

# AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DE CONTROLE DE ODOR A PARTIR DA OPERAÇÃO DA REDE DE PERCEPÇÃO DE ODOR DA ARACRUZ CELULOSE SA.

Alberto Carvalho de Oliveira Filho - Aracruz Celulose SA e  
Rogério Silveira de Queiroz - Universidade Federal do Espírito Santo

## RESUMO

A moderna concepção de controle ambiental de lançamentos de gases e partículas para a atmosfera inclui o uso de políticas de análise dos problemas em conjunto com as populações afetadas, com estímulo à sua participação nas decisões gerenciais para estabelecimento dos controles e nas discussões técnicas para avaliação das suas reais dimensões e das possibilidades de sua solução. Indubitavelmente o odor gera incômodos e as populações afetadas devem estar conscientes de suas causas e dos modos de redução tecnicamente viáveis. Outrossim, quando mesmo com rigorosos controles a propagação de determinados gases em mínimas concentrações não detectáveis de maneira corriqueira gera incômodos relativos à percepção de odores devem ser estabelecidas políticas de profunda análise do grau de exposição das populações através de um esforço conjunto e com confiança mútua de modo a minimizar os episódios. Com estes pontos de vista a Aracruz Celulose SA desenvolveu um programa de comunicação de percepção de odores provenientes de suas operações com o uso de uma rede de pessoas das comunidades, devidamente treinadas, motivadas e empenhadas em uma parceria responsável. Os resultados de percepção são acompanhados por simulação via softwares e dados meteorológicos com alta confiabilidade com o intuito de demonstrar a possibilidade dos episódios serem causados pelas operações da ARCEL. Estudos estatísticos dos lançamentos dos gases, das condições meteorológicas e das percepções comunicadas permitem a avaliação da necessidade e da eficiência de controles adicionais. Nos estudos aqui apresentados evidencia-se a grande influência de fatores microclimatológicos relativos às características turbulentas da dispersão atmosférica local que se constituem no mais importante fator para a percepção de odores, mesmo com a manutenção de todas as fontes dentro dos limites estabelecidos por força de legislação.

Palavras-chave: Odores, Processo Kraft, Rede de Percepção, Estatística.

## INTRODUÇÃO

O odor característico dos processos relacionados à produção de celulose pelo processo Kraft tem sido apontado como um dos principais impactos causados por instalações deste tipo em todo o mundo. De fato, estando as demais fontes de contaminação atmosférica sob controle e superados, com o uso de tecnologias e programas gerenciais adequados, os problemas relacionados a impactos ambientais sobre outros elementos do meio físico, o incômodo causado pelo odor manifesta-se como um aspecto sensível e desafiador nos programas de controle em fábricas de celulose.

Dois principais aspectos devem ser considerados para análise deste problema. Em primeiro lugar, as características subjetivas da percepção do odor podem estar relacionadas a níveis de reclamações muitas vezes não condizentes com reais problemas de emissões. Em segundo lugar, como concentrações ambientais muito baixas podem causar a percepção do odor, lançamentos pontuais ou fugitivos de pequenas proporções e de curta duração podem ser a causa de concentrações momentâneas que causem desconforto às populações.

Baseado no fato de que reclamações sobre percepção de odores não-gradáveis, provindas de uma comunidade, indicam com certeza a existência de problemas de controle na origem, quer sejam eles técnicos ou gerenciais, foi estabelecida a rede de percepção de odor da Aracruz Celulose SA (RPO). Através das informações dessa rede, composta por pessoas indicadas pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Estado do Espírito Santo, são avaliadas as condições dispersivas que influenciaram a dispersão de gases que potencialmente podem causar odor, as origens potenciais de emissões que poderiam causar o

problema e a possibilidade das reclamações encaminhadas estarem sujeitas a erros de avaliação por parte dos reclamantes.

Neste trabalho são apresentadas a caracterização técnica do problema, relacionando as fontes de odor pontuais, a micrometeorologia local e as características de dispersão atmosférica, a avaliação das comunicações de percepção de odor encaminhadas, e os esforços de controle técnico e gerenciais responsáveis pela resposta da empresa e pela visão pró-ativa, exercitada no sentido de antecipação aos problemas, evitando o seu surgimento e não apenas tentando correções.

## A PERCEPÇÃO DE ODORES

Odores são resultantes da recepção de estímulos pelo sistema sensorial olfativo que consiste de dois sub-sistemas separados, o epitélio olfativo e o nervo trigeminal. O órgão olfativo humano (e de outros animais) pode perceber milhares de odores diferentes e pode detectar os elementos causadores em concentrações inferiores àquelas passíveis de detecção mesmo pelos processos cromatográficos mais sofisticados.

A intensidade dos odores percebidos pelos seres humanos é uma medida indireta das concentrações dos compostos que os estão causando. A intensidade do odor está, aparentemente, relacionada à concentração de uma dada espécie química através da expressão 1, conhecida como a lei de Stevens, e onde o expoente n depende do causador do odor e varia de 0.2 a 0.8.

$$I = K(C)^n \quad (1)$$

Deve ser notado que, para expoente n mais baixos seria necessária uma redução maior da concentração para uma dada diminuição do efeito I. O limite inferior de detecção de odores refere-se à concentração mínima que produz uma resposta olfativa. É determinado por um painel com um número especificado de pessoas e cujo resultado numérico é expresso quando 50% dos sujeitos do experimento detectam corretamente o odor. Os limites inferiores de percepção de alguns componentes das emissões típicas de plantas de produção de celulose branqueada estão mostrados na Tabela I.

