

DIRETORIA DE ENGENHARIA, TECNOLOGIA E QUALIDADE AMBIENTAL
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DO AR
DIVISÃO DE TECNOLOGIA DA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR

ANÁLISE DOS PADRÕES DE VENTO E DE SUA
INFLUÊNCIA SOBRE AS MÁXIMAS CONCENTRAÇÕES
DE OZÔNIO NA ESTAÇÃO IBIRAPUERA

NOVEMBRO – 2003

SUMÁRIO

Existe uma certa dificuldade para interpretar o efeito do transporte de massas de ar sobre as concentração de ozônio medidas nas estações de monitoramento, porque ainda que se conheçam as médias horárias de velocidade e direção de vento em superfície, as concentrações são fortemente influenciadas por condições locais, pela dinâmica não-linear de formação do ozônio e pela grande quantia de fontes primárias difusas.

Dessa forma, a estação Ibirapuera foi escolhida para este estudo por apresentar maior frequência de ultrapassagens do Padrão Nacional de Qualidade do Ar para o poluente ozônio, alta concentração média dentre as estações de monitoramento automático e por ser uma das principais estações estudadas dentro do Projeto Neural para previsão de concentrações de ozônio.

A abordagem deste relatório consiste na manipulação matemática do vento monitorado nas estações para produzir o Vento Resultante Médio (VRM). A partir deste foram desenvolvidos os seguintes estudos: 1) análise do VRM gerado a partir de várias estações de monitoramento e conforme seqüências de dados horários variáveis; 2) agrupamento estatístico dos dias em que os ventos apresentaram maior semelhança de direção quando analisadas várias estações de monitoramento espalhadas pela RMSP; 3) análises do padrão espacial de concentrações e de ventos por grupo gerado, e; 4) outras estatísticas complementares. Embora o estudo objetivasse encontrar informações de vento mais adequadas, outras variáveis puderam ser analisadas conjuntamente.

OBJETIVO

Melhorar a correlação existente entre a máxima concentração de ozônio monitorada na Estação Ibirapuera e os dados de vento monitorados na Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar da CETESB na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Esta melhora visa fornecer dados mais adequados para previsão das concentrações de ozônio por meio do Projeto de Políticas Públicas da FAPESP - “Desenvolvimento de tecnologia para previsão de ozônio na baixa atmosfera” (Projeto Neural) – desenvolvido em parceria com a Escola Politécnica da USP.

1. INTRODUÇÃO

A Estação Ibirapuera foi escolhida para este estudo por apresentar maior frequência de ultrapassagens do Padrão Nacional de Qualidade do Ar para o poluente ozônio, alta concentração média dentre as estações de monitoramento automático e por ser uma das principais estações estudadas dentro do “Projeto Neural” para previsão de concentrações de ozônio. Todavia, a mesma metodologia pode ser estendida para outras estações.

Existe uma certa dificuldade para interpretar o efeito do transporte de massas de ar sobre as concentração de ozônio medidas nas estações de monitoramento, assim como a sua relação com o entorno. Isso porque ainda que se conheçam as médias horárias de velocidade e direção de vento em superfície, as concentrações são fortemente influenciadas por condições locais, pela dinâmica não-linear de formação do ozônio e pela grande quantia de fontes primárias difusas.

Desse modo, uma possível abordagem de análise consiste na manipulação matemática do vento monitorado nas estações para produzir o Vento Resultante Médio (VRM). Através deste, foram desenvolvidos os seguintes estudos: 1) análise do VRM gerado a partir de várias estações de monitoramento e conforme seqüências de dados horários variáveis; 2) agrupamento estatístico dos dias em que os ventos apresentaram maior semelhança de direção quando analisadas várias estações de monitoramento espalhadas pela RMSP; 3) análises do padrão espacial de concentrações e de ventos por grupo gerado, e; 4) outras estatísticas complementares. Embora o estudo objetivasse encontrar informações de vento mais adequadas, outras variáveis puderam ser analisadas conjuntamente.

2. DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO

A Estação Ibirapuera está localizada dentro do Parque do Ibirapuera, em área residencial, urbana e plana. Relativamente afastada das fontes veiculares e industriais de influência direta, tem sua representatividade classificada, predominantemente, como urbana. Nos fins de semana e feriados,

com a maior circulação de veículos dentro e nas proximidades do Parque, devido as atividades de lazer, sua representatividade pode ser considerada de média-escala.

Nas Figuras 1 a 5 são exibidas imagens em diferentes ângulos e escalas da região vizinha. Nas imagens com maior resolução constata-se a presença de várias árvores no entorno com alturas superiores àquelas dos sensores meteorológicos. As árvores mais próximas, situadas ao norte e a sul da estação, e o bosque situado à sudeste com árvores mais altas, devem interferir consideravelmente nas medições de vento.

Na foto aérea e nas ortofotos, percebe-se que as fontes de emissão veicular mais próximas estão localizadas à cerca de 300m, ao sul da estação. Já as vias de tráfego intenso, Av. República do Líbano e Av. Rubem Berta, distam cerca de 0,5 e 1 Km a oeste e leste da estação, respectivamente.



FIGURA 1 - Vista de sudeste para noroeste da estação.



FIGURA 2 - Vista de norte para sul da estação.



FIGURA 3 - Visão aérea de oeste para leste da vizinhança próxima à estação.



FIGURA 4 - Ortofoto da vizinhança próxima à estação – ampliação em 50%



FIGURA 5 - Ortofoto da vizinhança próxima à estação – ampliação em 12%

3. METODOLOGIA

Abaixo estão descritos os procedimentos utilizados para o desenvolvimento deste estudo. As peculiaridades de cada análise são discutidas na seção de resultados. Na Figura 6 e na Tabela 1 abaixo estão ilustradas as estações da rede de monitoramento da qualidade do ar.

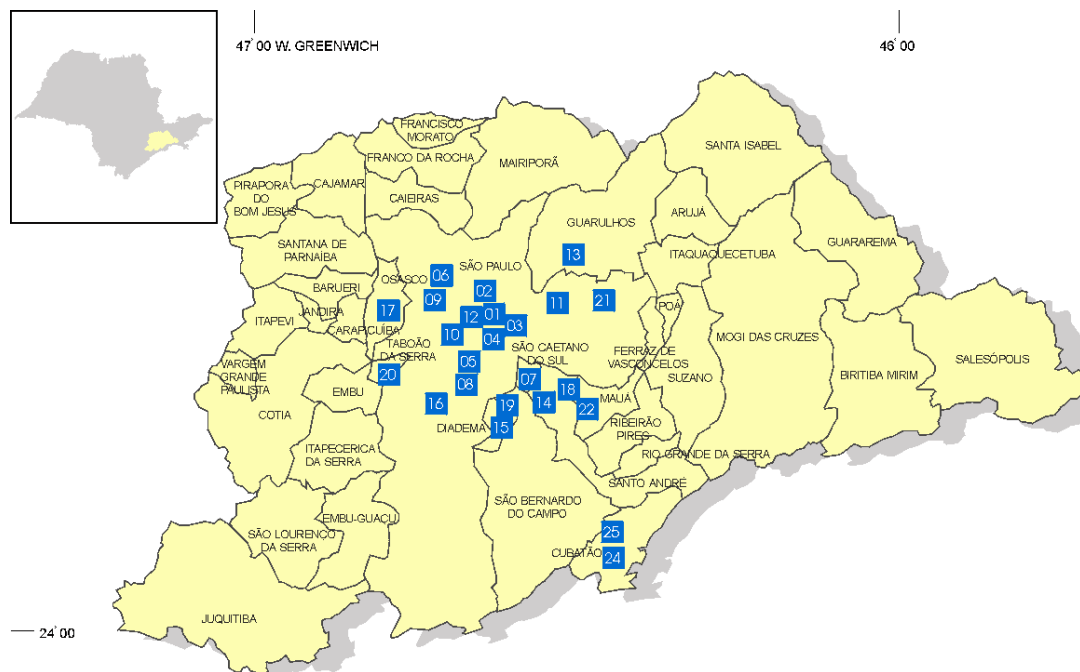


FIGURA 6 – Estações da Rede Telemétrica.

