

IMPACTOS AMBIENTAIS NA REGIÃO DE CANDIOTA, RS

Daniel Rótulo

*Candidato a Doutor em Administração pela EBAPE/FGV- Escola Brasileira de
Administração Pública e de Empresas da Fundação Getúlio Vargas*

Daniela Montanari Migliavacca

Mestre em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO
2. ÁREA DE ESTUDO
3. METODOLOGIA
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS
5. CONCLUSÕES

RESUMO

O presente trabalho visa sistematizar os trabalhos e monitoramentos realizados para avaliar os impactos da poluição atmosférica, hídrica e de solos gerados pelas atividades de mineração e utilização de carvão na região de Candiota, tanto no Brasil quanto no Uruguai. No Brasil, os estudos realizados nos cursos d'água mostraram comprometimento da qualidade das águas, principalmente, os arroios de pequeno porte, que drenam efluentes da mineração, como o arroio Poacá, ultrapassando os padrões da Legislação Brasileira, evidenciando pH ácido e concentrações elevadas de Fe e SO_4^{2-} nos locais estudados. Já no arroio de maior porte, Candiota, os monitoramentos realizados mostraram pequenas variações, provavelmente em resposta à diluição e/ou sedimentação das cargas poluidoras. Nos sedimentos, os resultados foram heterogêneos, sendo atribuídos às diferentes metodologias aplicadas. Em relação a qualidade do ar, os dados existentes de PTS e SO_2 indicaram que a região atende aos padrões da Legislação Brasileira tanto para curtos e longos períodos.

Os trabalhos realizados no Uruguai visando identificar impactos da poluição transfronteiriça nas matrizes ambientais, solo, água e ar, foram evidenciados a partir de dois contextos: ao nível de stakeholders da sociedade civil foram identificados impactos de chuva ácida; e ao nível oficial os monitoramentos implementados não mostraram impactos ambientais na região do Uruguai, fronteira com Brasil, próximo a Usina Termoeletrica Presidente Médici (UTPM).

PALAVRAS-CHAVE

Gestão Ambiental, Impactos do Carvão, Poluição Ambiental, Poluição Transfronteiriça.

1. INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais provenientes das atividades do processamento de carvão mineral no Sul do Brasil, especificamente na região de Candiota, a 40 quilômetros da fronteira com o Uruguai, tem sido avaliados e estudados desde a década de 80. Onde encontra-se a maior reserva carbonífera brasileira (Jazida Grande Candiota), representando cerca de 38% das reservas totais de carvão do Brasil. Sendo assim, vários trabalhos científicos foram desenvolvidos nas matrizes ambientais água, ar e solo. Sabe-se que as atividades carboníferas, como todo procedimento industrial, se não forem convenientemente planejadas com a adoção adequada de processos de controle ambiental podem gerar uma série de danos ao meio ambiente, às vezes, de caráter irreversível. Com a crise energética brasileira, agravada em 2001, a utilização do carvão mineral na produção de energia elétrica ganhou mais incentivo dentro da matriz energética nacional. De acordo com o plano energético, proposto pelo governo federal, de ampliação do pólo termoeletrico de Candiota, com a implantação de mais duas termoeletricas, Candiota III (em parceria com a iniciativa privada) e Seival (empresas Copelmi e Steag), totalizando aproximadamente 1300MW de potência na região. Este incremento de energia será, inevitavelmente, acompanhado de um aumento da carga de poluentes nesta área. Desta forma, a importância de um monitoramento e estudo desta região se faz necessário, e mais relevante ainda um levantamento dos estudos já realizados para que possa ser identificado o impacto ambiental do uso do carvão. Sánchez, J. & Formoso (1990) já realizam uma sistematização exploratória de alguns trabalhos científicos mais relevantes realizados somente no Brasil na década de 80 visando identificar os impactos ambientais da região. Os objetivos deste trabalho são: a) realizar uma sistematização exploratória dos estudos mais relevantes que têm se referido aos impactos ambientais produzidos pelas atividades industriais, exploração e queima de carvão, na região de Candiota; b) analisar os resultados destes trabalhos em relação aos impactos ambientais produzidos.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo situa-se no sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, distante a aproximadamente 380 km de Porto Alegre. Ela abrange os municípios de Candiota, Bagé, Pinheiro Machado, Pedras Altas, Erval, Hulha Negra e Aceguá, e é delimitada pelas coordenadas geográficas: 54°10'58" e 53°18'35" longitude W e 31°17'35" e 32°02'41" latitude S (Figura 1).

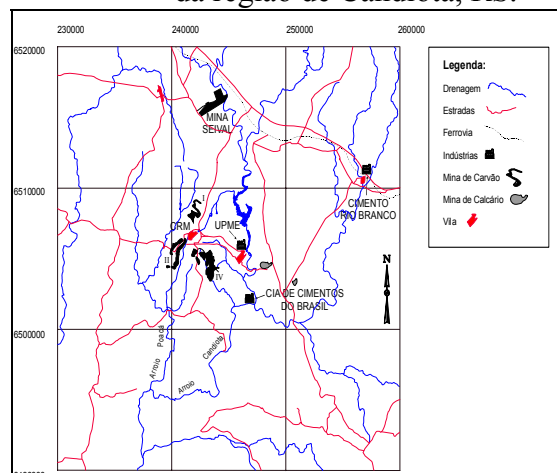
Nesta região está localizado o Pólo Econômico de Candiota, cujas atividades são favorecidas pela topografia, acesso, geologia e disponibilidade de recursos hídricos. Dentre as principais atividades econômicas (Figura 2) destacam-se: exploração de carvão (Minas de Candiota e Mina do Seival); indústrias cimenteiras (Companhia de Cimentos do Brasil e Cimento Rio Branco); exploração de calcário (minas exploradas pelas indústrias cimenteiras); e a Usina Termelétrica Presidente Médici (UPME), com potência de 446 MW, com previsão de aumento da capacidade para 796 MW, a curto prazo. A fabricação de cimento utiliza como matéria-prima o calcário; o carvão e cinzas geradas na combustão como insumos.

A mineração do carvão de Candiota é realizada a céu aberto pela Companhia Riograndense de Mineração - CRM (Mina de Candiota, malhas IV e VII), produzindo cerca de 100.000 ton./mês, destinada basicamente ao abastecimento da UPME. A Mina de Seival, desativada em 1996, produzia cerca de 50.000 ton./ano de carvão que era absorvido somente pelas indústrias cimenteiras.