Tabela I - Características de odor dos principais compostos emitidos por plantas de produção de celulose branqueada.

COMPOSTO	FÓRMULA	PESO MOLECULAR	VOLATILIDADE A 25°C (ppm)	LIMITE DE DETECÇÃO (ppm)	LIMITE DE RECONHECIMENTO (ppm)
AMIL MERCAPTANA	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> )SH	104	gas	0.0003	-
ETIL MERCAPTANA	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH	62	710000	0.0003	0.001
SULFETO DE HIDROGÊNIO	H <sub>2</sub> S	34	gas	0.0005	0.0047
METIL MERCAPTANA	CH <sub>3</sub> SH	48	gas	0.0005	0.001

Uma conceituação moderna e bastante aceita, relacionada ao controle do odor é que seria impraticável a eliminação completa de qualquer percepção além da instalação fabril mas seria possível um controle baseado no nível de incômodo de uma população, representada pela frequência e quantidade de comunicações.

No decorrer deste trabalho serão mostrados resultados reais da aplicação deste conceito, utilizando dados de 06 anos de comunicações da população do estado do Espírito Santo.

## HISTÓRICO DA REDE DE PERCEPÇÃO DE ODOR DA ARACRUZ CELULOSE SA

Quando da análise do estudo de impacto ambiental e seu relatório (EIA-RIMA) relacionados à duplicação da Aracruz Celulose SA em 1987, foi acordado pela equipe de avaliação e a direção da empresa a realização de estudos e a implantação da RPO. O objetivo era monitorar qualitativamente o impacto da duplicação sobre a população no aspecto ligado às emissões de compostos reduzidos de enxofre (TRS).

Em 1991 foi estabelecida a RPO com a participação de 44 pessoas com a distribuição por localidade mostrada na Tabela II.

Tabela II - Configuração inicial e atual da RPO-ARCEL .

LOCALIDADE	DISTÂNCIA DA PLANTA (Km)	NÚMERO DE PARTICIPANTES EM 1991	NÚMERO DE PARTICIPANTES EM 1998
ARACRUZ	20	1	6
CARIACICA	59		2
COLATINA	68	6	2
FUNDÃO	35	6	2
IBIRAÇU	30	4	2
JACARAÍPE	35		2
JACUPEMBA	32	3	1
JOÃO NEIVA	36	5	1
LINHARES	59	6	6
SERRA	38	4	3
VILA VELHA	59	4	7
VITÓRIA	55	5	13

Paralelamente à instituição da RPO era iniciado o processo de acompanhamento das comunicações de percepção de odor através do uso de modelos de dispersão aplicados aos dados de lançamento de TRS disponíveis e às condições meteorológicas do dia da comunicação. Ao longo desses sete anos houve uma evolução considerável na forma de avaliação das comunicações de percepção de odor que resultaram no que é aqui relatado.

### METODOLOGIA

A RPO-ARCEL é hoje composta de 47 participantes com a distribuição mostrada na Tabela II. Os participantes recebem um treinamento para reconhecimento das características do odor causado pelo TRS nas instalações fabris da ARCEL, consistindo de visitas e familiarização com o odor característico.

As comunicações de percepção de odor são feitas através de impressos padronizados e devidamente prontos para postagem que são entregues aos participantes. Para cada comunicação feita é realizada a simulação das concentrações ambientais do dia, com o cálculo da dispersão de TRS desde a 12ª hora anterior à percepção até a 11ª hora posterior, sendo os resultados expressos em concentrações máximas horárias durante aquele período. São usados como dados de entrada as variáveis meteorológicas como médias horárias e as médias das emissões de TRS nos pontos principais de lançamento, monitoradas continuamente.

A cada seis meses são realizadas reuniões com os participantes da RPO, com a apresentação de palestras relacionadas à questão ambiental e do relatório do período em que são mostrados os percentuais de concordância entre as simulações e as comunicações. Atualmente, a simulação da dispersão é capaz de confirmar os casos possíveis e de levantar o

questionamento sobre os casos impossíveis, através do mapeamento da ação do contaminante.

Os estudos e resultados que serão apresentados a seguir comportam testes estatísticos sobre os emissores, sobre a micrometeorologia da região e sobre as comunicações e sua relação com indicadores da capacidade dispersiva da região.

## ESTUDOS SOBRE AS EMISSÕES DE TRS

Para o estudo mostrado a seguir foram considerados os dados dos anos de 1995 a 1997 do monitoramento de TRS lançado pelas caldeiras A e B e pelos fornos de cal. Sobre as séries originais foram feitas amostras com os tamanhos mostrados na Tabela III. As amostras foram avaliadas segundo os critérios de excedências aos valores limites ( 6 ppm para os fornos de cal e 2 ppm pelas caldeiras de recuperação) levando aos resultados mostrados na Tabela III para as séries completas e para controles com base em sinalização das médias móveis de 3, 6 e 12 horas. Na Tabela IV são mostradas as grandezas estatísticas para as amostras.

Tabela III - Violações aos padrões de lançamento de TRS.

SÉRIE AVALIADA	FORNOS DE CAL	CALDEIRA A	CALDEIRA B
(Tamanho)	698	1761	1666
ORIGINAL	7	7	15
M3	3	0	0
M6	0	0	0
M12	0	0	0

Tabela IV - Grandezas estatísticas calculadas.