X_UTM	Y_UTM	Estação	Número
-46,6061	-23,5547	Parque D. Pedro II	1
-46,6092	-23,5221	Santana	2
-46,5606	-23,5645	Moóca	3
-46,5929	-23,5808	Cambuci	4
-46,6353	-23,6131	Ibirapuera	5
-46,6743	-23,5059	Nossa Sra. Ó	6
-46,5108	-23,6314	S.C.S	7
-46,6353	-23,6426	Congonhas	8
-46,6906	-23,5351	Lapa	9
-46,6516	-23,5775	C. Cesar	10
-46,492	-23,532	Penha	11
-46,621	-23,5657	Centro	12
-46,4662	-23,4668	Guarulhos	13
-46,5016	-23,6617	S.André	14
-46,5799	-23,701	Diadema	15
-46,6841	-23,6749	S. Amaro	16
-46,7768	-23,5543	Osasco	17
-46,4693	-23,6457	Cap	18
-46,5637	-23,6749	S.B.C	19
-46,7555	-23,6294	Taboão	20
-46,4207	-23,5221	S. Miguel Pta.	21
-46,437	-23,6718	Mauá	22
-46,3881	-23,8962	Cubatão	24
-46,3589	-23,8962	V. Parisi	25
-46,6866	-23,6058	Pinheiros	27

TABELA 1 – Estações e seus números de identificação

3.1 Vento Resultante Médio (VRM)

A análise da influência dos ventos de superfície sobre a concentração de certos poluentes deve considerar a forma como este é medido nas estações automáticas e entender o que significam ventos médios, resultantes e predominantes. Diferente dos outros parâmetros monitorados pela rede, o vento na superfície necessita de dois parâmetros para ser descrito: velocidade e direção. Além disso, a possibilidade de alteração brusca da direção do vento ao longo do período de medição torna difícil estabelecer um valor que possa ser utilizado como parâmetro para análise de episódios críticos por ozônio.

A toda hora, os monitores automáticos da Rede Telemétrica registram separadamente os dados de velocidade e direção de vento com periodicidade de 5 segundos. Ao final de cada hora até 720 valores podem ser registrados, a partir dos quais se determinam os dados horários médios de vento. Se houver predominância na direção do vento em um dado setor, obedecendo-se aí uma quantia mínima de dados previamente estabelecida, pode-se realizar a média aritmética desta e da velocidade, para então obter a *direção(WD)* e a *velocidade média (WS) de vento predominante* naquela hora. Caso contrário, o dado horário é representado por códigos identificadores de condições de *calmaria* ou direção de *vento variável*, e a *velocidade média* dos ventos é calculada sobre todos valores medidos na hora.

Alternativamente, outros dois valores médios podem ser gerados. São eles a *velocidade média global* ou *resultante (PWD)* e a *direção dos ventos global* ou *resultante (GWD)*, os quais se utilizam do cálculo de médias vetoriais, ao invés das aritméticas. Isso faz com que condições de calmaria e de vento variável sejam representadas por um valor médio de direção, ao invés de códigos, conforme mencionado no parágrafo anterior. Outra diferença é que a média vetorial é realizada apenas sobre os valores medidos de velocidade que forem diferentes de zero. Assim, diferente do vento predominante, que indica qual direção este soprou a maior parte do tempo, o vento resultante caracteriza a sobreposição de ventos de direção que podem ser distintas entre si, mas que caracteriza um deslocamento horizontal efetivo das massas de ar.

Nos casos em que a predominância da direção do vento é acentuada e/ou a velocidade média é superior a 0,5m/s, ambas as formas de representação se assemelham, mas com a velocidade global tendendo a ser inferior a aritmética. Nas condições inversas, em que não se caracteriza uma predominância na direção dos ventos ou a velocidade é menor que o limite inferior, o vento global continua a representar o deslocamento efetivo, que em geral tende a zero. Mas quando a velocidade é muito próxima de zero, é necessário considerar que a direção tende a ficar aleatória. O desvio padrão e a variação hora-a-hora na direção também podem auxiliar na análise da mudança de ventos num dado período.

A utilização do vento global faz com que o número de dados horários em que se observam códigos para descrever aspectos físicos seja consideravelmente menor, permitindo inclusive que sejam

manipulados matematicamente. Deve ser destacado que o cálculo de uma média resultante de ventos é uma representação matemática simplificada que permite a manipulação de muitos dados, mas que precisa sempre ser atrelada a realidade de cada situação. Ao utilizarmos seqüências de dados horários para cálculo do VRM, pode-se incorrer em certos erros, por ex.: quanto maior a seqüência de dados horários, maior a incerteza sobre a trajetória da massa de ar, já que a possibilidade de haver massas de ar distintas aumenta e, mesmo numa seqüência pequena de dados horários, podem ocorrer variações significativas na direção do vento, fato que tende a reduzir sua velocidade resultante. Uma alternativa é posteriormente avaliar a predominância e a variação hora-a-hora na direção de origem para cada grupo gerado.

O VRM pode ser calculado sobre uma região de interesse para uma dada hora (espacial) ou para uma seqüência de horários de uma única estação (temporal). Também é possível calcular o percentual de predominância dos ventos pela contagem do número de dados com direção encerrada num setor de 45 graus, centrado na direção de VRM.

3.2 Análise de Agrupamento (*Cluster Analysis*)

Uma outra abordagem para analisar o vento consiste em empregar a técnica multivariada de Análise de Agrupamento (*Cluster*) para identificar os dias em que as direções de vento das estações selecionadas foram semelhantes (estação-a-estação) nos horários que antecederam a ocorrência da máxima concentração de ozônio no Ibirapuera. Como o horário da máxima concentração de ozônio é variável e não-simultâneo em todas estações, a análise se torna específica da estação Ibirapuera, apesar de tendências de vento e concentração poderem ser observadas indiretamente para outras estações. Ainda assim, pode-se estabelecer os padrões de vento e concentração para a região metropolitana.

A Análise de Agrupamento é uma técnica que propõe reunir elementos semelhantes em um mesmo grupo, levando-se em consideração as variáveis selecionadas. O primeiro estágio é a conversão da matriz de dados, formada por n elementos e p variáveis ($n \times p$), em uma matriz de distâncias ou similaridades, medidas estas de semelhança entre dois elementos. Os processos de agrupamento permitem a sua representação gráfica através de um dendrograma, gráfico que ilustra todas as etapas do processo. Os grupos formados são caracterizados por terem homogeneidade máxima e também diferenciação máxima entre eles, em relação às variáveis selecionadas.

Dos vários métodos existentes para agrupar optou-se pelo de Ligação Simples, uma técnica de hierarquização aglomerativa, que é a mais conhecida e utilizada. O termo hierarquizado vem do fato de que o processo define uma hierarquia, na medida em que um grupo formado em um determinado passo corresponde a uma união de grupos formados em passos anteriores. O método da Ligação Simples, também denominado método do elemento mais próximo, é um dos mais simples e de maior utilização na Análise de Agrupamento. Além disso, é o único que satisfaz várias propriedades

analíticas, tendo como uma de suas características não exigir que o número de grupamentos seja fixado a priori. Quanto às medidas de distância utilizou-se, entre as várias existentes, a Euclidiana.