Anteriormente a implementação do pólo industrial, a região de Candiota caracterizava-se como tipicamente agrícola com predomínio das atividades agropastoris sobre as atividades de orizicultura.

[illegible]

Figura 2: Mapa de localização das principais atividades econômicas da região de Candiota, RS.



3

minerais sulfetados, são liberados para o meio hídrico, através da ação do intemperismo, que provoca a oxidação e lixiviação destes minerais (Wildeman, 1991).

Já a queima de combustíveis fósseis é reconhecida como principal contribuinte da poluição atmosférica pela emissão de partículas totais em suspensão, elementos-traços, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos.

3. METODOLOGIA

Para desenvolver esta pesquisa foi utilizada a técnica de análise de conteúdo, onde foram pesquisados documentos no Brasil e Uruguai, onde foram avaliados os seguintes tipos: a) bibliografia especializada, principalmente acadêmica; b) relatórios técnicos governamentais e c) relatórios de Organizações Não Governamentais (ONGs).

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 . Os Estudos no Brasil

No Brasil os estudos sobre os impactos ambientais gerados pelas atividades do processamento de carvão, principalmente os provenientes da UTPM, foram sistematizados, primeiramente, por Sánchez, J.& Formoso, M. (1990). A seguir será apresentada uma síntese dos principais estudos realizados nos últimos 10 anos.

4.1.1. Materiais e Métodos

4.1.1.1. Água Superficial e Sedimento

As atividades de processamento de carvão inseridas na bacia hidrográfica do arroio Candiota (desde mineração até utilização) geram efluentes que podem atingir os corpos hídricos, acarretando alterações na qualidade e quantidade das águas naturais.

Nos estudos realizados por Fiedler & Solari (1988), Martins & Zanella (1987, 1990), CIENTEC/CEEE (1989), Machado (1985), Fiedler *et al.* (1990) em amostras de água bruta, desde a coleta, armazenagem e preparação das alíquotas seguiu em sua maioria a metodologia padrão utilizada pela CETESB (1978) e pela American Public Health Association (APHA) (1981). As medidas de pH foram efetuadas *in loco* e os metais foram determinados por Espectrometria de Absorção Atômica. Estudo realizado por Streck (2001) em águas superficiais da bacia do arroio Candiota, que recebe diversas cargas metálicas oriundas das atividades antropogênicas da região, analisou parâmetros físicos e químicos e metais, nas formas totais e dissolvidos, que seguiu metodologia recomendada por APHA (1992) e ABNT (NBR 9898/87). A análise dos metais foi por Espectrometria de Emissão por Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-AES) e as leituras de alguns parâmetros físicos e químicos (pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido e turbidez) também foram realizadas *in loco*.

Para determinação de elementos-traço nos sedimentos e solos, Morch (1991) utilizou como extrator o HNO₃ 0,5N juntamente com H₂O₂ 30% a 80°C, sugerindo este como o mais adequado para análises em Espectrometria de Absorção Atômica, enquanto que Fiedler & Solari (1988) utilizaram extração com HNO₃ 0,1N. Os pontos escolhidos por Fiedler & Solari (1988) nos arroios Poacá e Carvoeira devem-se à influência direta da mineração de carvão. Já estudo realizado por CIENTEC/CEEE (1989) não reporta a metodologia utilizada, citando apenas que foram realizadas análises químicas, extrações e lixiviações em solos, a fim de detectar o nível de contaminação.

4.1.1.2. Ar

Os dados de qualidade do ar provenientes do monitoramento realizado pela FEPAM de 1994 a 1999, em duas estações no município de Aceguá (Colônia Nova e Quarentenário), foram realizados a cada seis dias por períodos contínuos de 24 horas. As amostragens de Partículas Totais em Suspensão (PTS) foram realizadas conforme a Norma ABNT-NBR 9547/86 (ABNT, 1986), utilizando-se o amostrador de grande volume (Hi-Vol). Já para Dióxido de Enxofre (SO₂) a amostragem se dá com a utilização de um amostrador de pequenos volumes, TRI-GÁS, e a determinação química pelo método do peróxido de hidrogênio (ABNT, 1991).

Estudos mais recentes foram desenvolvidos por Braga (2002), Migliavacca (2001) e Dallarosa *et al.* (2003). O trabalho desenvolvido por Braga (2002) consistiu no estudo das concentrações e da composição química das partículas atmosféricas utilizando-se amostradores para partículas inaláveis, com diâmetro inferior a 10 micros (HV PM₁₀), e Dicotômico (PI_{10-2,5µm} e menor que 2,5µm). As coletas do material particulado do ar seguiram os critérios estabelecidos pela Agency Protection Environmental (EPA), sendo os dados amostrados por um período contínuo de 24 horas a cada 15 dias, de dezembro/2000 a dezembro/2001, em quatro pontos de amostragem: Aceguá (fronteira com o Uruguai), 8 de Agosto, Pedras Altas e Aeroporto de Bagé. O trabalho desenvolvido por Migliavacca (2001) e complementado, posteriormente, pela mesma autora e outros (Migliavacca *et al.*, 2003) constitui em avaliar a precipitação atmosférica (total e úmida) na região de Candiota, sendo utilizados os mesmos pontos de coleta relacionados por Braga (2002). As amostras de precipitação atmosféricas foram coletadas por evento chuvoso, utilizando dois tipos de amostradores, um para a coleta da precipitação total (úmida e seca) chamado de *Bulk*, e outro para a precipitação úmida (funil de coleta fica coberto por uma tampa que se abre apenas na presença de precipitação úmida), ambos amostradores são compostos por um frasco coletor de polietileno de 5 litros. Para a limpeza do material foi utilizado o procedimento descrito na Norma ASTM 5012 (1996). Os parâmetros avaliados foram: pH, condutividade, alcalinidade (APHA, 1992), íons maiores (Cl⁻, NO₃⁻, F⁻, SO₄²⁻, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, NH₄⁺ e Ca²⁺) por cromatografia iônica (Dionex DX 500 com detector de condutividade elétrica), e os elementos metálicos (Zn, Ni, Cu, Fe, Al, Mn) por espectrometria de absorção atômica com forno de grafite e corretor *Zeeman* (Perkin Elmer modelo SIMAA 6000). Outro estudo realizado JICA (1997) avaliou a precipitação úmida/seca em regiões que sofrem influência de termoeletricas a carvão para a geração de energia elétrica. Um dos locais selecionados foi a região de Candiota. As amostras de precipitação úmida/seca foram coletadas, a cada 15 dias, através de amostradores automáticos, em dois pontos (Aceguá e Aeroporto de Candiota). Os parâmetros analisados foram pH, condutividade e íons maiores (Cl⁻, NO₃⁻, F⁻, SO₄²⁻, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, NH₄⁺ e Ca²⁺) por cromatografia iônica.

