE, 2014). No ano de 2003 o pico de poluição encontrado é no mês de abril e não há uma relação específica com fatores externos a região. Nesse mesmo ano ocorreram episódios de alta concentração de PM 10 em todo estado, pois praticamente todas as estações de monitoramento da qualidade do ar da FEPAM registraram aumento nas concentrações médias de PI10 no mês de agosto. (FEPAM, 2014)

Cabe ressaltar que até 2000 a siderúrgica não dispunha de nenhum sistema de abatimento de partículas lançadas na atmosfera, a previsão de entrada em funcionamento de um sistema de abatimento era março de 2000. (Vassiliou, 2000)

A estação DEPREC, mais distante das fontes emissoras acompanha a tendência dos valores encontrados na Estação Arranca Toco, no entanto as concentrações de Material Particulado medido nessa estação mostra uma redução a partir da estação de maior concentração (Arranca Toco), observa-se que a instalação dos precipitadores eletrostáticos na termelétrica foi suficiente para que o padrão secundário fosse atendido nessa localidade.

A figura 4 ilustra os máximos encontrados em cada uma das estações comparados com os padrões primários ($240\mu\text{g}/\text{m}^3$) e secundários ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$) de qualidade do ar definidos na resolução CONAMA 03/90.

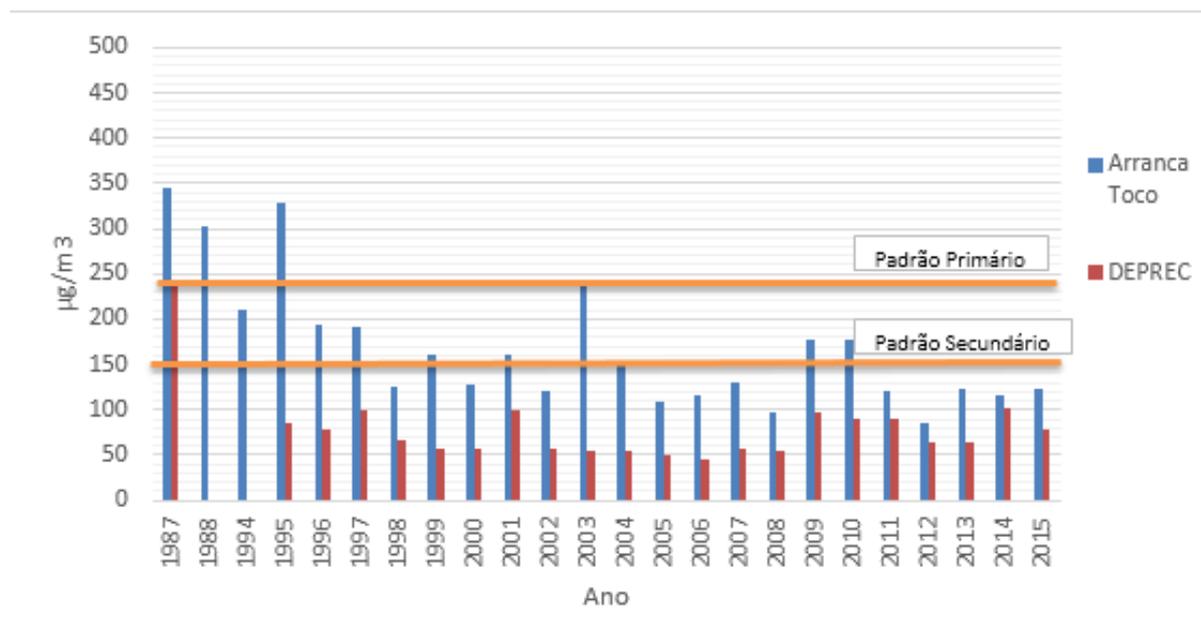


Figura 4- Concentrações Máximas Anuais de Partículas Totais em Suspensão (TSP) nas Estações Arranca Toco e DEPREC

A tabela 1 apresenta um resumo dos resultados encontrados na avaliação das concentrações de material particulado realizada na estação Arranca Toco em Charqueadas. A tabela 2 mostra os resultados de material particulado na estação DEPREC.