GRANDEZA	FORNOS DE CAL	CALDEIRA A	CALDEIRA B
MÉDIA	2.6325	0.3633	0.2170
INTERVALO DA MÉDIA ( $\alpha=0.05$ )	$2.5371 < \mu < 2.7278$	$0.2065 < \mu < 0.2275$	$0.3452 < \mu < 0.3814$
VARIÂNCIA	1.6463	0.0506	0.1414
DESVIO PADRÃO	1.2831	0.2250	0.3761

Para os lançamentos de TRS pelos fornos de cal foi conseguido o ajuste de uma função densidade de probabilidade de Weibull, conforme pode ser visto na Figura 1, com os parâmetros  $\alpha = 2.19081$  e  $\beta = 2.98101$ . O bom ajuste ( $p = 0.39$ ) permite, para este caso, o cálculo de probabilidades de excedência a valores fixos, mostrados na Figura 2.

A interpretação dos dados das Tabelas II e IV mostra que o comportamento das emissões de TRS muito raramente ( menos que 1% dos acontecimentos) excede os limites impostos por legislação. O controle simulado, com base em atuação para diminuição das emissões sempre que uma média móvel com base em 3, 6 ou 12 horas ultrapasse o limite mostra que não existe diferença entre essas bases de tomada de decisão. A base de tomada de decisão utilizada nos dados deste trabalho foi referente à média móvel de três horas.

Quanto aos fornos de cal, fica claro que concentrações acima de 5 ppm ocorreram e ocorrerão com a manutenção das atuais condições de operação e controle com uma probabilidade de menos de 4 %, com uma segurança de 95 %. Todas as conclusões e informações referentes ao controle de emissões são, portanto, estritamente seguras e baseadas em uma rigorosa avaliação estatística e probabilística de séries de acontecimentos reais e de simulações de filosofias de controle.

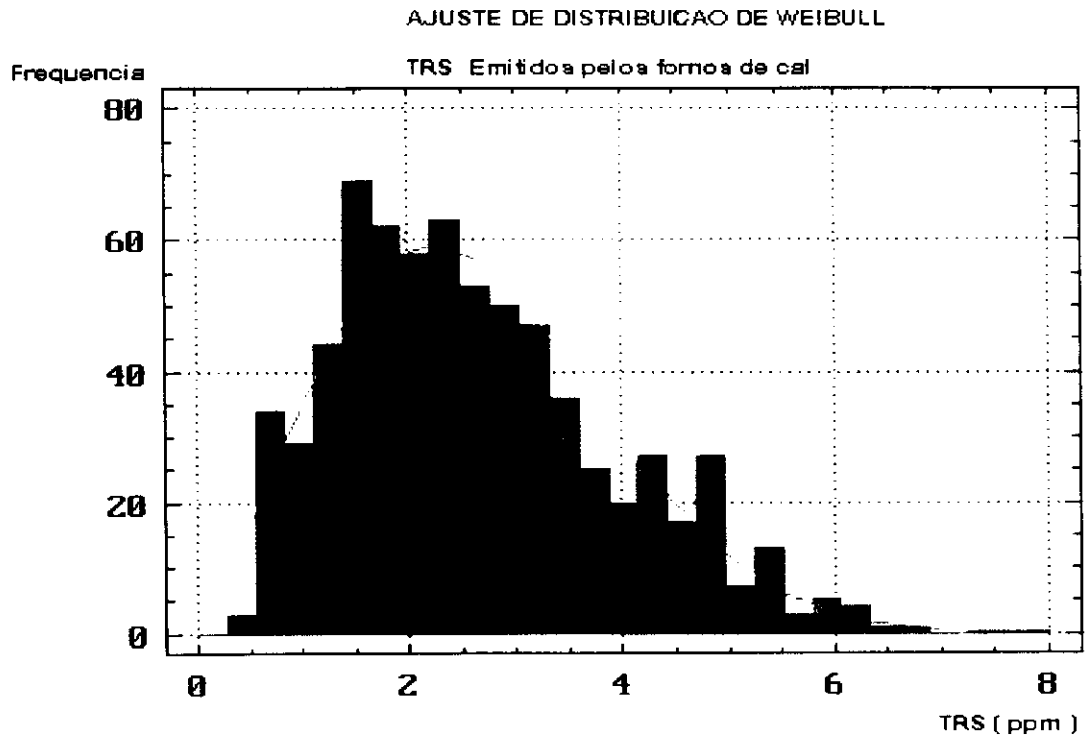


Figura 1 - Ajuste de fdp de Weibull às emissões de TRS pelos fornos de cal.