A seguir, um exemplo de dendrograma:

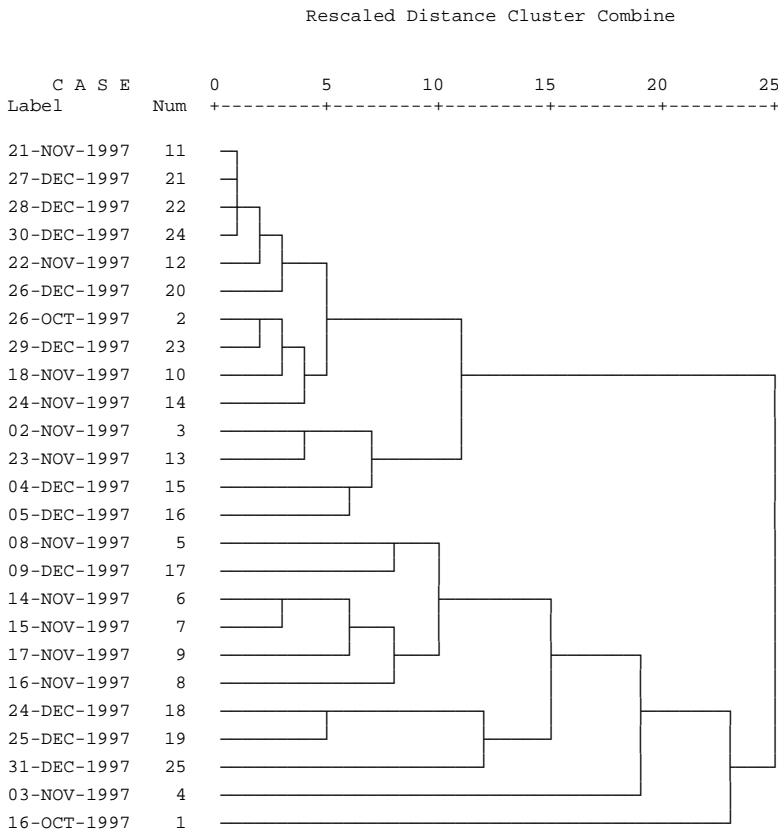


FIGURA 7 – Dendrograma representativo

Utilizou-se para os cálculos dos agrupamentos e dendrograma, o software estatístico SPSS. Para contornar alguns problemas que podem ocorrer no agrupamento dos dados, foram excluídas estações que apresentavam um grande número de falhas, ou dias em que alguma das estações não apresentavam dado de direção VRM. As estações utilizadas foram: 1, 2, 3, 5, 7, 9, 13, 14, 16, 17, 18, 19 e 21 (ver Tabela 1). A representatividade espacial das estações que monitoram o vento não foi diferenciada, pois assumiu-se que, ainda que ocorram perturbações locais, estas não devem se sobrepor à condição de vento atuante. Caso haja a sobreposição, esta não ocorrerá no conjunto das estações, de modo a ficar diluída na análise do conjunto.

Para o agrupamento foi escolhido o trimestre de outubro a dezembro para os anos de 1997 a 2000 como base de dados inicial, o que gerou cerca de 350 dias para o estudo. Após a exclusão dos dias e estações com falhas, o número de dias caiu para cerca de 240. Após terem sido definidos os grupos, os dias remanescentes (cerca de 90) foram alocados individualmente. Os meses escolhidos estão entre os que mais se observam episódios críticos para ozônio.

Os dados de direção de VRM foram obtidos do cálculo para cada uma das estações, acumulando 4 horas de dados anteriores à máxima de ozônio no Ibirapuera (hora da máxima + 3 horários antes). Foi gerada uma tabela com dados diários de direção, módulo e máxima de ozônio, respectivo a cada estação. Apenas a direção e a data foram utilizadas no agrupamento.

Um detalhe que exigiu alguns cuidados foi a equivalência de direções para valores próximos de 0 e 360 graus, ou seja, as direções de vento com valores próximos a estes tendem a representar a direção Norte, embora numericamente estejam distantes cerca de 360 graus, o que para efeito do software de análise de agrupamento não é entendido como condição semelhante, e portanto, de difícil agrupamento.

Assim, foi novamente necessário empregar um ajuste para os dados de direção de vento. Para cada conjunto de dados foram gerados dois novos conjuntos, os quais foram efetivamente empregados no agrupamento. Cada um dos conjuntos teve um deslocamento diferente dos dados de direção. Em um conjunto, os dados da base original que tinham direção entre 270 e 360 graus foram subtraídos de 360 graus, enquanto no outro, os dados com direção entre 0 e 90 graus foram somados de 360 graus. Com isso, a ambigüidade existente para a direção de VRM norte do conjunto de dados original, passa a acontecer nas direções leste e oeste em cada um dos dois novos conjuntos. Espera-se que condições de vento opostas não ocorram no mesmo horário, exceto em condições de calmaria, ou vento variável. Assim, a tendência é que em uma das análises de agrupamento, os dias com VRM leste sejam prejudicados, enquanto a maioria dos outros dias não o seja. De modo semelhante ocorre quando a análise é feita para VRM oeste. Da análise dos dois dendrogramas gerados para estes conjuntos, foram identificados os grupos e selecionados os dias pertencentes a cada um deles.

4. RESULTADOS

4.1 Análise espacial e temporal das correlações entre ozônio e outros parâmetros.

Os dados utilizados referem-se ao período dos meses de verão (outubro a fevereiro) de 1997 a 2000. Foram montados vários testes correlacionando sempre a máxima concentração de ozônio na Estação Ibirapuera com diferentes parâmetros de poluição e meteorologia, tanto desta, como de outras estações situadas na RMSP.

Na tabela 2 são apresentadas as correlações para 3 conjuntos (Redes) de estações. Na Rede 1, foram empregados dados da Estação Ibirapuera; na Rede 2, os dados das Estações Moóca, Ibirapuera, Osasco e São Bernardo do Campo, e na Rede 3, os dados das Estações Parque D. Pedro, Ibirapuera, Lapa, Santo Amaro e São Bernardo do Campo. Conforme o parâmetro (localizados nas colunas), foram utilizadas combinações distintas de estações, pois nem todas possuem os mesmos monitores (os números na primeira linha de cada rede identificam a estação das quais foram utilizados os dados para os cálculos, conforme Tabela 1). O critério para escolha das estações utilizadas nestas

redes considerou aquelas que possuem monitores de vento e que se localizam à volta da Estação Ibirapuera, nas direções de predominância dos ventos.

Na primeira coluna da Tabela 2, cada linha mostra o número de horas utilizada nos cálculos, sendo que o número 3, por exemplo, refere-se a escolha da hora da máxima de ozônio no Ibirapuera e de mais dois horários anteriores. As outras colunas identificam quais as estações tiveram seus parâmetros correlacionados com a máxima concentração de ozônio do Ibirapuera. Nos títulos das colunas, os símbolos $[x]$, $(+x)$ e $(-x)$ representam a média aritmética, o máximo e o mínimo valor de x do conjunto de estações selecionadas, respectivamente, onde x identifica o parâmetro monitorado. No caso da taxa de NO_2/NO , os cálculos foram feitos considerando a taxa como $\text{NO}_2/(\text{NO}+1)$ para evitar efeitos da divergência para NO próximo de 0.

Rede 1												
Estação	5											
No. horas	[módulo]	[WS]	[NO]	[NO ₂]	[NO ₂ /NO]	[NO ₂]/[NO]	[UR]	UR	[TEMP]	(+TEMP)	[RAD]	(+RAD)
1	-0,21	-0,21	-0,48	0,31	0,67	0,67	-0,56	-0,56	0,47	0,47	0,34	0,34
3	-0,36	-0,24	-0,37	0,30	0,69	0,65	-0,58	-0,60	0,47	0,50	0,48	0,48
5	-0,35	-0,21	-0,17	0,32	0,47	0,57	-0,53	-0,60	0,40	0,47	0,54	0,54
7	-0,35	-0,21	-0,02	0,38	0,25	0,55	-0,47	-0,59	0,33	0,46	0,51	0,52
Rede 2												
Estação	3, 5, 17 e 19			5 e 17				5				
No. horas	[módulo]	[WS]	[NO]	[NO ₂]	[NO ₂ /NO]	[NO ₂]/[NO]	[UR]	UR	[TEMP]	(+TEMP)	[RAD]	(+RAD)
1	-0,31	-0,26	-0,35	0,49	0,32	0,59	-0,57	-0,57	0,46	0,46	0,36	0,36
3	-0,48	-0,36	-0,26	0,51	0,35	0,59	-0,58	-0,61	0,47	0,50	0,48	0,48
5	-0,49	-0,39	-0,13	0,54	0,25	0,57	-0,53	-0,59	0,41	0,48	0,54	0,53
7	-0,48	-0,39	-0,01	0,54	0,18	0,54	-0,48	-0,59	0,35	0,48	0,51	0,53
Rede 3												
Estação	1, 5, 9, 16 e 19			1, 5 e 9				1 e 5			5	
No. horas	[módulo]	[WS]	[NO]	[NO ₂]	[NO ₂ /NO]	[NO ₂]/[NO]	[UR]	UR	[TEMP]	(+TEMP)	[RAD]	(+RAD)
1	-0,21	-0,17	-0,10	0,48	0,31	0,59	-0,60	-0,60	0,50	0,52	0,32	0,32
3	-0,36	-0,30	-0,09	0,44	0,23	0,60	-0,59	-0,62	0,49	0,54	0,47	0,48
5	-0,39	-0,33	-0,07	0,44	0,19	0,57	-0,55	-0,62	0,43	0,53	0,54	0,53
7	-0,40	-0,34	-0,03	0,42	0,12	0,53	-0,50	-0,62	0,37	0,54	0,51	0,53