Tabela 1- Concentração de Partículas Totais em Suspensão na estação Arranca Toco – Charqueadas.

Ano	n	Média Anual	Mín	Máx	nº de violações*	Tipo de Controle
1987**		90		344	5	Filtros Ciclones
1988***		83 ±		303	4	
1994	32	64 ± 44	19	210	3	
1995	42	72 ± 53	21	329	4	
1996	52	62 ± 39	10	193	2	
1997	73	67 ± 40	2	191	5	Precipitadores Eletrostáticos
1998	70	47 ± 26	16	126	0	
1999	65	50 ± 28	6	160	1	
2000	74	41 ± 23	7	127	0	
2001	77	43 ± 28	9	161	1	



2002	76	40 ± 22	10	120	0	
2003	81	42 ± 32	13	238	1	
2004	82	45 ± 28	11	149	0	
2005	71	39 ± 24	6	108	0	
2006	66	41 ± 21	13	115	0	
2007	86	40 ± 23	8	129	0	
2008	86	44 ± 21	3	98	0	
2009	39	40 ± 33	9	177	1	Filtros Manga
2010	24	41 ± 39	14	177	1	Filtros Manga + Lavador de Gases (FGD)
2011	61	52 ± 25	9	120	0	
2012	80	43 ± 22	14	147	0	
2013	93	42 ± 25	3	124	0	
2014	96	41 ± 21	10	117	0	
2015	88	41 ± 18	8	123	0	

(*) número de violações padrão secundário Resolução CONAMA N° 03/1990

(**) Dados disponíveis médias mensais e máximos mensais (maio – dez)

(***) Dados disponíveis médias mensais e máximos mensais.

Tabela 2- Concentração de Partículas Totais em Suspensão na estação DEPREC – Triunfo

Ano	n	Média Anual	Mín	Máx	n° de violações*	Tipo de Controle
1988		50	13	240	1	Filtros Ciclones
1995	34	35 ± 20	3	86	0	
1996	21	19 ± 19	1	79	0	
1997	31	28 ± 23	5	99	0	
1998	33	23 ± 13	5	66	0	
1999	35	25 ± 11	5	57	0	
2000	32	22 ± 11	5	57	0	
2001	39	23 ± 18	7	100	0	Precipitadores Eletrostáticos
2002	39	20 ± 12	6	58	0	
2003	45	18 ± 11	2	54	0	
2004	44	23 ± 9	11	54	0	
2005	41	21 ± 10	5	50	0	
2006	45	20 ± 11	5	46	0	
2007	47	22 ± 12	6	58	0	
2008	51	21 ± 12	5	54	0	
2009	42	25 ± 17	7	97	0	Filtros Manga
2010	41	23 ± 16	9	91	0	
2011	43	31 ± 17	6	89	0	Filtros Manga + Lavador de Gases (FGD)
2012	47	26 ± 14	4	65	0	
2013	48	20 ± 13	7	64	0	



2014	49	22 ± 20	8	101	0	
2015	44	23 ± 13	6	79	0	

(*) número de violações padrão secundário Resolução CONAMA Nº 03/1990.

(**) Dados disponíveis médias mensais e máximos mensais (out – dez).

A comparação da melhoria na qualidade do ar para PM10 foi realizada a partir de 2010, onde foram utilizados os dados da Estação CORSAN, operada pela FEPAM e os dados da Estação Arranca Toco operada pela Tractebel Energia. Num primeiro momento foram comparados os dados amostrais com base nas datas em que a FEPAM fez a amostragem desse poluente no período de 2010 a 2012.

Nessa comparação a alteração tecnológica considerada refere-se à adição do lavador de gases FGD na usina termelétrica, já equipada com filtros de mangas, equipamento com maior eficiência na redução de material particulado do que os precipitadores, anteriormente utilizados. Observa-se que os dados seguem a mesma tendência, mas as concentrações de PM10 na estação CORSAN/FEPAM apresentam valores mais elevados que a estação Arranca Toco.

Para o tratamento estatístico dos dados experimentais de concentrações de partículas inaláveis e dióxido de enxofre das Estações Arranca Toco e CORSAN/ FEPAM foram utilizadas as seguintes técnicas: determinação da estatística descritiva, obtenção de gráficos do tipo Blox - Plot. Na estatística descritiva foram calculados os seguintes parâmetros: cálculo de médias, desvio padrão, valores mínimos, valores máximos, coeficiente de variação e curtose.