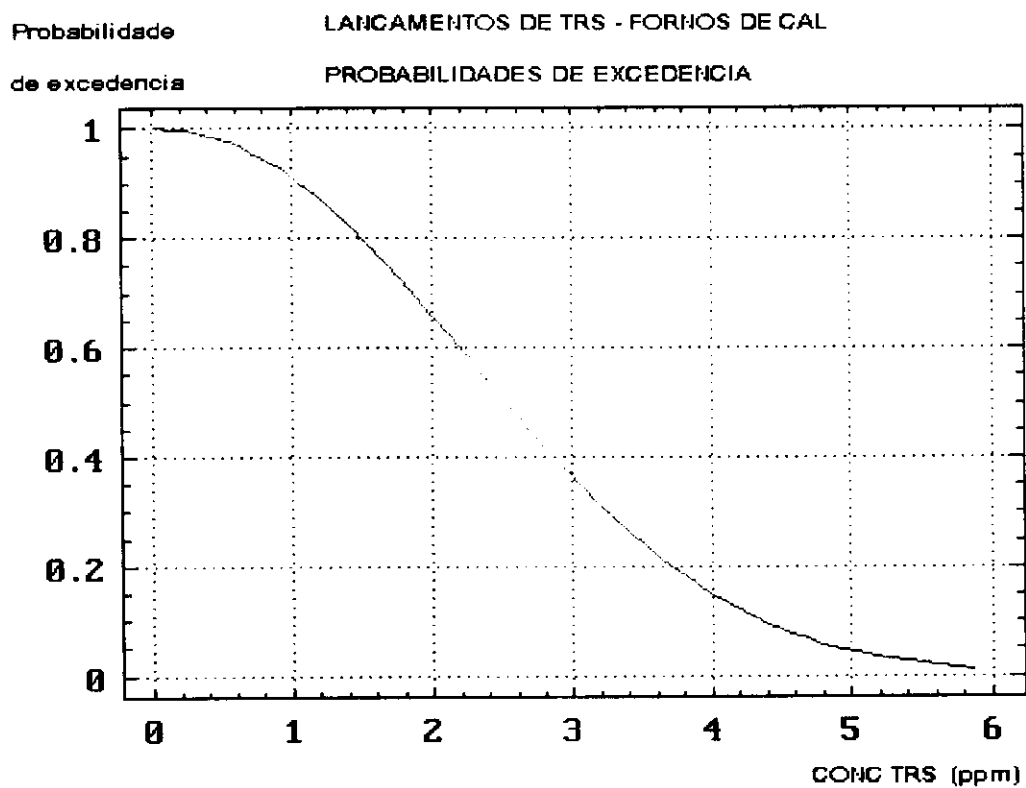


Figura 2 - Probabilidades de emissões com excedências a concentrações típicas - TRS fornos.

## ESTUDOS SOBRE A MICROMETEOROLOGIA LOCAL

Todos os dados meteorológicos horários disponíveis entre os anos de 1994 e 1997 foram analisados, buscando estabelecer uma conexão entre a capacidade dispersiva da atmosfera da região e grupos de meses.

Na Tabela V são mostrados os resultados das classes de velocidade dos ventos observadas hora a hora para quatro conjuntos de três meses iniciados com dezembro. As classes seguem o padrão de estabilidade proposto por Pasquill e Turner. Na Tabela VI são mostrados os resultados para as mesmas condições e períodos de meses, concernentes à insolação, utilizando dados de 1996 e 1997.

Tabela V - Classes horárias de velocidades dos ventos. Os conjuntos utilizados para classificação foram: Classe 1 (< 2 m/s); Classe 2 (2,3)m/s; Classe 3 ( 3,5) m/s.

HORA	AGRUPAMENTO DE MESES			
	DEZ-JAN-FEV	MAR-ABR-MAI	JUN-JUL-AGO	SET-OUT-NOV
00	1	1	1	1+
01	1	1	1	1+
02	1	1	1	1+
03	1	1	1	1
04	1	1	1	1
05	1+	1	1	1+
06	1+	1	1	1+
07	3+	1	1	2+
08	3+	1+	2+	3
09	3	3+	2+	3
10	3	3	3+	3
11	3	3	3	3
12	3	3	3	3
13	3	3	3	3
14	3	3	3	3
15	3	3	3	3
16	3	3	3	3
17	3	2-3 *	3+	3
18	3	1+	2+	3
19	3	1+	2+	3
20	2+	1	2+	2+
21	1+	1	1	2+
22	1+	1	1	2
23	1+	1	1	2+

(+) - Valores com maior frequência mas sem diferenças estatísticas entre classes.

(\*) - Classes empatadas e com mesma frequência

Tabela VI - Classes horárias de insolação. Os conjuntos utilizados para classificação foram: Classe 6 (< 350 W/m<sup>2</sup>); Classe 7 ( 350.700 W/m<sup>2</sup>); Classe 8 (> 700W/m<sup>2</sup>).

HORA	AGRUPAMENTO DE MESES			
	DEZ-JAN-FEV	MAR-ABR-MAI	JUN-JUL-AGO	SET-OUT-NOV
06	6	6	6	6
07	6	6	6	6
08	7	6	6	6+
09	7	7	7+	7+
10	8+	7	7	7+
11	8	8+	7	8+
12	8	8	8+	8
13	8	8	7+	8
14	8	7	7	8+
15	8	7	7	7+
16	7	6	6	6
17	6	6	6	6
18	6	6	6	6

(+) - Valores com maior frequência mas sem diferenças estatísticas entre classes.

Na Tabela VII são mostrados os resultados da aplicação dos critérios de Pasquill-Turner, considerando as combinações dos conjuntos de velocidades medidas e a radiação solar incidente. As classes noturnas foram consideradas como E, em virtude das velocidades predominantes de vento, visto que não existem observações sistematizadas da cobertura de nùvens para um balanço da energia perdida pela superfície do solo por radiação.