Dallarosa *et al.* (2003) realizaram estudo envolvendo os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs), compostos orgânicos constituídos apenas por carbono e hidrogênio, em arranjos de 2 ou mais anéis aromáticos. Estes poluentes são formados a partir da combustão incompleta ou pirólise de material orgânico, como por exemplo, carvão, óleo, madeira e combustíveis como diesel e gasolina, podendo ser emitidos tanto por fontes antropogênicas (veículos motores, processos industriais, aquecimento doméstico, incineração, e fumaça de tabaco), como por fontes biogênicas (queima de biomassa e erupções vulcânicas) (Seinfeld, 1998; Smith e Harrison, 1998). Os HPAs estão distribuídos na atmosfera na fase vapor e adsorvidos no material particulado, porém estão predominantemente associados com o material particulado. Foram considerados os mesmos pontos de amostragem (Aeroporto, 8 de Agosto, Aceguá e Pedras Altas), com os mesmos critérios (EPA) e foi empregado o amostrador de grandes volumes HV PM₁₀ (partículas <10µm). As análises dos filtros contendo material particulado foram realizadas segundo as normas da USEPA TO 13A, sendo estudados os 16 HPAs prioritários: Acenaftaleno [Ace], Acenafteno [Acen], Antraceno

[ANT], Benzo(a)pireno [BaP], Benzo(b)fluoranteno [B(b)Fluo], Benzo(ghi)perileno [BGP], Benzo(k)fluoranteno [B(k)Fluo], Criseno [CRI], Dibenzo(a,h)antraceno [DBA], Fenantreno [FEN], Fluoranteno [FLUO], Fluoreno [FLU], Indeno(1,2,3-cd)pireno [ID], Naftaleno [NA], Pireno [Pi].

4.1.2. Resultados e Discussões

4.1.2.1. Água Superficial e Sedimento

Os estudos referentes aos cursos d'água da região de Candiota (Fiedler & Solari, 1988; Martins & Zanella, 1987, 1990; CIENTEC/CEEE, 1989; Machado, 1985; Fiedler *et al.*, 1990) são mostrados nas tabelas 1 e 2. Estes foram concentrados na subbacia do arroio Poacá, afluente do arroio Candiota, que sofre influência direta da mineração. Os resultados mostrados revelam o comprometimento da qualidade dos arroios de pequeno porte, como o arroio Poacá, que drenam efluentes da mineração, evidenciando pH ácido e concentrações elevadas de Fe (27,3mg/L) e SO_4^{2-} (655mg/L) nos locais estudados. No arroio Candiota, foram observadas pequenas variações, provavelmente em resposta à diluição e/ou sedimentação das cargas poluidoras.

Tabela 1: Valores de pH e concentração de elementos-traço (mg/L) nas águas superficiais da subbacia do arroio Poacá reportados em estudos anteriores.

subbacia do arroio Poacá									
	faixa de valores observada						ponto controle		CONAMA 020/86**
estudos	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(3) (4)	(5)	Brasil
Ph	2,6-3,8	1,7-4,2	3,1-6,8	1,7-4,6	3,4-6,6	4,3	6,0-7,7	4,7-7,1	6-9
Fe	1,08-22,25	1,1-27,3	0,9-6,28	0,5-27,3	0,69-10,6	3,0	0,3	0,24-1,11	0,3 (sol.)
Mn	1,29-5,51	0,9-5,7	0,388-1,33	0,2-5,7	0,21-3,71	0,481	0,15	0,02-0,22	0,1
Al	3,32-16,35	1,7-13,7	-	-	0,2-10,6	1,0	-	0,17-1,64	0,1
Co	-	-	0,016-0,085	0,016-0,09	-	0,02	0,009	-	0,2
Cr	-	-	<0,01	<0,01	1,4-14,7*	<0,02	<0,01	1,7-10,8*	0,5
Ni	0,06-0,43	<0,08-0,45	0,021-0,153	0,028-0,45	4,7-140,7*	0,022	0,011	2,0-19,8*	0,025
As	0,10-0,20*	0,1-0,3*	-	-	2,0-38,9*	-	-	0,8-2,9*	0,05
Pb	-	-	0,008-0,030	0,02-0,03	2,3-9,1*	<0,005	0,026	1,4-7,8*	0,03
Zn	0,08-0,58	0,05-1,01	0,040-0,237	0,04-1,01	0,03-0,48	0,05	0,02	0,01-0,15	0,18
Cd	-	-	<0,001-0,004	<0,001-0,004	0,11-3,09*	<0,001	0,002	0,1-1,12*	0,001
Cu	0,01-0,02	<0,03	<0,002-0,16	<0,002-0,016	1,4-12,9*	0,004	0,004	1,5-7,2*	0,02
Hg	0,40-1,30*	0,1-2,1*	-	-	0,5-17,7*	-	-	1,7-7,8*	0,0002
sulfato	123-588	99-655	-	-	43,2-531,3	38,0	-	7,5-31,3	250

(1) Martins & Zanella, 1987; (2) Martins & Zanella, 1990; (3) Fiedler & Solari, 1988; (4) Fiedler *et al.*, 1990;

(5) CIENTEC/CEEE, 1989; (6) Machado, 1985; * valores em µg/L; ** valores recomendados pela Legislação Ambiental Brasileira para águas doces classe 2

Fonte: Streck *et al.* (1999)

Tabela 2: Valores de pH e concentração de elementos-traço (mg/L) nas águas superficiais do arroio Candiota reportados em estudos anteriores.

	faixa de valores observada				ponto controle	CONAMA 020/86**
estudos	(1)	(2)	(3)	(4)	(3)	Brasil
pH	7,4	6,7-8,1	5,8-7,6	4,7-6,6	5,9-7,3	6-9
Fe	0,77	0,5-1,1	0,67-1,75	2,0-2,8	0,67-2,33	0,3 (sol.)
Mn	0,25	0,2-0,4	0,02-0,62	0,003	0,02-0,29	0,1
Al	0,62	0,4-0,8	0,1-1,69	0,27-0,44	0,48-1,66	0,1
Co	-	-	-	<0,004	-	0,2
Cr	-	-	1,1-9,4	<0,02	1,3-6,4*	0,5
Ni	0,02	<0,03	4,3-64,5	<0,004	3,0-23,6*	0,025
As	0,10*	0,1-0,2*	1,1-10,3	-	1,3-3,9*	0,05
Pb	-	-	2,3-12,9	0,005	3,4-9,5*	0,03
Zn	0,02	<0,03	0,02-0,31	0,02	0,02-0,14	0,18
Cd	-	-	0,11-1,74	<0,001	0,07-1,15*	0,001
Cu	0,02	<0,03	1,2-8,2	0,004-0,007	1,2-6,8*	0,02
Hg	1,90*	1,7-2,1*	0,5-22,7	-	2,3-11,1*	0,0002
sulfato	33,8	25,4-42,2	1,3-41,3	3,0-5,0	3,2-13,9	250