No tratamento dos dados de concentração de PM10 e SO₂ no ar, a identificação de outliers foi realizada com o auxílio de diagramas de Blox- Plot. O diagrama Blox Plot é um diagrama esquemático, representativo dos dados estatísticos obtidos e indicar os valores anômalos (outliers) quando houver.

A seguir são apresentados os tratamentos dos dados experimentais de concentração de PM10 e SO₂ para o período estudado.

Tabela 3- Estatística Descritiva para Partículas Inaláveis de 2010 a 2012

Estatísticas	PM 10					
	2010		2011		2012	
	CORSAN	AT	CORSAN	AT	CORSAN	AT
Número de Amostragens	49	45	47	48	34	33
Média Aritmética (µg/m ³)	95	41	65	37	59	32
Mediana (µg/m ³)	82	34	57	30	55	32
Desvio Padrão (µg/m ³)	67,5	32,1	49,0	33,9	28,97	13,2
Mínimo (µg/m ³)	13	10	17	6	18	14
Máximo (µg/m ³)	251	190	319	241	150	71
Coefficiente de Variação	0,71	0,79	0,75	0,93	0,49	0,41
Variância	4.555,0	1.033,2	2.400,0	1.149,1	839,36	174,23
Curtose	2,64	11,91	16,46	28,88	5,03	3,51

Para o PM 10 observa-se na tabela 3 que o limite anual de concentração estabelecido na Resolução CONAMA 003/90 de 50 µg/m³ foi ultrapassado em ambas estações nos anos de 2010 e 2011 e ultrapassado na Estação CORSAN também no ano de 2012. A maior média anual foi no ano de 2010 na estação CORSAN e a menor média anual foi no ano de 2012 na estação Arranca Toco.

Para o dióxido de enxofre, de acordo com a resolução CONAMA 03/90, não houve



ultrapassagem do padrão primário de qualidade do ar ($365 \mu\text{g}/\text{m}^3$) em nenhuma das estações monitoradas, mas o padrão secundário de qualidade do ar ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) foi ultrapassado nos anos de 2010 e 2011 na estação CORSAN e não foi ultrapassado em nenhuma das amostragens realizadas na Estação Arranca Toco nos anos estudados. A média anual atende a legislação tanto para padrão primário ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) como para o padrão secundário ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nas duas estações monitoradas.

Tabela 4- Estatística Descritiva para Dióxido de Enxofre de 2010 a 2012

Estatísticas	2010		SO ₂ 2011		2012	
	CORSAN	AT	CORSAN	AT	CORSAN	AT
Número de Amostragens	50	48	49	49	33	36
Média Aritmética ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	28	11	38	14	11	14
Mediana ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	18	10	13	14	5	12
Desvio Padrão ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	29,56	4,78	47,79	4,78	11,59	5,02
Mínimo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4	7	4	9	4	10
Máximo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	121	23	177	41	55	32
Coefficiente de Variação	1,06	0,42	1,25	0,34	1,08	0,35
Variância	873,71	22,81	2.284,05	22,86	134,22	25,2
Curtose	5,28	3,58	3,80	21,86	9,04	7,2

As figuras 4 e 5 apresentam os diagramas de box plot para a concentração de PM 10 e SO₂. Podemos verificar nas figuras a presença de *outliers* em todos os anos estudados para os dois parâmetros.