TABELA 2 – Correlações por parâmetro, por grupo de estações e para diferente número de horas.

Legenda:

$[x]$: média de x

$-x$ ou $-x$: mínimo valor de x

$+x$: máximo valor de x

Do levantamento das correlações acima é possível encontrar dados que apresentam melhores correlações com a máxima de ozônio, quando calculadas cumulativamente sobre as horas que antecedem os picos da concentração. Por exemplo, em todas as situações apresentadas, verifica-se que as correlações com o módulo de VRM são ligeiramente melhores que aquelas obtidas quando feitas com a média aritmética dos dados de WS. Outras informações que podem ser percebidas na tabela acima são:

- nas redes 2 e 3, apenas as médias de vento eram calculadas para todas as estações escolhidas;
- a grande maioria dos testes apresentaram valores de correlação inferiores a 0,5 (valor baixo para regressão linear);
- a melhor correlação com NO na rede 1 pode estar associada ao fato deste ser um poluente primário bastante reativo e apresentar características de dispersão locais;
- os parâmetros UR, TEMP e RAD não sofrem variação significativa pela adição de dados da estação 1 (Rede 3);
- enquanto a correlação é melhor para UR e TEMP na hora da máxima, para RAD o melhor se dá entre 3 e 5 horas antes da máxima, devido ao atraso de duas a três horas do pico de temperatura em relação ao da radiação;
- a melhor correlação com NO₂ para as estações da rede 2 com 5 horas de dados acumulados pode estar relacionado ao seu perfil de poluente secundário, e portanto, a uma área de abrangência de proporções de escala urbana. Também, deve incluir alguma memória sobre a dinâmica deste poluente, ou seja, o que ocorreu nas horas antes também passa a ser importante;
- da observação de tendências de aumento da correlação à medida que o número de horas acumuladas aumenta (ou diminui, conforme o parâmetro), supõe-se que a utilização de dados horários específicos possam produzir correlações ligeiramente maiores. No caso do NO₂, por exemplo, é possível que o dado da 5ª hora antes da máxima se correlacione melhor com o O₃;
- um breve teste da correlação do ozônio com NO₂/NO, sendo o NO extraído da primeira hora da rede 1 e o NO₂ da quinta hora da rede 2, produziu um resultado de 0,67, valor compatível com aquele encontrado na tabela nas situações escolhidas;
- embora as correlações para o módulo e para a velocidade do vento sejam baixas, é interessante perceber o seu crescimento conforme aumenta o número de dados horários e se altere o grupo de estações utilizadas (estações mais distantes) para o cálculo do VRM.

4.2 Correlação em setores de VRM para a Rede 2

Uma vez identificado que a correlação é melhor (cerca de 0,5) para os dados acumulados de 5 horas da Rede 2, pode-se analisar a sua dependência dentro de setores de ventos específicos. Na Tabela 3 observam-se valores significativamente maiores em setores de vento sul e este-sudeste principalmente. Por outro lado, em alguns setores verifica-se que os dados são não-correlacionáveis.

Direção VRM	0-30	31-60	61-90	91-120	121-150	151-180	181-210	211-240	241-270	271-300	301-330	331-360
Correlação	0,35	0,26	0,31	0,71	0,54	0,64	0,55	0,34	0,24	0,45	0,49	0,36

TABELA 3 – Correlações conforme a direção de VRM.

Mesmo que se obtenham alguns valores de correlação melhores ao se avaliarem os setores de VRM, esta informação é incompleta para representar a condição de vento atuante, pois dias com valores semelhantes de direção e velocidade de VRM, não necessariamente estão sujeitos às condições meteorológicas semelhantes. Isto poderia ser melhor observado considerando-se o padrão de ventos atuante sobre as estações da RMSP.

4.3 Agrupamento de dias com Direção de VRM semelhantes

Foi realizada a análise de agrupamento de dias com direções de VRM semelhantes para identificar/definir os grupos meteorológicos característicos da ocorrência de episódios críticos. Mas antes de prosseguir com a discussão sobre o vento serão discutidos alguns levantamentos iniciais aplicados aos dados dos outros parâmetros de cada grupamento.

Foram formados 9 grupos que são identificados de 1 a 9 na Tabela 4. Os dados utilizados foram registrados com base no horário oficial. Vale lembrar que, os dados utilizados referem-se às 4 últimas horas antes da máxima de ozônio (hora da máxima + 3 anteriores), nos meses de outubro a dezembro, conforme citado no item 3.2. No lado esquerdo estão apresentados os dados para todas as máximas de ozônio conforme o horário em que ocorreram e o grupo em que foram alocadas. Naquela tabela situada à direita, estão apenas as ultrapassagens de padrão de qualidade do ar para ozônio. Na parte inferior, estão os percentuais de ultrapassagens de padrão para cada grupo.

No. Máximas O3/grupo/horário											
	Grupos										
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9		Σ
10:00	1	2	1								4
11:00	1	1	1						1		4
12:00	3	5	5	4	1		1	2	4		25
13:00	11	14	12	4		1	6	9	5		62
14:00	7	16	18	10	9	2	8	9	3		82
15:00	18	11	20	1	4	3	3	18	5		83
16:00	5	6	9	3	3		5	9	5		45
17:00	1	1	4	3	2		6	3	4		24
18:00	1			3	5	1	1	3	1		15
19:00									1		1
20:00			1		1						2
Σ	48	56	71	28	25	7	30	53	29		347

No. ultrapassagens O3 /grupo/horário											
	Grupos										
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9		Σ
10:00											
11:00											
12:00	2			2							4
13:00	2	2	2				1		1		8
14:00	1	3	2	4	5	1		1			17
15:00	6	4	2	1	1	2	1	1			18
16:00	3	3	1	1	1						9
17:00			1	1							2
18:00				2	3						5
19:00									1		1
20:00											
Σ	14	12	8	11	10	3	2	2	2		64

% ultrapassagens/grupo											
	29	21	11	39	40	43	7	4	7		

TABELA 4 – Número de máximas e dias de ultrapassagens por grupo e horário.

Observa-se da comparação das tabelas acima que:

- de um total de 347 dias avaliados, 64 deles apresentaram ultrapassagens de padrão;

- dos 347 dias, 228 formaram os grupos de 1 a 5;
- das 64 ultrapassagens, 55 delas ocorreram em dias dos grupos de 1 a 5;
- a quantia de dias que compõem o grupo 6, dificulta uma análise estatística desta situação;
- a maioria das máximas de ozônio ocorreram entre 13 e 16 horas, mesmo em dias em que não houve ultrapassagens;
- não se observa uma tendência clara de ocorrência de ultrapassagem em horários específicos quando se dividem os grupos.