(1) Martins & Zanella, 1987; (2) Martins & Zanella, 1990; (3) CIENTEC/CEEE, 1989; (4) Machado, 1985;

* valores em µg/L; ** valores recomendados pela Legislação Ambiental Brasileira para águas doces classe 2

Fonte: Streck *et al.* (1999)

Estudo realizado por Streck (2001) também evidenciou que a maior contaminação está no arroio Poacá, sob influência direta da mineração de carvão, com baixos valores de pH e altas concentrações de sulfato (SO_4^{2-}), acarretando a mobilização de certos elementos metálicos (Zn, Co, Ni, Mn, Fe, Cu, Cr, e Al) associados aos sulfetos presentes nos rejeitos de carvão, sendo que as concentrações máximas de Ni, Fe, Mn e Al, no ponto denominado PO02, localizado no arroio Poacá, ultrapassaram os valores estabelecidos pela legislação brasileira (CONAMA, 1990). O arroio Candiota também revelou significativas quantidades de metais dissolvidos (Ca, Na, K e Mg), relacionados às concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD), a partir de descarga dos efluentes de cinzas da UTPM.

Estudo realizado pela FEPAM (1992) mostrou a significativa degradação da qualidade dos corpos hídricos relacionada com os indicadores de acidificação (pH, condutividade e sulfatos) devido à mineração e não à precipitação atmosférica, como era esperado. Outros estudos (Morch, 1991; Fiedler & Solari, 1988; CIENTEC/CEEE, 1989) sobre análises de solos e sedimentos na região de Candiota foram realizados para a avaliação dos níveis de concentração de metais e pH, como mostra a Tabela 3.

Entretanto, estes resultados são bastante heterogêneos, conforme já reportado por Jablonski *et al.* (1992), devido às diferenças nas metodologias utilizadas (granulometria, amostragem, uso de extratores, etc...).

Tabela 3: Valores de pH e concentração de elementos traço (em ppm) nos solos e nos sedimentos da região de Candiota, RS.

estudos	SOLOS			SEDIMENTOS			
	(1) média	(2) média	(2) ponto controle	(2) média	(2) ponto controle	(3) Arroio Poacá	(3) Arroio Carvoeira
pH	5,2 - 5,8	-	-	3,9 - 7,1	-	3,6	3,1
Fe	26,5	-	-	-	-	172	252
Mn	0,78	-	-	-	-	3,8	10,1
Al	40,0	-	-	-	-	142	926
Co	0,45	-	-	-	-	0,23	1,23
Cr	0,06	-	-	-	-	0,07	0,14
Ni	0,15	-	-	-	-	0,47	3,04
As	0,66	-	-	-	-	-	-
Pb	0,47	13,8	11,6	13,3	12,44	0,24	5,39
Zn	1,2	39,0	54,6	43,7	23,41	0,50	3,39
Cd	0,007	0,02	0,02	0,02	<0,02	-	-
Cu	0,76	12,3	11,8	13,4	6,29	0,70	2,49
Hg	0,006	0,16	<0,05	0,12	<0,05	<0,004	0,0029
Mo	0,12	0,03	0,01	0,02	<0,01	-	-

(1) CIENTEC/CEEE, 1989; (2) Morch, 1991; (3) Fiedler & Solari, 1988

Fonte: Streck *et al.* (1999)

4.1.2.2. Ar

As emissões dos processos de queima de carvão, na geração de energia elétrica, são as principais fontes de emissão de material particulado, SO_2 e NO_x . As concentrações destes poluentes vão depender das características do carvão (teor de cinzas e enxofre) e do processo de combustão.

O SO_2 e NO_x e os aerossóis de sulfato no PTS também contribuem na formação da chuva ácida, pois a precipitação de compostos ácidos que se dissolvem nas nuvens e nas gotas de chuva provocam a formação de uma solução com pH inferior a 5,6. A queima de combustíveis fósseis para a geração de energia explica as emissões de certos elementos metálicos (95% V, 80% Ni, 60% Hg, Se, Ti e de quantidades significativas de Sb, As, e Cu), que se concentram preferencialmente sobre a superfície das partículas mais finas, devido ao mecanismo de volatilização-condensação (Davison *et al.*, 1974).

A Legislação Brasileira - Resolução CONAMA n° 003/90 (CONAMA, 1992) estabeleceu padrões de qualidade do ar para períodos de 24 horas de amostragem e médias acumuladas durante um ano, para alguns poluentes, entre eles PTS, PI_{10} e SO_2 . A Tabela 4 mostra as

média geométrica anual (MGA) de PTS e média aritmética anual (MAA) de SO₂, para 1994 a 1999, cujos resultados são comparados aos padrões primário e secundário (CONAMA, 1992) para longos períodos, revelando que a qualidade do ar não encontrou-se comprometida .

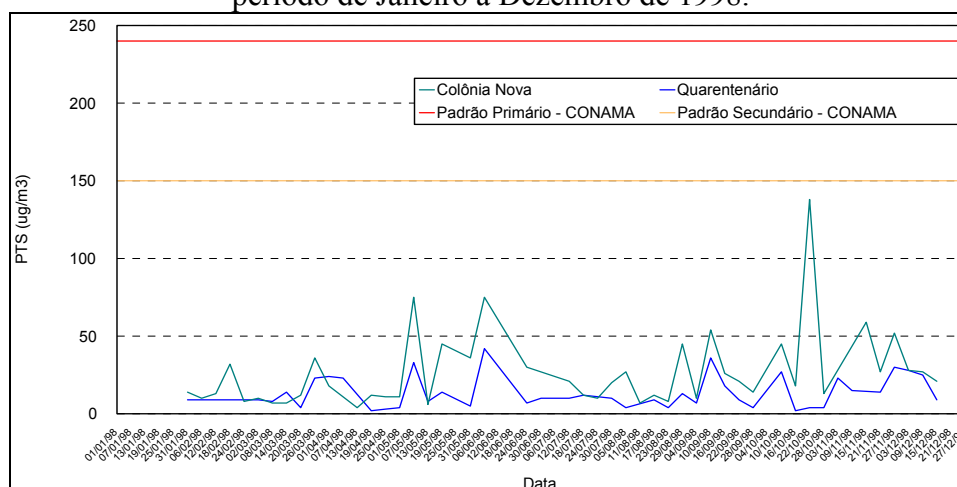
Tabela 4: Concentrações médias anuais de PTS e SO₂ nas estações monitoradas pela FEPAM.