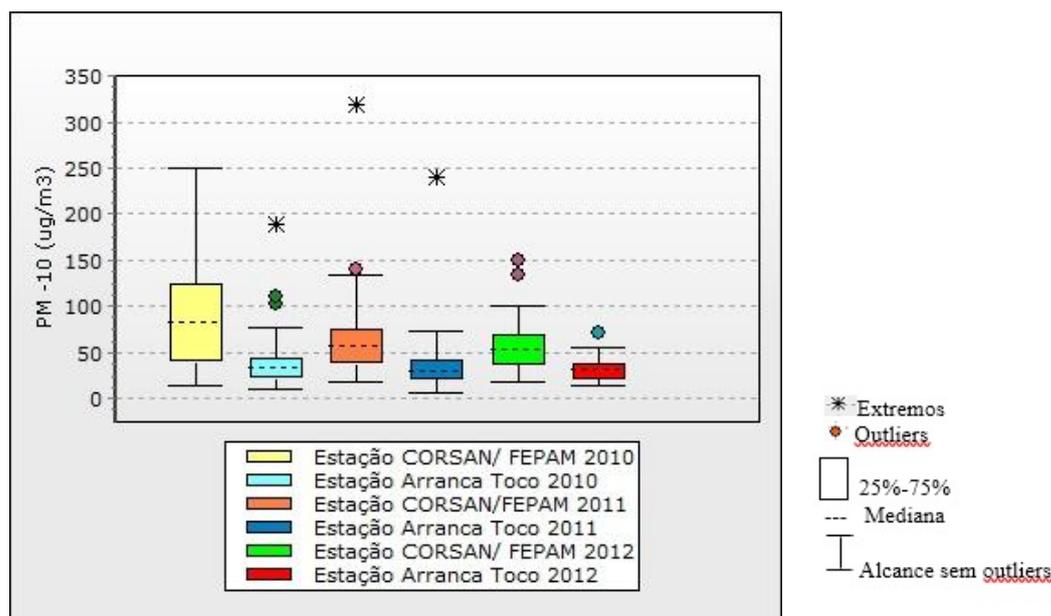


Figura 4 – Diagrama Blox plot dos dados de PM 10 de 2010 a 2012.

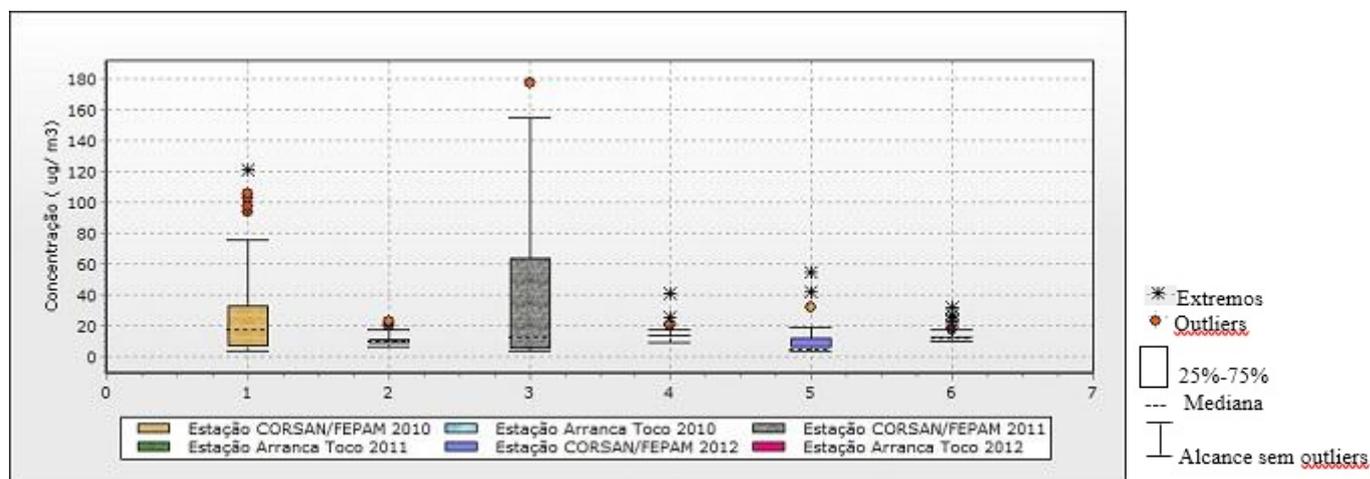


Figura 5 – Diagrama Blox plot dos dados de SO₂ de 2010 a 2012.

Os dados do diagrama Blox plot dos dados de PM 10 e SO₂ foram construídos a partir da utilização da mediana como ponto central, para melhor visualização e evidência da existência ou não da simetria dos dados. Neste diagrama os pontos externos são os *outliers*.