Em seguida, os cálculos das médias dos parâmetros abaixo foram realizados para cada um dos grupos utilizando dados de todas estações da RMSP. As principais características observadas na Tabela 5 são:

Grupo	[+O3]	[-NO]	[+NO2]	[+NO2/NO]	[+RAD]	[+TEMP]	[NMHC]	[-UR]	[módulo]
1	94	9	72	11	592	25	0,3	59	0,8
2	88	12	73	10	670	25	0,3	57	0,8
3	72	21	68	9	490	23	0,3	70	0,9
4	104	14	98	13	625	28	0,5	53	0,4
5	118	21	99	13	738	29	0,6	49	0,5
6	121	15	118	14	867	31	0,6	41	0,3
7	71	24	83	10	734	28	0,6	58	0,6
8	76	35	88	10	780	29	0,6	50	0,9
9	85	30	83	10	697	29	0,6	50	0,6

TABELA 5 – Média de cada parâmetro por grupo.

- grupos 1, 2 e 3;
 - conforme será apresentado adiante, estes grupos caracterizam ventos predominantes de sul e sudeste;
 - apresentam valores médios de NMHC inferiores ao conjunto dos outros grupos;
 - os valores médios da mínima de UR são superiores aos outros grupos, exceto para o grupo 6;
 - as máximas de TEMP são inferiores à todos os outros grupos;
 - as máximas de RAD são inferiores aos outros grupos, com a exceção do grupo 4;
 - estes grupos englobam cerca de 50% das máximas de ozônio (175 do total de 347) e das ultrapassagens (34 do total de 64).
- grupos 4, 5 e 6;
 - conforme será apresentado adiante, o grupo 4 caracteriza ventos típicos de leste, enquanto que os outros dois estão associados às condições de baixa ventilação;
 - apresentam os maiores valores médios para as máximas de O3, NO2 e NO2/NO, e os menores valores para o módulo do vento;
 - enquanto as máximas de RAD e TEMP aumentam à medida que se passa do grupo 4 para o 5 e depois para o 6, as mínimas de UR diminuem;

- a frequência de ultrapassagens aumenta do grupo 4 em relação ao 5, e este em relação ao 6, embora este último seja o mais propício a ocorrência de episódios;
- ao todo, estes 3 grupos respondem por cerca de 30% das ultrapassagens.
- grupos 7, 8 e 9;
 - conforme será apresentado adiante, estes grupos identificam ventos predominantes de norte e noroeste;
 - apresentam valores médios de mínima UR, geralmente inferiores aos dos grupos 1, 2 e 3, e máximas de TEMP superiores;
 - embora se espere que valores menores de UR e maiores de TEMP conduzam a concentrações maiores de ozônio, isso não ocorre. Contrariamente, verifica-se que o número de ultrapassagens nestes grupos é inferior à 10%;
 - outra observação interessante é que RAD, NO e NO₂ são maiores nestes grupos, que nos grupos 1, 2 e 3, no entanto, a taxa de NO₂/NO é a mesma;

4.4 Padrões de Concentração de Ozônio na RMSP

Nesta etapa foram elaborados mapas com os valores médios das máximas de ozônio de cada estação, tanto para o conjunto dos grupos (mapa 1), como para cada um deles (mapas 2 a 10), conforme ilustrado na Tabela 6. Também são apresentados os valores de desvio relativo para cada grupo, os quais serão plotados juntamente com o padrão de ventos na próxima seção. Isolinhas foram incorporadas para visualizar qualitativamente gradientes que pudessem estar relacionados à condições regionais e meteorológicas dos grupos. O valor é maior conforme a cor passa do azul para vermelho.

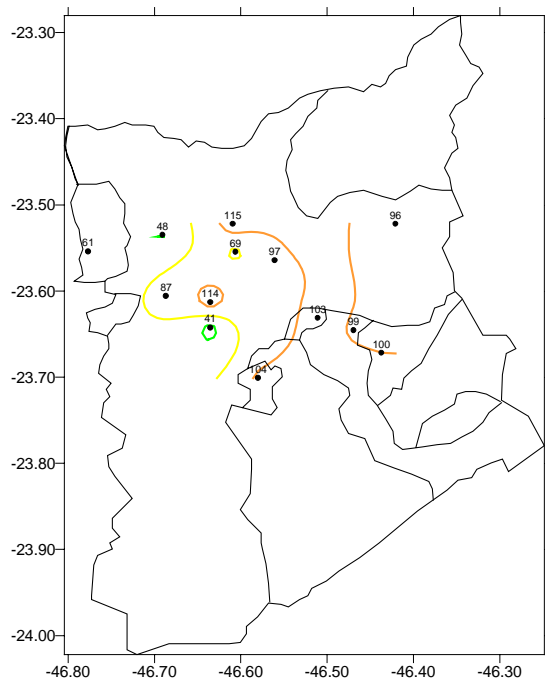
No conjunto, as estações situadas ao leste apresentam, em média, valores superiores às aquelas ao oeste. Individualmente, algumas semelhanças podem ser observadas entre alguns grupos, porém, é difícil realizar uma comparação diretamente sobre os valores absolutos. Percebeu-se que o grupo 4 apresenta valores médios de concentração maiores nas regiões sul e leste, embora o vento para essa condição seja de leste, fato este que contradiz certa expectativa de que as estações situadas ao oeste pudessem ser mais impactadas. Este pode ser um indicativo de que parte do impacto sofrido nas regiões sul e leste possa ser proveniente de regiões mais distantes ao sul ou ao leste destas.

	Todos	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4		Grupo 5		Grupo 6		Grupo 7		Grupo 8		Grupo 9	
Estação	[+O3]	[+O3]	dsv_%	[+O3]	dsv_%	[+O3]	dsv_%	[+O3]	dsv_%	[+O3]	dsv_%	[+O3]	dsv_%	[+O3]	dsv_%	[+O3]	dsv_%	[+O3]	dsv_%
1	69	97	40	78	13	61	-12	76	10	96	38	100	45	47	-33	44	-37	60	-13
2	115	130	13	119	3	98	-15	122	6	147	27	137	19	86	-25	111	-4	114	-2
3	97	116	20	106	10	80	-18	109	13	137	41	157	63	74	-24	81	-16	81	-16
5	114	126	11	122	7	87	-24	151	33	154	35	198	74	91	-20	102	-10	99	-13
7	103	95	-8	95	-8	86	-17	131	28	152	48	169	64	90	-13	101	-1	106	3
8	41	44	8	55	34	17	-58	75	83	47	14	70	70	38	-7	35	-16	32	-22
9	48	86	81	65	36	56	18	31	-35	57	20	68	42	22	-54	13	-73	22	-54
15	104	96	-8	90	-13	83	-20	156	50	146	40	133	28	91	-13	107	2	107	2
17	61	84	39	70	16	54	-11	63	4	69	14	73	21	47	-23	46	-25	50	-18
18	99	90	-8	75	-24	62	-37	134	36	134	36	144	46	94	-5	103	5	110	12
21	96	89	-7	90	-6	82	-15	102	6	158	65	148	54	83	-13	88	-8	106	11
22	100	75	-25	75	-25	73	-27	136	36	161	61	133	33	113	13	119	19	128	28
27	87	99	15	92	7	75	-13	112	29	114	31	86	-1	71	-18	76	-12	68	-21

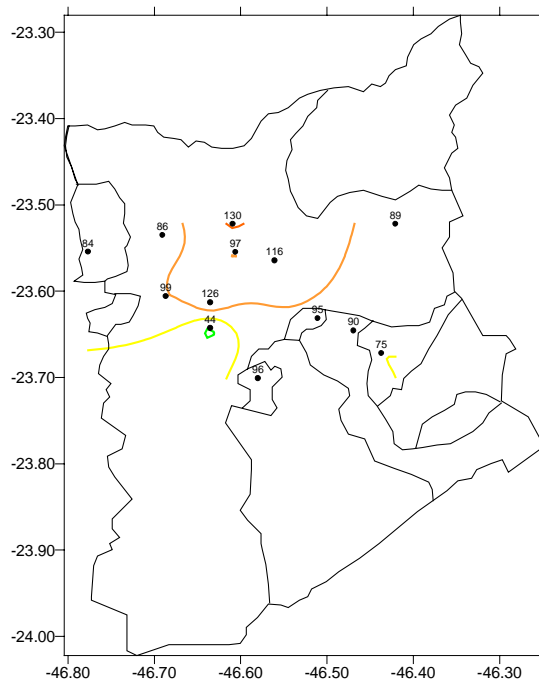
TABELA 6 – Médias e desvios relativos percentuais das máximas de O3.