Tabela VII - Classes de estabilidade diurnas ajustadas

HORA	AGRUPAMENTO DE MESES			
	DEZ-JAN-FEV	MAR-ABR-MAI	JUN-JUL-AGO	SET-OUT-NOV
06	B	B	B	B
07	B	B	B	B
08	B	B	C	C
09	B	C	B	C
10	A	C	C	C
11	A	B	C	B
12	A	B	B	B
13	A	B	C	B
14	A	C	C	B
15	A	C	C	C
16	B	C	C	C
17	B	C	C	C
18	B	C	C	C

Na Figura 03 são mostrados os índices da capacidade dispersiva diurna, baseado na relação entre horas de instabilidade (A+B) e total de horas com insolação.

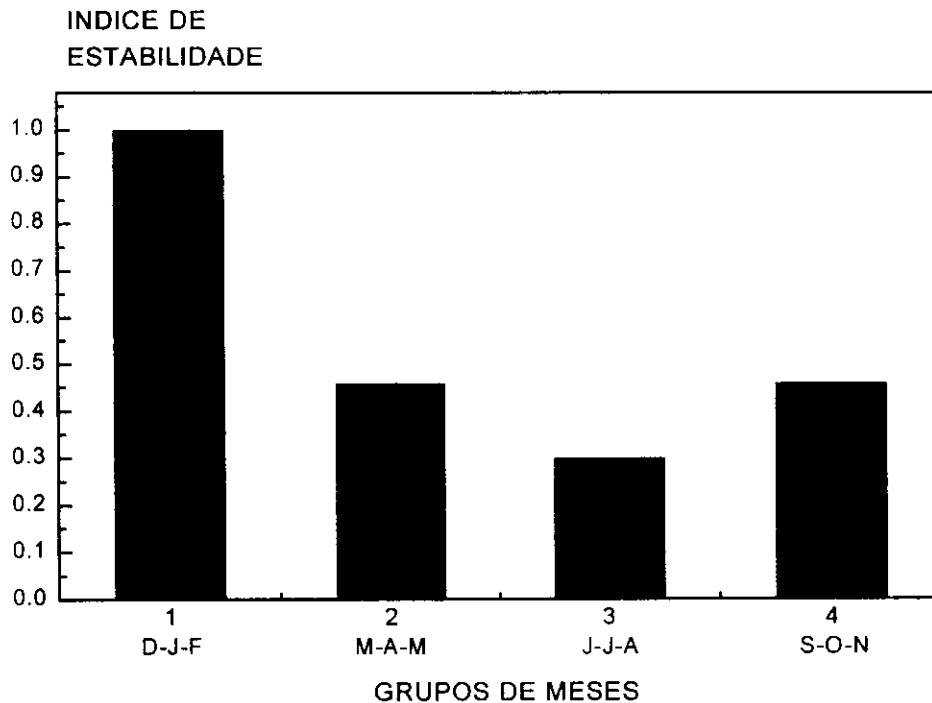


Figura 03 - Índice de capacidade dispersiva diurna da região de Aracruz.

## RESULTADOS DAS COMUNICAÇÕES

Na Tabela VIII são mostrados os quantitativos de comunicações por meses do ano e nas Tabelas IX e X os quantitativos por horas do dia.

Tabela VIII - Ocorrências de percepção de odor nos meses do ano.

OCORRÊNCIAS POR MÊS											
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
8	8	18	8	16	31	15	19	10	11	9	10

Tabela IX - Ocorrências de percepção de odor nas horas do dia

OCORRÊNCIAS POR HORAS DO DIA(01 ÀS 12 H)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-	1	3	1	-	1	1	6	3	1	2	2

Tabela X - Ocorrências de percepção de odor nas horas do dia

OCORRÊNCIAS POR HORAS DO DIA(13 ÀS 24 H)											
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	1	8	9	14	19	22	40	16	6	6	-



## ESTUDOS DE CASOS DO ANO DE 1996.

O ano de 1996 foi escolhido para estudo de casos por já terem sido tomados públicos os resultados da RPO e por serem os dados meteorológicos e de emissões fartamente documentados e avaliados estatisticamente. Durante 1996 foram comunicadas percepções de odor conforme a Tabela XI

Tabela XI - Locais com maiores comunicações de percepção de odor em 1996.

LOCAL	Nº COMUNICAÇÕES	PERÍODO DO DIA	MÊS
JACARAÍPE	08	19 - 21	Junho e novembro
JACUPEMBA	07	15 - 17	Junho e dezembro
TIMBUI	02	18 - 21	Junho
VITÓRIA	02	20 - 22	Maio e agosto
FUNDÃO	02	18 - 20	Junho e novembro

As tabelas de contingência constantes das Tabelas XII, XIII e XIV foram montadas com o intuito de avaliar se havia alguma conexão causal entre a percepção classificada pelos participantes da RPO como odor forte ou fraco e as emissões de TRS da caldeira A, caldeira B e fornos de cal. As Tabelas XV e XVI são tabulações contingenciais para avaliar relações entre meses do ano e horas do dia e as percepções de odor forte ou fraco.

Tabela XII - Tabulação contingencial entre odor e emissões de TRS pela caldeira A.

PERCEPÇÃO COMUNICADA	EMISSIONES CALDEIRA A - ppm de TRS			
	< 0.1	0.1 a 0.3	0.3 a 0.5	> 0.5
ODOR FORTE	5	7	0	1
ODOR FRACO	5	4	2	1

Tabela XIII - Tabulação contingencial entre odor e emissões de TRS pela caldeira B.

PERCEPÇÃO COMUNICADA	EMISSIONES CALDEIRA B - ppm de TRS			
	< 0.1	0.1 a 0.3	0.3 a 0.5	> 0.5
ODOR FORTE	3	4	4	4
ODOR FRACO	0	5	5	2

Tabela XIV - Tabulação contingencial entre odor e emissões de TRS pelos fornos de cal.