Na análise desses resultados alguns fatores devem ser levados em consideração, primeiramente os diferentes métodos de medição utilizados, a estação Arranca Toco possui medições automáticas, que se caracterizam pela capacidade de processar na forma de médias horárias no próprio local e em tempo real, as amostragens realizadas a intervalos de cinco segundos, esses resultados passam por um processo de validação e compõe a média diária do poluente analisado. Já a metodologia adotada na estação CORSAN/FEPAM é manual. Os dados disponibilizados foram resultados de amostragem realizada durante 24 h a cada 6 dias. Embora todo o trabalho experimental esteja sujeito a variações, a automatização minimiza as variações decorrentes de procedimentos analíticos e interferência de erros sejam eles sistemáticos ou aleatórios.

Outro ponto relevante para as diferenças encontradas está relacionado a localização das estações. Ambas estão na área de influência das principais fontes poluidoras, no entanto se levarmos em conta que a predominância dos ventos na região é sudeste (direção preferencial) (UFRGS, 2000). A estação Arranca Toco está situada em local que capta poluentes de ambas fontes de emissão, deveria registrar os valores mais elevados do que a estação CORSAN. Essa diferença pode estar relacionada ao fato de que a principal contribuição para o PM 10 da estação CORSAN não seja a termelétrica. A seguir são apresentadas as fig. 4 e 5 com as medidas das concentrações em ambas estações.

Outra comparação (não apresentada) foi realizada entre feita entre os resultados de PTS da estação Arranca Toco e PM10 da estação CORSAN, os resultados de mostram que os valores de PTS são menores que os PM10 indicando provavelmente influências diferentes das fontes emissores nas duas estações avaliadas.

Merece atenção e necessita de estudo aprofundado os resultados de SO₂ obtidos na estação CORSAN/FEPAM com valores acima do padrão secundário mesmo após a entrada em operação do lavador de gases (FGD) na termelétrica, equipamento cuja principal função é a lavagem do poluente SO₂, que no caso da termelétrica reduziu em aproximadamente 10x a emissão desse poluente. O limite



do poluente SO₂, determinado na resolução CONAMA 03/1990 para o padrão primário (média diária) é 365 µg/m³ e para o padrão secundário (média diária) é 100 µg/m³.

A estação Arranca Toco apresenta resultados que indicam a queda da concentração desse poluente após a implantação do Lavador de gases. Os períodos de elevação e redução do SO₂ na estação Arranca Toco está de acordo com comportamento previsto no diagnóstico de qualidade do ar do estado do Rio Grande do Sul relativo ao período de 2003 a 2012 emitido pela FEPAM, onde foi realizada uma análise do comportamento desse poluente considerando todas as estações fixas de monitoramento em operação no estado do RS.

Segundo o diagnóstico, foi possível observar através do monitoramento ambiental realizado no estado do Rio Grande do Sul que a mínima concentração média ocorre nos meses de verão (janeiro, fevereiro e março) e possui elevação gradual nos meses de inverno, no entanto as concentrações encontram-se elevadas ainda no mês de outubro, quando seria esperada uma redução das concentrações devido aos fatores meteorológicos típicos dessa estação. Também não é provável que haja aumento das emissões antropogênicas nesse período. (FEPAM, 2014)

No gráfico da figura 6 é possível visualizar as concentrações dos dados obtidos nas Estações Arranca Toco e CORSAN, onde fica evidenciada a tendência de elevação ou redução do PM 10, no entanto é possível observar que os valores encontrados na Estação CORSAN são sempre maiores do que os obtidos na Estação Arranca Toco e que a Estação Arranca Toco foi positivamente impactada pela instalação dos lavadores demonstrando um decréscimo ainda maior do PM 10 após a instalação do FGD.

No gráfico da figura 7 a mesma comparação é realizada para o poluente SO₂, onde é possível observar que os dados obtidos nas duas estações tem perfis diferentes, chama a atenção os elevados valores na Estação CORSAN logo após a entrada em operação do lavador de gases (FGD). A partir de junho de 2011 em poucas amostragens os resultados da Estação CORSAN foram maiores do que da Estação Arranca Toco.