	Ano	Quarentenário	Colônia Nova	Padrão Primário	Padrão Secundário
Partículas Totais em Suspensão PTS (µg/m³)	1994	17	24	80	60
	1995	20	20		
	1996	13	21		
	1997	14	25		
	1998	10	19		
	1999	15	22		
Dióxido de Enxofre SO₂ (µg/m³)	1994	-	-	80	40
	1995	3	4		
	1996	6	8		
	1997	20	7		
	1998	11	30		
	1999	8	12		

Fonte: www.fepam.rs.gov.br

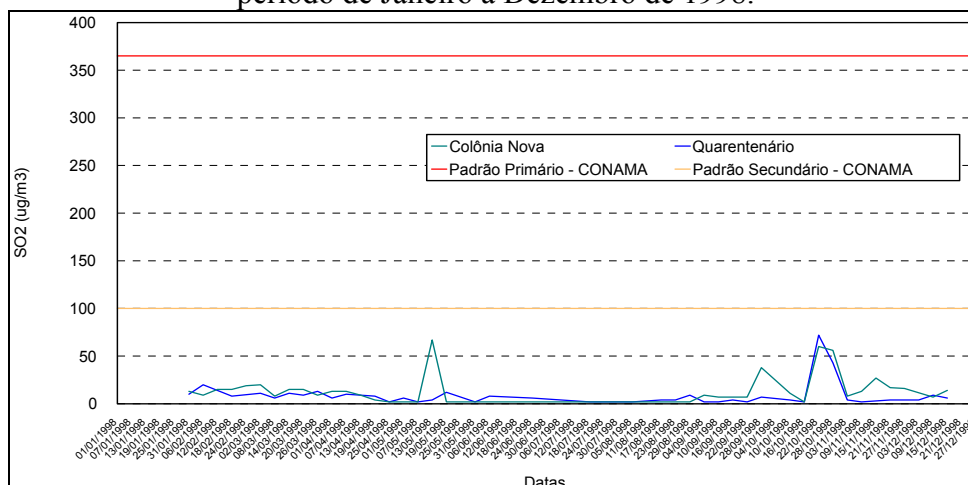
As concentrações de PTS (Figura 3) mostraram uma tendência de aumento das concentrações no período de outono/inverno, para 24 horas de amostragem, no monitoramento realizado pela FEPAM em 1998. Isto pode estar relacionado com as condições menos favoráveis da dispersão dos poluentes, como por exemplo, inversões térmicas mais frequentes neste período do ano na região de estudo. Já na Figura 4 foram observadas concentrações baixas de SO₂ não ultrapassando os padrões de qualidade do ar para período de 24 horas. As concentrações mais elevadas, em torno de 50µg/m³, foram verificadas no mesmo período, outono/inverno.

Figura 3: Concentração de PTS determinada nas estações Colônia Nova e Quarentenário no período de Janeiro a Dezembro de 1998.



Fonte: Streck *et al.* (1999)

Figura 4: Concentração de SO₂ determinada nas estações Colônia Nova e Quarentenário no período de Janeiro a Dezembro de 1998.



Fonte: Streck *et al.* (1999)

O estudo realizado por Braga (2002) revelou que em nenhum momento as concentrações de material particulado (PI₁₀) ultrapassaram os padrões de qualidade do ar, diário (150 µg/m³) e anual (50 µg/m³), estabelecidos pela legislação nacional (CONAMA, 1992) na região. As concentrações médias dos HPAs, estudo de Dallarosa *et al.* (2003), variaram entre 0,051 a 1,791 ng/m³, sendo o composto fenantreno encontrado em maior abundância no período estudado, com valor máximo de 9,189 ng/m³. Os resultados obtidos por Migliavacca *et al.* (2003) na precipitação atmosférica da região de estudo mostraram que aproximadamente 70% das amostras analisadas apresentaram os valores de pH menores que 5,65, revelando a ocorrência de precipitação ácida na região. Os íons que apresentaram concentrações mais elevadas foram NH₄⁺, Ca²⁺, Na⁺ e Cl⁻, sendo de origem antropogênica ou natural. A contribuição dos ácidos sulfúrico e nítrico foi mais significativa na região, em torno de 60% e 20%, respectivamente. Já o estudo realizado por JICA (1997) relatou valores médios de pH de 5,75 para amostras de precipitação úmida e 5,63 para precipitação seca, cabe ressaltar que o método de amostragem empregado, com frequência de 15 dias, pode propiciar uma degradação das amostras durante o período de acumulação (Teixeira *et al.*, 2002).

4.2. Os estudos no Uruguai

A Usina Termolétrica Presidente Médici (UTPM) está localizada a 40 quilômetros da fronteira entre o Uruguai e o Brasil. Em particular, a população residente próxima à fronteira encontra-se em situação de risco de impacto ambiental (Fiorino, 1989). Este fato motivou a mobilização de atores locais, principalmente, na cidade de Melo (Cerro Largo), muito próxima da fronteira, e alguns trabalhos foram realizados por três tipos de stakeholders diferentes: o governo, a ONG Pro Condiciones de Vida de Cerro Largo e instituições acadêmicas.

As autoridades do governo uruguaio observaram o problema do risco de poluição transfronteiriça nos anos 80. A partir de 1988, as autoridades públicas ambientais e a Chancelaria implementaram ações para identificar os impactos e reduzir a incerteza sobre o tema. Com esse objetivo foram realizados estudos de impactos sobre os solos e a provável ocorrência de acidez das chuvas na região próxima de Candiota.

4.2.1. Solos

A Direção de Solos do Ministerio de Ganadería y Pesca do Uruguai avaliou a composição química dos solos da região. Análises de pH, cátions e sulfato foram realizadas na água (Ministerio de Ganaderia y Pesca do Uruguai:1989). O estudo mostrou que não existiam mudanças significativas no pH (Tabela 5). Comparando os valores até 1985 e os de 1989, não foram identificadas mudanças na composição dos cátions e também não foi constatada a presença de sulfatos.