Padrões de máximas concentrações de ozônio para cada estação

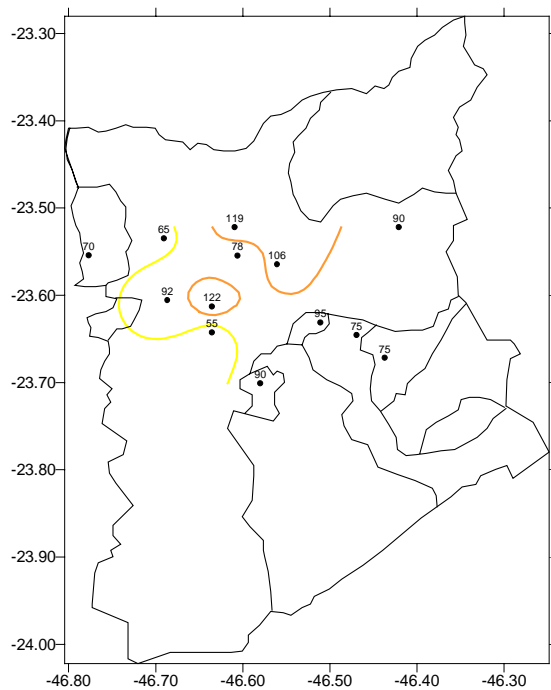
Mapa 1 - Todos grupos



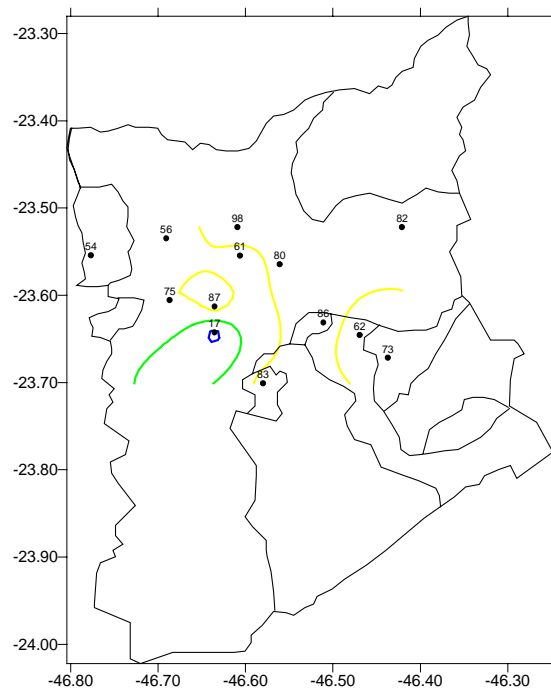
Mapa 2 – Grupo 1



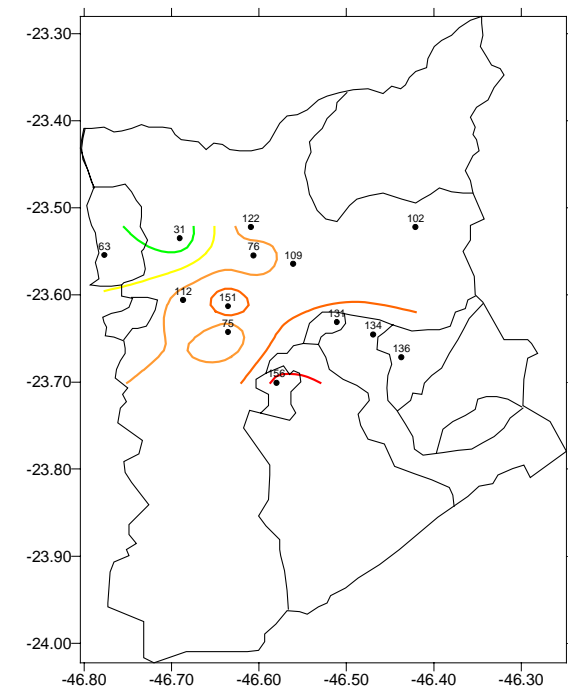
Mapa 3 - Grupo 2



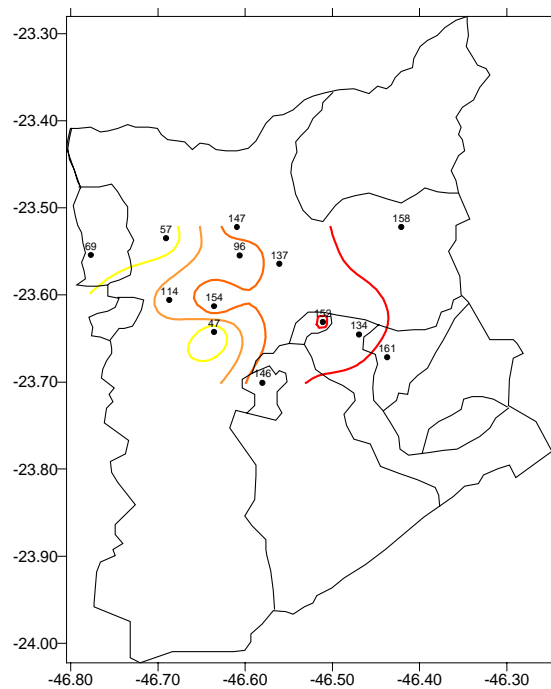
Mapa 4 - Grupo 3



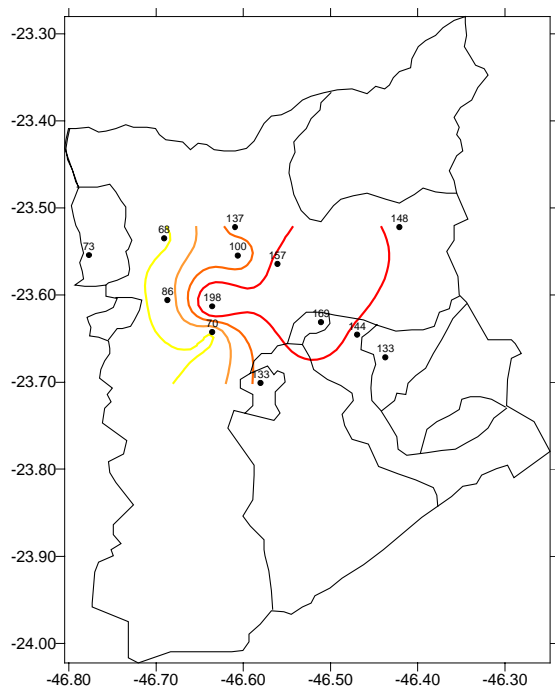
Mapa 5 - Grupo 4



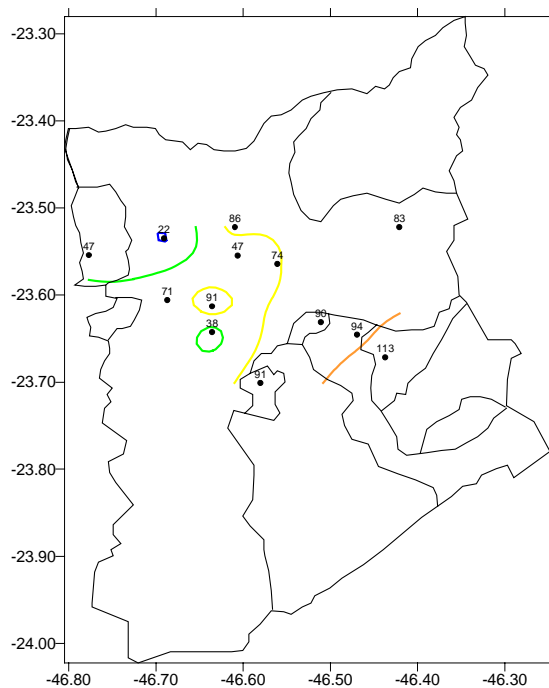
Mapa 6 - Grupo 5



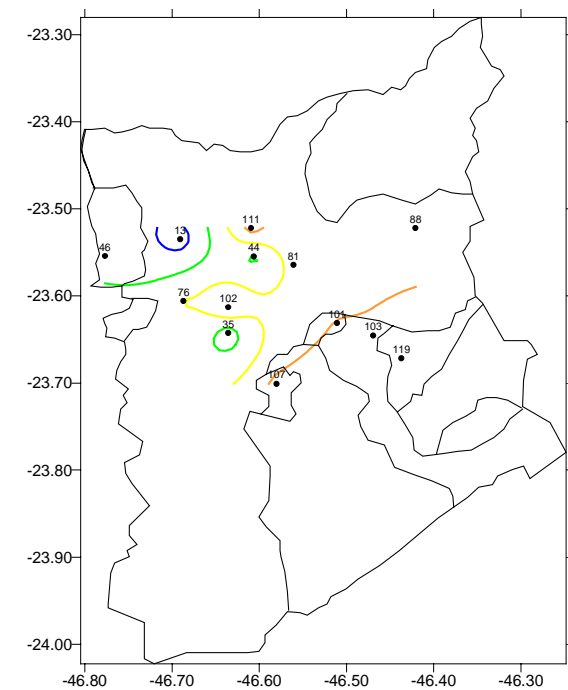
Mapa 7 - Grupo 6



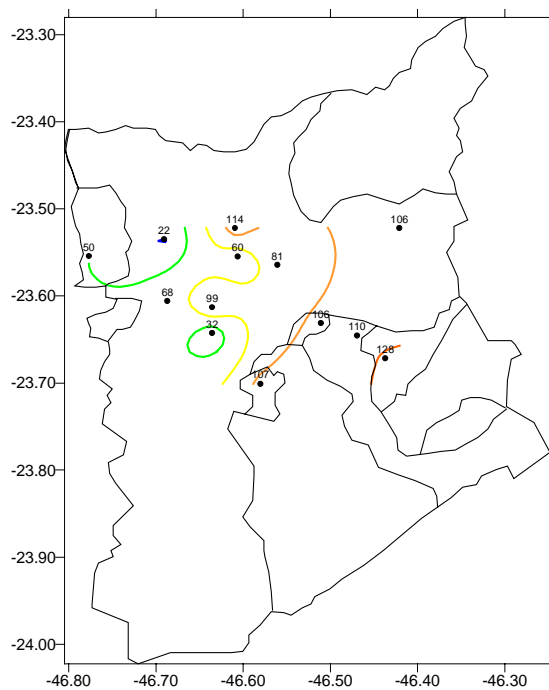
Mapa 8 - Grupo 7



Mapa 9 - Grupo 8



Mapa 10 - Grupo 9



4.5 Padrões para os Gradientes de Concentração Relativa e para o Vento na RMSP.

Outros mapas foram preparados a partir dos valores de desvio da média de ozônio (ver Tabela 6) e vento (ver Tabela 7) para cada grupo e estação. Os resultados mostrados nos mapas abaixo e à esquerda, permitem visualizar gradientes dos desvios relativos na maioria dos grupos, fato que deve ser analisado juntamente com o respectivo padrão de vento, mostrado ao lado direito.

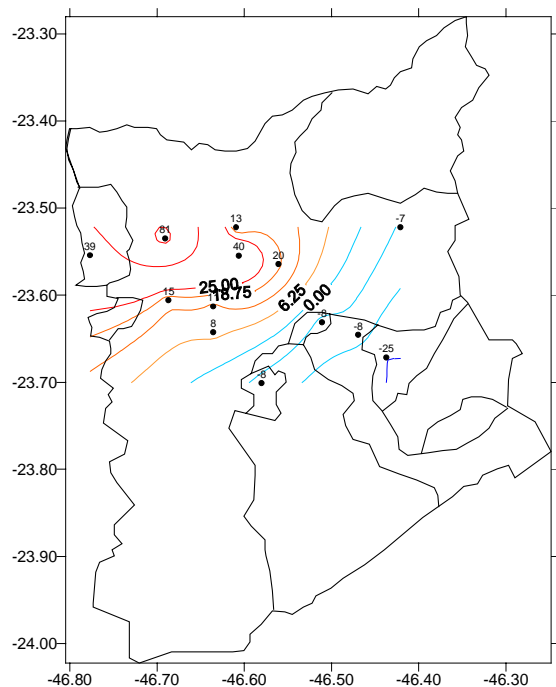
É interessante perceber que os grupos 1, 2 e 3 estão associados aos ventos sul e sudeste e apresentam gradiente de concentração crescendo no sentido oposto ao observado nos grupos 7, 8 e 9, que estão relacionados aos ventos provenientes, principalmente, de norte e noroeste. Um gradiente diferenciado é observado para o grupo 4, onde o vento proveniente é de leste. Nos grupos 5 e 6, as variações de concentração e direção de vento ocorrem de forma praticamente aleatória, devidas as condições de pouca ou nenhuma ventilação. O grupo 5 parece diferenciar-se