Na figura 8 o gráfico mostra a sobreposição dos poluentes SO₂ e PM 10 na mesma estação, os resultados mostram que há um comportamento diferente entre os dois parâmetros amostrados nessa estação.

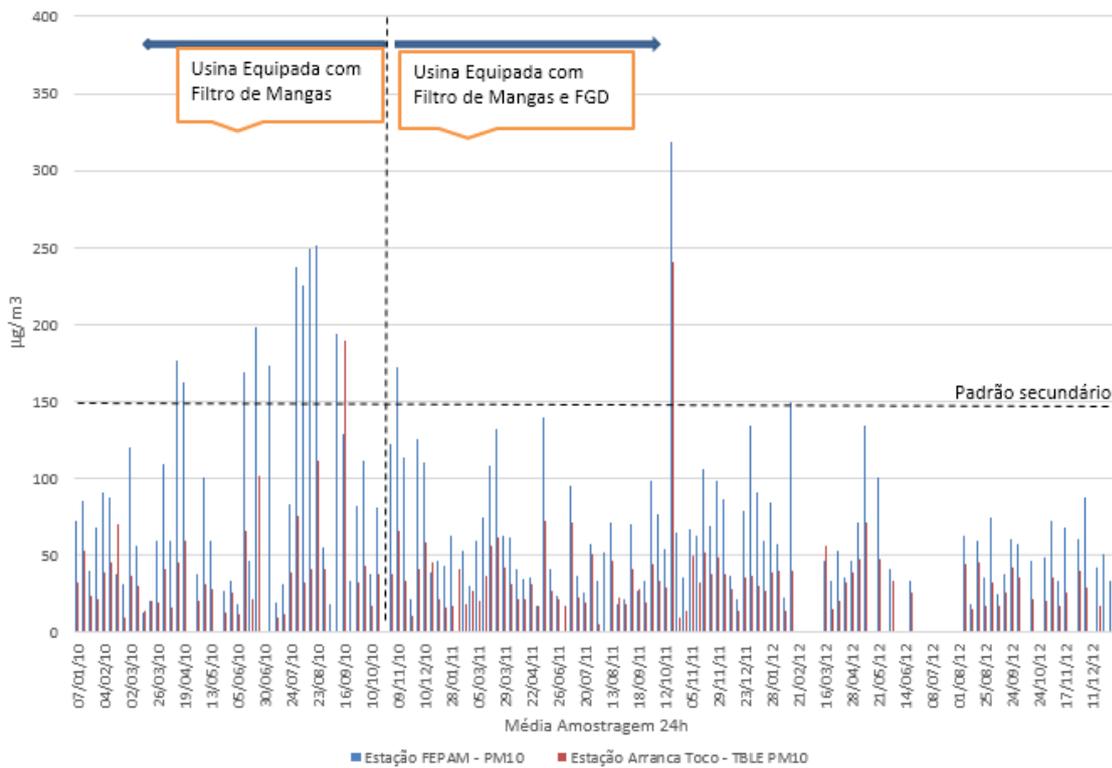


Figura 6 - Concentrações diárias de PM10 nas estações Arranca Toco e CORSAN – FEPAM (2010-2012) em Charqueadas. Estão indicados na figura a entrada em funcionamento de sistemas de controle da poluição atmosférica da UTCH.