Tabela 5: Valores de pH comparados (1968-1985 e 1989 no Departamento de Cerro Largo)
H₂O e KCl

	1985		1989	
Pontos de coleta	pH - H ₂ O	pH - KCL	pH - H ₂ O	pH - KCL
Noblia 1	5,5	4,4	5,6	4,6
Noblia 2	5,4	3,9	5,4	4,2
Centurión	5,3	4,3	5,2	4,2
Río Branco	5,1	3,9	5,0	4,0
Melo	5,4	4,5	5,6	4,6

Fonte: Ministerio de Ganadería y Pesca de Uruguay (1989)

Os resultados no solo não mostraram a existência de pH ácido, no entanto estes resultados eram previsíveis. Para constatar mudanças químicas nos solos necessita-se de um alto teor de concentração de ácido na chuva ou um período muito longo de exposição, neste estudo o período foi somente de três anos, entre 1985 a 1989.

4.2.2. Ar

A realização de estudos de qualidade do ar têm sido extremamente limitada. Um estudo foi realizado pela Direção Nacional de Meteorologia do Ministério de Defesa Nacional (1989) gerado a pedido da Chancelaria e do Instituto de Preservação do Meio Ambiente (IPMA), este compreendeu a necessidade de identificar o grau de acidez das chuvas. A partir deste resultado foi assinada a Ata de Jaguarão, no dia 30 de agosto de 1990, a fim de realizar um monitoramento conjunto bilateral implantado pelas autoridades ambientais dos dois Estados (Rótulo, 2002). O monitoramento foi realizado em cinco estações de monitoramento: Trinidad, Prado, Melo, Mercedes, Artigas, no período de 1988 a 1990. O resultado deste estudo não mostrou a existência de acidez na chuva, sendo apresentado na Tabela 6.

Tabela 6: Valores de pH no Uruguai - Estudo técnico da Direção de Meteorologia realizado em 1988-1990

Estação	Início Período	Final Período	pH Máximo	pH Mínimo	pH Médio
Trinidad	1/05/1988	13/02/1990	7,5	4,5	5,5
Prado	11/09/1989	10/02/1990	7	3	5
Melo	14/09/1989	16/02/1990	7	4	5
Mercedes	2/12/1989	11/02/1990	6	5	6
Artigas	17/01/1990	11/02/1990	5	4	5

Fonte: Direção Nacional de Meteorologia de Uruguai (1989)

Os materiais e métodos utilizados nas estações de monitoramento foram: pluviômetro automático (marca Erni) em Trinidad, com coleta semanal; em Melo e Prado com coleta diário, cujo material era de polietileno. As estações fazem parte da Rede Meteorológica Nacional. Os resultados obtidos das para as amostras de chuva foram considerados como normais quando comparados a outras regiões do Uruguai (cf. op. cit. pág. 1).

Outros estudos de qualidade do ar foram realizados pela Ong Grupo Cerro Largo Pro Condiciones de Vida. A relevância destes estudos se fundamenta em que esta Ong, localizada na cidade de Melo, teve um papel importante do ponto de vista político como stakeholder, interessado na negociação internacional entre Uruguai e Brasil. Os seus trabalhos tiveram uma ampla difusão na imprensa local e nacional do Uruguai (Santandreu, A.& Gudynas, A: 1998; Rótulo:2002). Estes deram legitimidade técnica às demandas da sociedade civil. Realizando o único estudo, até hoje, que mostrou a existência de acidez na água de chuva no Uruguai (Rótulo,1992). A partir de 1991 a ONG passou a ser membro do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), dependente do Ministério de Urbanismo, Ordem Territorial e Meio Ambiente, criado em 1990 (Grupo Cerro Largo Pro Condiciones de Vida: 1992). Esta ONG realizou dois tipos de estudos: um de avaliação da presença de pH na água de chuva e outro para avaliar a presença de sulfato (SO_4^{2-}) no mesmo tipo de amostra.

A avaliação da acidez da chuva foi realizada entre abril e setembro de 1991, as amostras foram coletas em diferentes locais de Cerro Largo (próximo à fronteira com o Brasil): Aceguá (fronteira), Noblí, Melo, Bañado de Medina, Fraile Muerto, Cerro de las Cuentas e Rio Branco (Grupo Cerro Largo Pro Condiciones de Vida: 1990). Os resultados do primeiro ano de monitoramento evidenciaram valores médio de pH de 4,45, caracterizando precipitações ácidas na região, os valores mais ácidos foram de 3,2 e 3,1 ocorridos em Noblia. No segundo ano de coleta os valores de pH também identificaram valores de 3,15 e 3,25, mas agora também em Melo. Os valores médios, mínimos e máximos em Noblia, Melo, Fraile Muerto e Arbolito, localidades do Departamento de Cerro Largo, são apresentados na Tabela 7.

Os dados foram coletados com auxílio da população local, principalmente professores e alunos das escolas, que utilizaram como recipiente de coleta para as amostras de água de chuva baldes de plástico. A análise de pH foi realizada com auxílio de um equipamento específico (phmetro) no primeiro ano, e através de análise de colorimetria no segundo ano. As amostras eram analisadas na Faculdade de Química da Universidade da República de Uruguai (Grupo Cerro Largo Pro Condiciones de Vida: 1992). A metodologia empregada foi criticada por diversos setores técnicos, tanto do Uruguai quanto do Brasil, devido a sua imprecisão e possível contaminação das amostras (Rótulo, 2002).

Tabela 7: Valores de pH nas chuvas analisadas pela Ong Cerro Largo Pro Condiciones de Vida

	Noblia	Melo	Fraile Muerto	Arbolito
Valor Mínimo	4, 48	3, 15	3, 25	4, 22
Média	5, 67	5,22	5, 09	5, 02
Valor Máximo	6, 67	6,89	6, 07	6, 76

Fonte: Grupo Cerro Largo Pro Condiciones de Vida (1992)

A avaliação dos níveis de sulfato realizados pela Ong em Melo foi executada em dois momentos, o primeiro de 01/04/1991 a 31/07/1991 e o segundo de 07/10/1991 a 30/11/1991. Os valores encontrados foram os seguintes: mínimo de $0,2 \text{ mg/m}^3$ (no mês de julho e outubro), máximo de 121 mg/m^3 (20/11/1991) e média de $17,17 \text{ mg/m}^3$. O total acumulado para o período foi de $2,972 \text{ mg/m}^3/\text{dia}$. Este programa de estudo contou com o apoio de técnicos da área de Saúde Ambiental do Ministério de Saúde Pública do Uruguai. O sistema de coleta das amostras foi realizado através de método contínuo.(Grupo Cerro Largo Pro Condiciones de vida, 1992).