PERCEPÇÃO COMUNICADA	EMISSIONES FORNOS DE CAL - ppm de TRS			
	< 2	2 a 3	3 a 5	> 5
ODOR FORTE	5	5	5	0
ODOR FRACO	1	7	4	1

Tabela XV - Tabulação contingencial entre odor e os meses do ano

	MESES DO ANO											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ODOR FORTE	6	6	10	5	8	13	7	15	2	7	5	5
ODOR FRACO	2	2	8	3	8	18	8	4	8	1	4	5

Tabela XVI - Tabulação contingencial entre odor e as horas do dia.

	HORAS DO DIA					
	1 às 4	5 às 8	9 às 12	13 às 16	17 às 20	21 às 24
ODOR FORTE	2	3	5	11	51	17
ODOR FRACO	3	5	3	8	44	11

Os testes de  $\chi^2$  sob um nível de confiança de 95% são mostrados na Tabela XVII juntamente com a probabilidade  $\alpha$  de ser excedido o valor de  $\chi^2$  por efeitos de acaso.

Tabela XVII - Valores de  $\chi^2$  e probabilidade de sua excedência por acaso para os testes de contingência.

EMISSOR/SITUAÇÃO	$\chi^2$	Probabilidade de acaso
CALDEIRA A	2.80	0.43
CALDEIRA B	3.60	0.31
FORNOS DE CAL	3.99	0.26
DEP. MESES DO ANO	18.38	0.073
DEP. HORAS DO DIA	2.11	0.83

Pode ser assegurado com a análise feita e sob um nível de confiança de 95% que a percepção que os componentes da rede têm de odor fraco ou forte não está relacionada às faixas de emissões das caldeiras A e B ou do forno de cal e nem às horas do dia ou aos meses do ano. No entanto, na avaliação micrometeorológica e no histórico de percepções por meses do ano e por horas do dia pode ser percebida a forte relação com a capacidade dispersiva menos efetiva dos meses de maio a agosto e as percepções globais de odor.

No que concerne às horas do dia também fica evidente que de 17 às 21 horas há uma inequívoca maioria de comunicações, relacionadas à baixa capacidade dispersiva noturna local. Isto é, a rede percebe localmente a baixa dispersão dos gases já diluídos que alcançam os postos de observação durante parte do dia e que se dissipam com menos facilidade à noite.

### **ANÁLISE DAS CONSTATAÇÕES DE UM CASO COMPROVADO E UM CASO IMPOSSÍVEL DE PERCEPÇÃO DE ODOR DEVIDO A CONCENTRAÇÕES DE TRS DISPERSO.**

Do ano de 1996 foram escolhidas duas comunicações para análise. A primeira se deu no dia 14 de novembro na localidade de Jacaraípe, no litoral, 35 Km a sudoeste da planta da ARCEL. O participante da RPO comunicou que a percepção de odor se deu às 6 horas. Rastreadas as condições meteorológicas e as emissões de TRS continuamente monitoradas pode ser montado o cenário de máximas horárias naquele dia, conforme mostrado na Figura 08.

Embora todos os registros mostrem que as caldeiras e o forno estavam com lançamentos abaixo dos limites preconizados pela legislação em todas as médias horárias que antecederam a percepção, a direção norte dos ventos que predominou em onze das doze horas precedentes, a baixa velocidade e, provavelmente, o fato da pluma ter-se encaminhado sobre o mar e à noite (portanto sob fraca capacidade dispersiva) leva a concluir que a reclamação pode ser considerada procedente, por terem regiões próximas ao eixo da pluma, atingido 0.4 ppb.