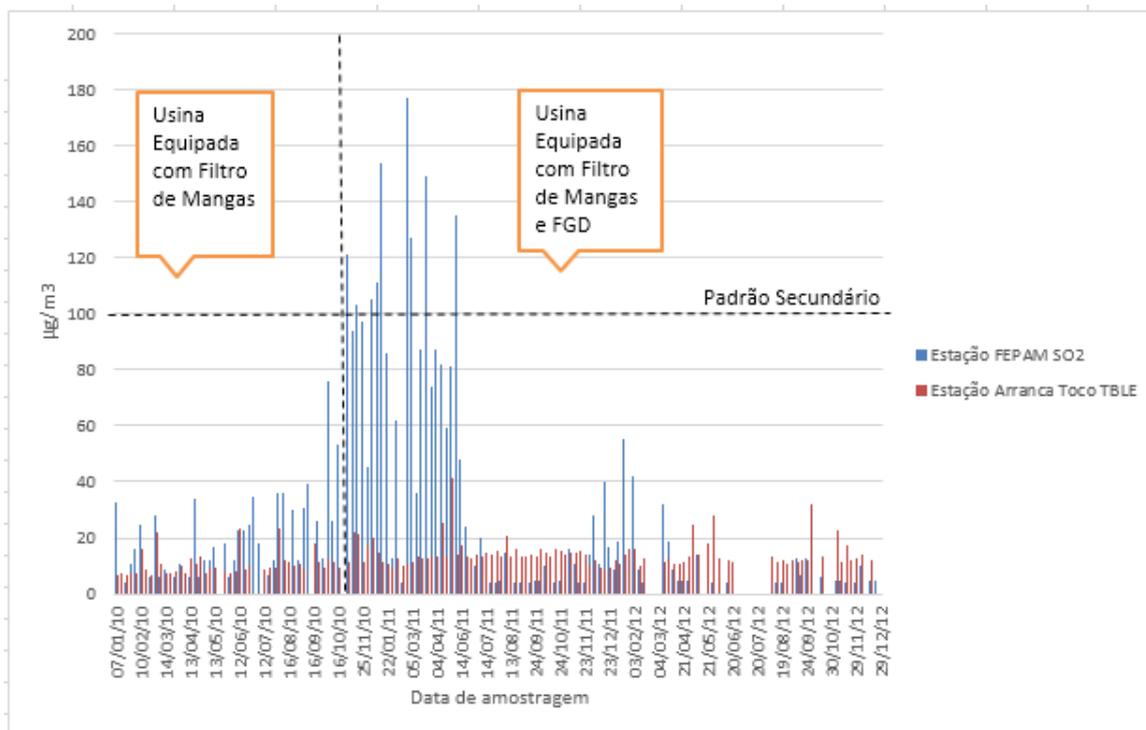


Figura 7 - Concentrações diárias de SO₂ nas estações Arranca Toco e CORSAN/ FEPAM (2010-2012) em Charqueadas. Estão indicados na figura a entrada em funcionamento de sistemas de controle da poluição atmosférica da UTCH.

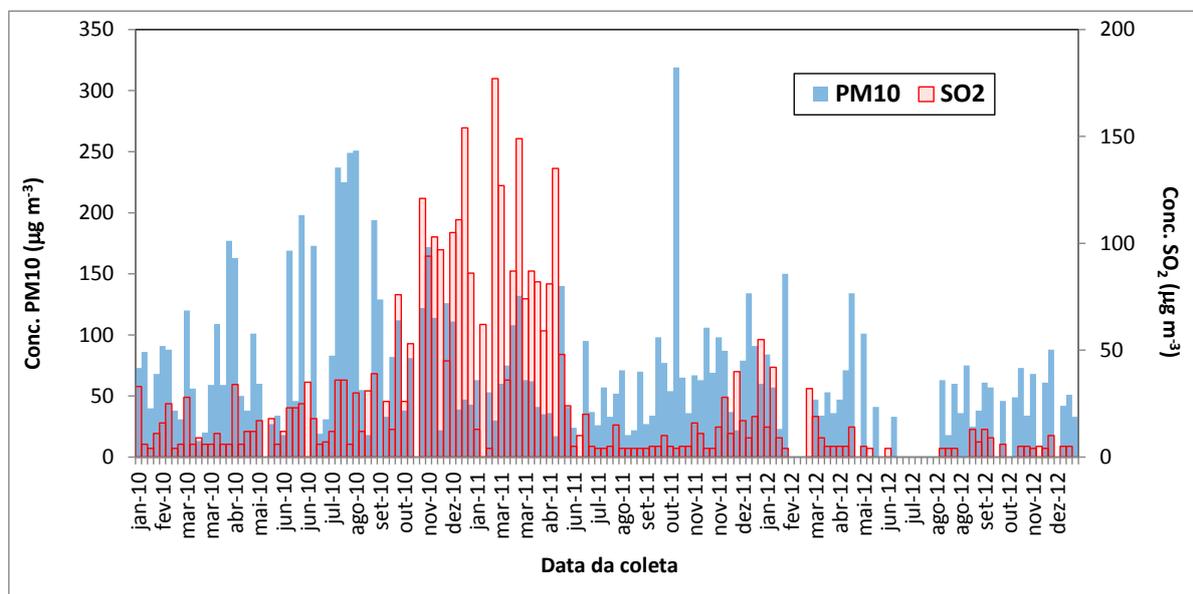


Figura 8 – Concentração diárias de material particulado inalável (PM10) e dióxido de enxofre (SO₂) coletadas na Estação de Monitoramento CORSAN em Charqueadas (FEPAM).