Tor (1992) realizou também uma avaliação no Uruguai, porém não com estudos específicos de contaminação ambiental, sendo assim não será avaliado.

4.3. Monitoramentos conjuntos - Uruguai e Brasil

O monitoramento ambiental realizado em cooperação com os dois países ocorreu entre 1990 a 1996, tendo início através da assinatura da Ata de Jaguarão, a fim de avaliar a ocorrência de poluição ambiental transfronteiriça na região, oriunda, possivelmente, da UTPM. Muitos trabalhos foram executados com este objetivo, podendo citar como os mais significantes o monitoramento da qualidade do ar realizado pelos dois países, e um estudo das águas superficiais realizado somente pelo Uruguai.

4.3.1. Ar

O monitoramento da qualidade do ar, pelo Uruguai, foi realizado em duas estações de coleta, Melo e Buena Vista, sendo analisados os parâmetros de SO₂ e material particulado (MP), no período de julho e agosto de 1994. Os resultados obtidos são apresentados nas Tabelas 8 e 9.

Tabela 8: Resultados de SO₂ e MP, em µg/m³, realizados em Melo e Buena Vista, em julho a agosto de 1994.

Estação	Melo		Buena Vista	
	SO ₂	MP	SO ₂	MP
21-22 julho	0		0	
27-28 julho				
2-3 agosto	0	82	alcalino	4
8-9 agosto	2	114	alcalino	
14-15 agosto	0	57	0	10
20-21 agosto	alcalino	101	4	42
26-27 agosto		113	0	47

Fonte: Programa de Trabajo Brasil-Uruguay en la región de Candiota (1994)

As amostras foram coletadas utilizando amostrador de pequenos volumes, TRI-GÁS, emprestado pelo governo brasileiro. Através dos dados desse monitoramento observaram-se concentrações significantes de material particulado, principalmente em Melo, e concentrações muito baixas para SO₂. Estudos mais detalhados, principalmente no material particulado, deveriam ter sido realizados a fim de avaliar a origem de tais concentrações.

No mesmo período foi realizado um monitoramento semelhante pelo Brasil em Aceguá e Colônia Nova (citados no item 4.1.2.2, pág 7). Os resultados detectaram baixos níveis de MP e SO₂, não sendo ultrapassados os padrões de qualidade ambiental previstos pela legislação brasileira (CONAMA, 1992)

4.3.2. Água

O monitoramento da qualidade de águas superficiais foi realizado em cinco campanhas, sendo o pH o único parâmetro analisado. Foram avaliados quatro pontos de coleta no Uruguai: Vergara, Rio Branco, J.P Varla e Noblia, nos anos de 1991, 1992 e 1994. Os resultados das análises de pH nas águas superficiais dos locais monitorados revelaram um caráter neutro. A avaliação destes resultados, por técnicos uruguaios, não indicou a existência de chuva ácida na região estudada (Programa de Trabajo Brasil-Uruguay en la región de Candiota: 1994).

5. CONCLUSÕES

Através da análise dos estudos de impactos ambientais citados neste trabalho podemos concluir que:

- a) No caso do Brasil, em relação aos estudos realizados nos recursos hídricos na região de Candiota, foram verificados que existe uma grande diversidade nas metodologias de amostragens e análises físicas e químicas de água, solo e sedimento, dificultando uma avaliação e comparação dos dados existentes. Entretanto, estes estudos mostram uma degradação ambiental dos arroios de pequeno porte relacionada diretamente com a mineração de carvão. Para que efetivamente seja avaliada a contaminação das matrizes ambientais nesta área de estudo, é necessária uma padronização de metodologias e realização de um estudo mais detalhado, a fim de que se forme uma base coerente de dados. Os resultados de PTS e SO₂ mostraram que a qualidade do ar na região atende a Resolução nº 003/90 do CONAMA, tanto para curtos e longos períodos. Além disso, faz-se necessário um estudo, também, mais detalhado enfocando outros parâmetros, tais como caracterização química de PTS, e uma associação aos dados meteorológicos, para avaliar de forma mais detalhada a origem da contaminação atmosférica da região.
- b) No caso do Uruguai existe uma predominância muito forte dos estudos oficiais em relação aos estudos acadêmicos ou de instituições da sociedade civil (ONGs). Um dos motivos que explica esta assimetria possa ser o impedimento financeiro. No caso dos estudos sobre acidez da água de chuva os resultados apresentaram-se contraditórios entre os realizados pelo governo e pela ONG. Apesar do questionamento da metodologia utilizada pela ONG, a difusão deste trabalho na sociedade local de Melo e a nível nacional, nunca foi explicada publicamente pelas autoridades, nem foram esclarecidos os fatos e os resultados obtidos em outros estudos. Isto têm deixado o problema sem resolução do ponto de vista político do conflito (Susskind, L. & P. Field: 1996).
- c) No caso do monitoramento implementado conjuntamente entre os órgãos ambientais do Brasil (FEPAM) e do Uruguai (DINAMA) muitos avanços foram conquistados com grande esforço dos governos de ambos os países. No entanto, os resultados não têm sido totalmente conclusivos. A descontinuidade dos estudos tem dificultado conclusões mais definitivas. O governo do Uruguai, através da Dinama, apresentou uma proposta de implementação de uma rede de monitoramento conjunta que abrangesse mais parâmetros, a fim de avaliar, com maior exatidão, o impacto ambiental da UTPM de forma mais contínua. Mas, a falta de recursos financeiros, dificuldades burocráticas e às vezes, a falta de decisão política, têm sido fatores que dificultaram maiores avanços. Novas pesquisas, certamente, continuaram surgindo em torno à poluição da região de Candiota, uma região tão rica do ponto de vista econômico, quanto complexa para ser monitorada, já que une interesses de dois países irmãos numa região de fronteira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - *Associação Brasileira de Normas Técnicas*. Material particulado em suspensão no ar ambiente - determinação da concentração total pelo método do Amostrador de Grande Volume. ABNT-NBR 9546, 1986.
- ABNT - *Associação Brasileira de Normas Técnicas*. Dióxido de enxofre no ar, poluição atmosférica e determinação da concentração pelo método do Peróxido de Hidrogênio. Norma não votada, 1991.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 15 ed. New York, APHA, AWWA, WPCF, 1981.