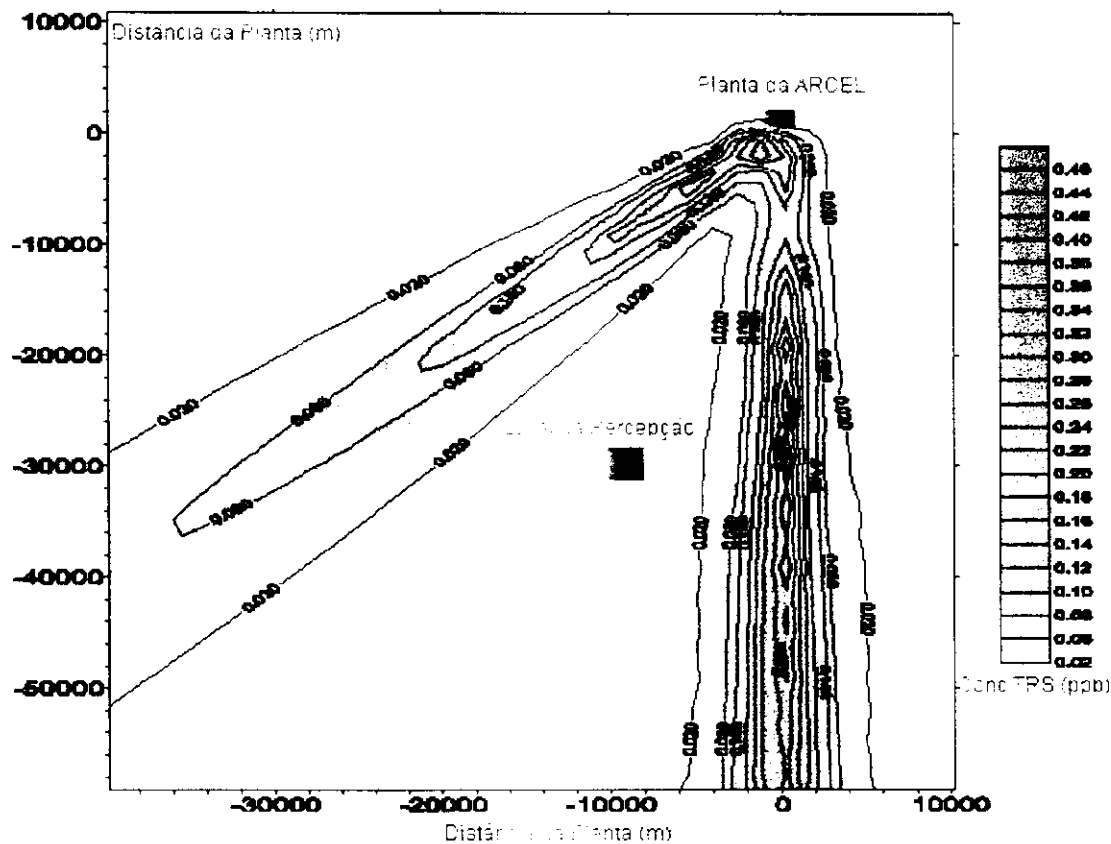


Figura 08 - Concentrações máximas horárias de TRS verificadas no dia 14 de novembro de 1996.

A segunda comunicação estudada se deu no dia 25 de maio em Jacupemba, situada a 31 Km a noroeste da planta da ARCEL. Foi comunicada uma percepção de odor às 18 horas. O rastreamento indicou que todas as médias horárias monitoradas de emissões de TRS estavam abaixo dos limites e as máximas concentrações horárias ambientais foram simuladas como mostrado na Figura 09. Todas as direções de vento monitoradas no dia estiveram nas marcas de sul, sudeste ou sudoeste e as condições de dispersão diurnas permaneceram nas classes B e C. Portanto, a comunicação foi, provavelmente, um erro de identificação de características de odor.

## O ESFORÇO GERENCIAL E OS PROGRAMAS DE CONTROLE DE EMISSÕES FUGITIVAS

Em função das constatações de que o odor oriundo da operação regular da planta da ARCEL era percebido em locais mesmo distantes, como consequência de concentrações mesmo muito baixas ocasionadas pela capacidade dispersiva da região optou-se pela correção de emissões mínimas fugitivas. Em paralelo os controles de lançamento pelos maiores contribuidores de TRS são objeto de contínua melhoria.

Os seguintes pontos foram abordados no controle de emissões fugitivas e das caldeiras e forno de cal.

- 1 - Estabelecimento de um programa com linhas de ação específicas, objetivando inspeções e monitoramento periódicos.
- 2 - Queima de gases diluídos nas caldeiras de biomassa, viabilizando o uso dos GNC's diluídos da fábrica A para a fábrica B e vice-versa, fato comum quando da parada de uma caldeira.

3 - Instalação de lavadores de gases e posterior queima nas caldeiras de recuperação. Com esta melhoria foram eliminadas as chaminés dos tanques de dissolução das caldeiras de recuperação A e B.

4 - Instalação de sistema de lavagem de gases e separação de metanol com queima nas caldeiras, melhorando consideravelmente a qualidade dos GNC's e reduzindo as emissões de TRS nos fornos de cal.

5 - Instalação de "strippers" para controle de odor nas fábricas A e B.

Os investimentos em equipamentos e melhoria de qualidade de gases para queima foram da ordem de 16 milhões de dólares.

Com a manutenção da RPO e dos estudos da capacidade dispersiva da região é possível planejar paradas para manutenção de equipamentos e avaliar melhores condições para partidas de evaporações e fornos com a minimização de impactos de odor para as populações.