Considerações finais

O estudo apresentado indica que com a adoção de tecnologias modernas de tratamento dos efluentes atmosféricos houve melhoria na qualidade do ar na região. Uma região que há duas décadas não atendia o padrão primário de qualidade do ar atende hoje o padrão secundário e mostra uma tendência de redução e estabilização em patamares que não causam efeitos adversos a saúde humana conforme a resolução CONAMA 03/90.

Os últimos investimentos realizados na implantação dos controles permitiram uma redução de poluentes na termelétrica da ordem de 10 vezes na emissão de dióxido de enxofre e em torno de 4 vezes na emissão de material particulado. No entanto a redução de poluentes na fonte de emissão não se refletiu na mesma proporção na qualidade do ar, indicando que outras fontes contribuem de forma significativa para a qualidade do ar encontrado na região.

O monitoramento da qualidade do ar com atendimento a critérios técnicos, realizado periódica e continuamente será capaz de avaliar as diferentes condições e interferências nos resultados, uma vez que a medição é afetada tanto por situações relacionadas com alterações no entorno da estação como também pela interação de poluentes e ainda pela própria dispersão destes no ambiente.

Para que os resultados sejam representativos, as variações climáticas têm que estar inseridas na avaliação bem como o conhecimento qualitativo e quantitativo das emissões da região metropolitana. Somente com a integração desses elementos o monitoramento ambiental poderá se tornar um instrumento auxiliar na gestão da qualidade do ar pelos órgãos responsáveis.



Agradecimentos

Agradecemos a Tractebel Energia pela disponibilização dos dados de qualidade do ar obtidos nas estações mantidas e operadas pela empresa e Fundação Estadual de Proteção Ambiental do estado do Rio Grande do Sul pela disponibilização dos dados da estação CORSAN operada pela FEPAM.

4. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9547: Material particulado em suspensão no ar ambiente- Determinação da concentração total pelo método amostrador de grande volume. Rio de Janeiro, 1998.

CARDOSO, N.C.; SILVA, I.M.C.O.; CARVALHO, C.T.; SOARES, N.B.; RODRIGUES, M.L.K.; Avaliação do Teor de Material Particulado Atmosférico inalável (MP₁₀) na Região Metropolitana de Porto Alegre no Período 2010 – 2012: IX Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, Porto Alegre, 2014.

CARDOSO, N.C.; SILVA, I.M.C.O.; CARVALHO, C.T.; SOARES, N.B.; RODRIGUES, M.L.K.; Comparação da Qualidade do ar em Dois Municípios da Região Metropolitana de Porto Alegre Afetado por Diferentes Contribuições Antropogênicas. FEPAM em Revista, Porto Alegre, V.7 n.1e n.2, jan. /dez.2013.

CETESB (São Paulo) Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 2009. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/publicacoes.asp>. Acesso em abril 2016.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 3 de 28 de junho de 1990. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 22 de agosto de 1990.

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler. Diagnóstico da Qualidade do Ar no Rio Grande do Sul no período de 2003 a 2012. – Porto Alegre: FEPAM, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. Disponível em <http://cidades.ibge.gov.br>. Acesso: jan/2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **INPE**. Disponível em: <http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/queimamensaltotal1.html?id=ma#> Acesso em janeiro 2016.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Reference Measurement Principle and Calibration Procedure for the Measurement of Sulfur Dioxide in the Atmosphere (Ultraviolet Fluorescence Method) EPA 40 CFR Part 50 APP A-1. Disponível: <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/part-50/appendix-A> Acesso: abril 2016.

VASSILIOU, Miguel; DICK, Tuiskon. **Carvão e Meio ambiente**. Centro de Ecologia UFRGS, 2000. p 469-479.