ligeiramente do grupo 6, pois as estações situadas mais ao sul indicam a entrada da brisa marítima ou de algum outro sistema, condição diferente da observada no grupo 6, em que a ausência de ventilação ocorre durante todo o tempo e em todas as estações. Passado algum tempo da preparação dos mapas abaixo, foram identificados problemas nos monitores de vento da Estação Lapa, que fizeram com que seus dados fossem invalidados. Percebe-se nos mapas a seguir, que esta estação apresenta diferença visível quando comparada com o conjunto.

	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4		Grupo 5		Grupo 6		Grupo 7		Grupo 8		Grupo 9	
Est.	dir	mód	dir	mód	dir	mód	dir	mód	dir	mód	dir	mód	dir	mód	dir	mód	dir	mód
1	143	1,8	125	1,7	159	1,9	73	0,9	133	0,3	96	0,6	8	1,2	347	1,7	320	0,6
2	126	2,0	114	1,8	143	2,0	91	1,1	148	0,3	114	0,5	343	0,8	317	1,4	274	0,7
3	142	1,3	119	1,2	160	1,7	67	0,5	193	0,5	142	0,2	337	0,4	314	1,1	263	0,8
5	161	1,2	136	1,1	176	1,5	111	0,4	205	0,5	198	0,3	341	0,3	331	0,8	279	0,5
7	146	1,6	120	1,4	162	1,9	61	0,7	176	0,6	134	0,4	340	1,0	321	1,6	261	0,8
9	91	1,0	101	1,5	125	1,1	47	0,5	292	0,1	19	0,0	322	1,3	325	2,0	281	1,0
13	123	0,6	104	0,9	157	0,7	70	0,5	248	0,2	83	0,0	343	0,6	324	1,5	301	0,8
14	131	1,0	118	1,1	153	1,1	72	0,6	104	0,3	89	0,4	12	1,0	342	1,2	305	0,5
16	174	1,6	158	1,8	183	2,1	67	0,6	200	0,8	210	0,6	352	1,1	347	1,8	304	0,8
17	139	2,1	121	2,1	153	2,1	63	0,7	222	0,4	294	0,1	336	1,1	319	1,7	288	1,2
18	163	2,4	142	2,0	176	2,7	82	1,1	180	0,9	135	0,9	7	1,2	343	2,3	288	0,9
19	153	1,7	137	1,5	169	1,9	87	0,6	185	0,7	159	0,5	350	1,0	335	1,7	287	0,6
21	135	1,1	122	1,2	149	0,8	96	0,7	98	0,3	95	0,3	24	0,7	344	1,0	321	0,8