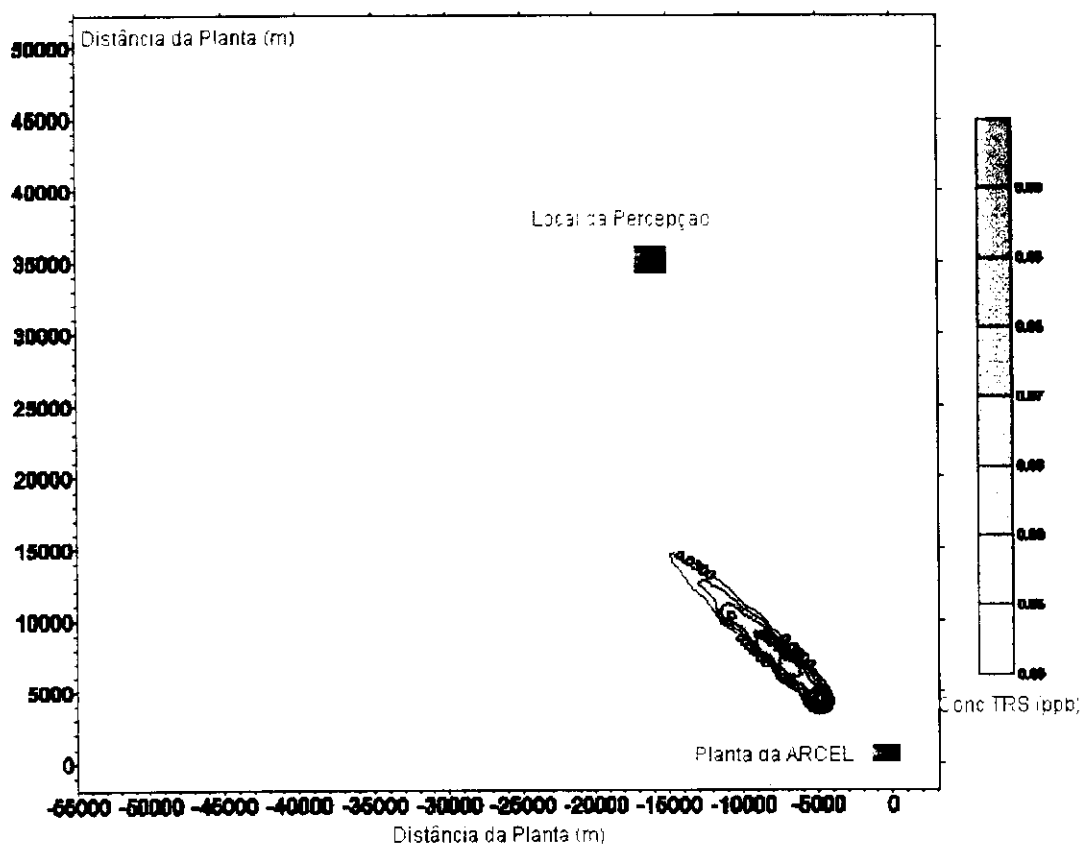


Figura 09 - Concentrações máximas horárias de TRS verificadas no dia 25 de maio de 1996.

## CONCLUSÕES

O uso de ferramentas estatísticas adequadas para avaliação de relações entre grandezas mensuráveis determinantes da capacidade dispersiva da atmosfera de uma região e a percepção qualitativa do odor mostra-se como uma ferramenta com poder bastante para orientar decisões de investimentos. Na região de influência da planta de produção de celulose da ARCEL, em Aracruz, Espírito Santo, foi possível a aplicação de indicadores meteorológicos, comunicações de percepção de odor de uma rede de sensores olfativos humanos, e monitoramento contínuo de fontes emissoras para alimentar o processo de decisão sobre investimentos em um programa de controle de emissões fugitivas e sobre investimentos em novos equipamentos, bem como estabelecer as melhores condições para operação em circunstâncias não favoráveis, como em partidas de equipamentos. A

metodologia é genérica o suficiente para aplicação em qualquer região e contribui enormemente para os aspectos gerenciais ligados à manutenção da relação de confiança entre empresa e comunidade e no refinamento desse relacionamento pela carga de transparência que a envolve.

## BIBLIOGRAFIA

- Benaire, M. M; The Limits of Air Pollution Modelling, *Atmospheric Environment*, 21, 01, pp 1-5, 1987 (Editorial).
- Bethea, R. E Rhinehart, R. R; Applied Engineering Statistics, Marcel Dekker Inc; 1991.
- Box, G. E. P. , Hunter, W. G. e Hunter, J. S., Statistics for Experimenters. Wiley, N.Y; 1978.
- Chock, D. P. Statistics of Extreme Values of Air Quality - A Simulation Study, *Atmospheric Environment*, 19, 10, pp 1713-1724, 1985.
- Cochran, W., Sampling Techniques. 3°.ed. Wiley, N.Y, 1977.
- EPA - Environmental Protection Agency, ISCST3- Industrial Complex Short Term, Technical Documentation, 1996.
- Hollander, M.. e Wolfe, D. A., Nonparametric Statistical Methods. Wiley, N.Y; 1973.
- Kish, L., Survey Sampling. Wiley, N.Y, 1965.
- Queiroz, R. S. et alii, Comparação Entre Solução Numérica e uma Solução Exata Condicionada da Equação de Difusão Atmosférica, *Anais do 6th Latin American Congress of Heat and Mass Transfer*, 1996.
- Queiroz, R. S. et alii, Influência de Ilhas de Calor na Capacidade Dispersiva Atmosférica, *Revista Brasileira de Ciências Mecânicas*, 17, 3, pp. 314 - 321, 1995.
- Queiroz, R. S. e Santos, J. O. Avaliação do Uso de Modelos Simplificados da Difusividade Turbulenta na Modelagem da Dispersão de Gases na Atmosfera, *Anais do 18º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 1995.
- Queiroz, R. S. et alii, Avaliação da Capacidade Dispersiva da Atmosfera em uma Dada Região, *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica*, 1997.
- Searle, S. R., Linear Models. Wiley, N.Y; 1971.
- Snedecor, G. W. e Cochran, W. G., Statistical Methods. 7°. ed. The Iowa State University Press, 1980.
- Venkatram, A; An Examination of the Pasquill-Gifford-Turner Dispersion Scheme, *Atmospheric Environment*, 30, 8, pp. 1283 - 1290, 1996.
- Wang, I. T. Determination of Transport Wind Speed in the Gaussian Plume Diffusion Equation for Low-Lying Point Sources, *Atmospheric Environment*, 30, 4, pp. 661-665, 1996.
- WEF Manuals and Reports on Engineering Practice Nº 82, Odor Control in Wastewater Treatment Plants, 1995.
- Wilson, R. B, Review of Development and Application of CRSTER and MPTER Models, *Atmospheric Environment*, 27B, 1, pp. 41 - 57, 1993.