- BRAGA, C. F. Estudo dos compostos inorgânicos em partículas atmosféricas da região de Candiota - RS utilizando a técnica PIXE Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, PUCRS, Porto Alegre, 2002.
- CETESB. Normalização técnica - L.5127, L.5115, L.5145, L.5102, L.5153, L.5149, L.5012, L.5111, L.5133, L.5137, São Paulo, 1978.
- CIENTEC/CEEE. EIA-RIMA da Usina Termelétrica Candiota III, 1989.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resoluções CONAMA 1984-1991, 4ed., Brasília, 1992.
- CORRÊA DA SILVA, Z.C. Jazidas de carvão no Rio Grande do Sul, Brasil. III Simp. Sul-Bras. Geol. *Anais...* Vol.2:677-687, 1987.
- DALLAROSA, J., TEIXEIRA, E.C., PIRES, M.; FACHEL, J. Source apportionment in atmospheric particulate polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) using multivariate methods, Submetido a publicação *Environmental Pollution*. 2003.
- DAVISON, R.S.; NATUSCH, D.F.S, WALLACE, J.R. AND EVANS, C.A. Trace elements in fly ash: dependence of concentration on particle size. *Environ. Sci. Technol.*, Vol.8, 1107, 1974.
- DIREÇÃO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Relatório Preliminar sobre el Ph de la precipitación en la R.O. de Uruguai. Ministério de Defesa Nacional. Publicación N°. 46/89.Montevidео: 1989.
- FEPAM. Índice de acidez dos campos hídricos na região de influência de Candiota. *Relatório Interno*, 1992.
- FIEDLER, H.D. & SOLARI, J. Caracterização do impacto ambiental da mina de Candiota sobre as águas superficiais da região. XIII Encontro de Tratamento de Minérios e Hidrometalurgia, *Anais...* 483-498, 1988.
- FIEDLER, H.D.; MARTINS, A.F.; SOLARI, J. Meio ambiente e complexos carboelétricos: o caso de Candiota. *Ciência Hoje*, 12 (68): 38-45, 1990.
- FIORINO, D. Making environmental policy. University of California Press, 1995.
- "Environmental risk and democratic process". *Columbia Journal of Law*. 14, nº. 01. 1989
- GRUPO CERRO LARGO PRO CONDICIONES DE VIDA. I Encuentro Internacional de Medio Ambiente. Cerro Largo: Uruguai, 1990.
- Relatório final de atividades. Cerro Largo: Uruguai, 1992.
- JABLONSKI, A.; TEIXEIRA, E.C; PESTANA, M.H.D. Description of the environmental situation of the coal region in the State of Rio Grande do Sul, Brazil. II Int. Conf. Environ. Issues Manag. Waste in Energy and Mineral Production. *Proceedings...* Calgary, Alberta, Canada. 257-267, 1992.
- JICA – Japan International Cooperatin Agency. The Study on evaluation of environmental quality in regions under influence of coal steam power plants in the Federative Republic of Brazil. *Final Report.*, 1997.
- MACHADO, J.L.F. Mineração de carvão: contaminação e vulnerabilidade dos mananciais. II Simp. Sul-Bras. de Geol., *Anais...* 539-552, 1985.
- MARTINS, A.F. & ZANELLA, R. Análise de águas de superfície e de profundidade da região de Candiota, RS: determinação da concentração de elementos traços de relevância ambiental, elementos menores e macroelementos. II Cong. Bras. de Geoq., *Anais...*Vol.2:217-223, 1987.
- MARTINS, A.F. & ZANELLA, R. Estudo analítico-ambiental na região carboenergética de Candiota, Bagé (RS). *Ciência e Cultura*, 42(3/4):264-270, 1990.
- MIGLIAVACCA, D.M. Estudo da precipitação atmosférica na região de Candiota, RS. *Dissertação* (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, PUCRS, Porto Alegre.131p, 2001.
- MIGLIAVACCA, D.; TEIXEIRA E.C.; PIRES. M.; FACHEL, J. Major ions and metallic elements in total and wet precipitation. Submetido a *Atmospheric Environmet*, 2003.

- MINISTERIO DE GANADERIA Y PESCA DE URUGUAY. Relatório Técnico da Direção de Solos. Montevideo: Uruguai, 24 de janeiro de 1989.
- MORCH, M. Investigação do grau de contaminação de solos e de sedimentos das regiões de Candiota e de Charqueadas (RS) com elementos-traço de relevância ambiental. Diss. Mestrado, Santa Maria, PPQ/UFSM. 134p, 1991.
- PROGRAMA DE TRABAJO BRASIL-URUGUAY EN REGIÓN DE CANDIOTA. Acta de Reunión. Montevideo: Dinama, Mvotma, 1-2 setembro 1994.
- RÓTULO, D. "Acuerdos Brasil-Uruguay e implementación de políticas de regulación y monitoreo ambiental de la polución transfronteriza presuntamente generada por la usina termoeléctrica Presidente Médici (Candiota)" Anais da XXXVII Assembléia do CLADEA Porto Alegre: Brasil, 2002.
- SANCHEZ, J. & FORMOSO, M.. "Utilização do carvão e meio ambiente". Boletim Técnico nº.20, dezembro. Fundação de Ciência e Tecnologia. Secretaria de Ciência e Tecnologia, 1990.
- SANTANDREU, A. e GUDYNAS, A. Ciudadanía en movimiento. Participación y conflictos ambientales. Montevideo: Claes, Fesur e editora Trilce, 1998.
- STRECK, C 1999
- STRECK, C. D. *Estudo da qualidade das águas superficiais e estimativas dos fluxos de elementos-traço na região de Candiota, RS*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, PUCRS, Porto Alegre, 2001.
- SUSSKIND, LAWRENCE & PATRICK FIELD. Dealing with an angry public. The mutual gains approach to resolving disputes. United States of America, the Free Press, New York, 1996.
- TEIXEIRA, E.C. MIGLIAVACCA, D. E PIRES, M. Precipitação atmosférica em áreas de processamento de carvão. *Meio Ambiente e Carvão*. Coord. Teixeira E.C. e Pires, M.J.R. Porto Alegre: FINEP/CAPES/PADCT/GTM/PUCRS/UFSC/FEPAM, 275-297, 2002
- TOR, D. et alii. Lluvia ácida: Candiota. Análisis global y acciones políticas. Montevideo: editora Ideas, Uruguay, 1992.
- WILDEMAN, T.R. Drainage from coal mines: chemistry and environmental problems. In: *Geology in coal resource utilization*. VA, USA, 449-511, 1991.