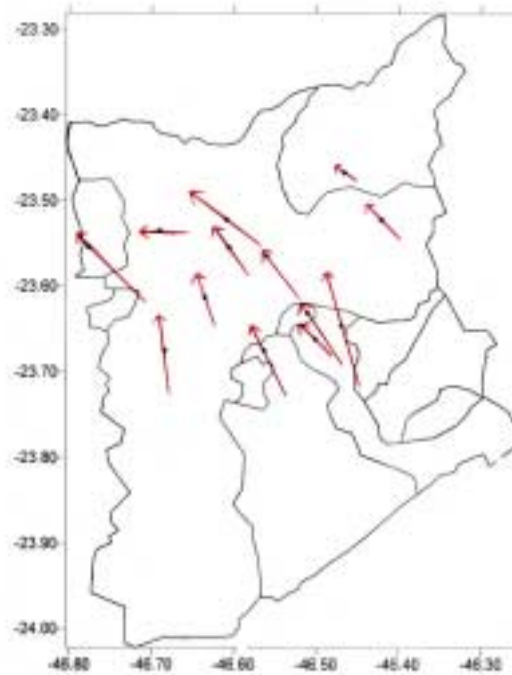
Mínimo	91	0,6	101	0,9	125	0,7	47	0,4	98	0,1	19	0	7	0,3	314	0,8	261	0,5
Média	141	1,5	124	1,5	159	1,6	76	0,7	183	0,4	136	0,4	351	0,9	331	1,5	290	0,8
Máximo	174	2,4	158	2,1	183	2,7	111	1,1	292	0,9	294	0,9	352	1,3	347	2,3	320	1,2
Desvio	21	0,5	16	0,4	15	0,6	17	0,2	55	0,2	69	0,2	19	0,3	12	0,4	19	0,2

TABELA 7 – Média de VRM por estação e grupo

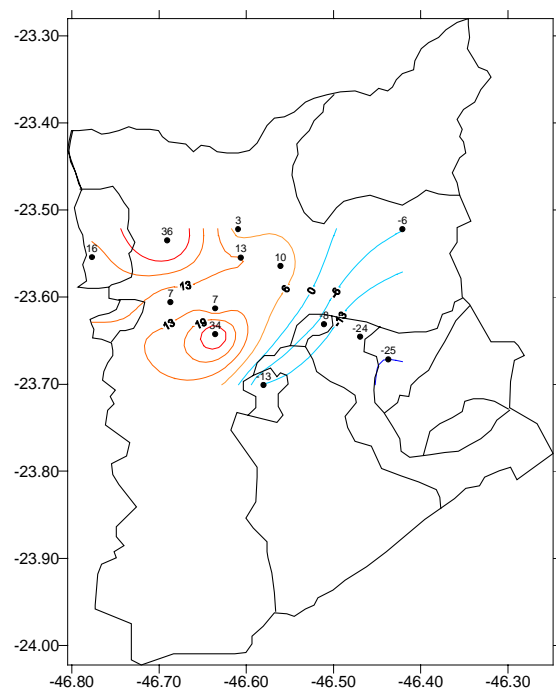
Mapa 11 - Grupo 1 - Desvio



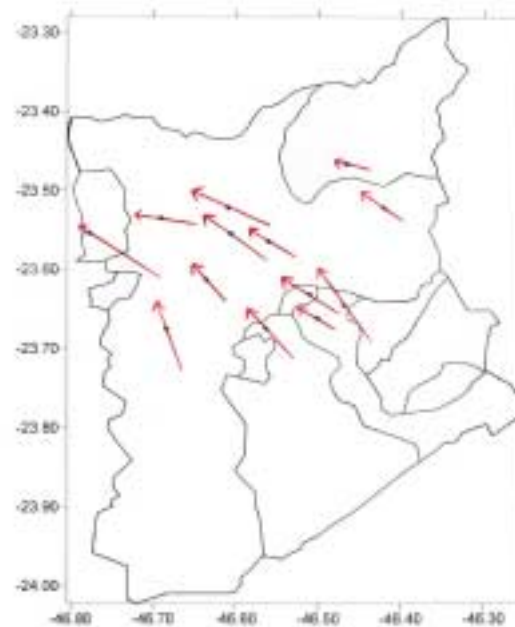
Mapa 12 - Grupo 1 - Vento



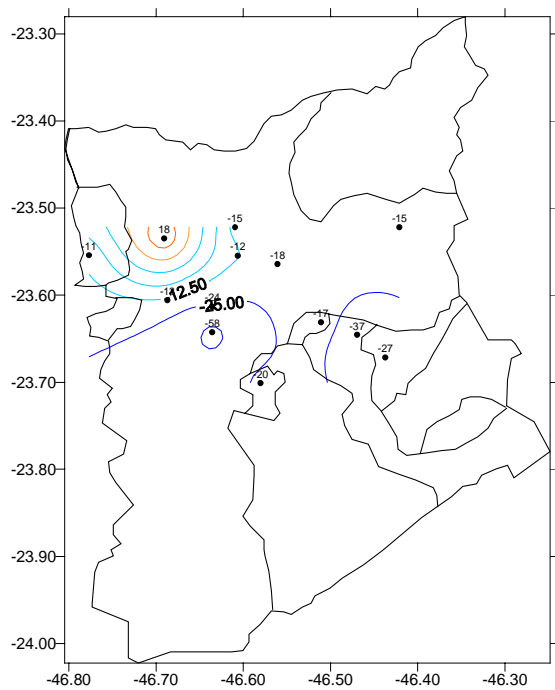
Mapa 13 - Grupo 2 - Desvio



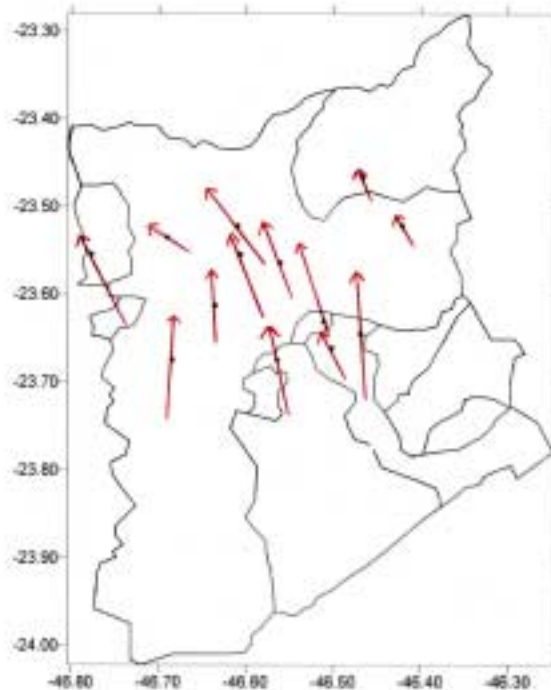
Mapa 14 - Grupo 2 - Vento



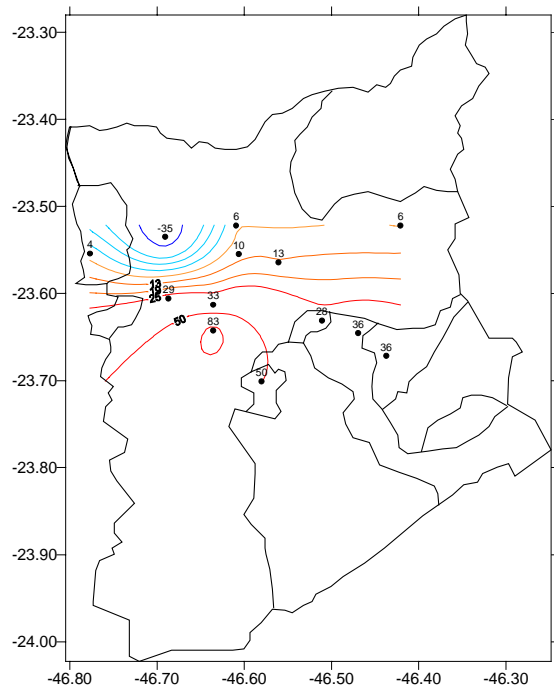
Mapa 15 - Grupo 3 – Desvio



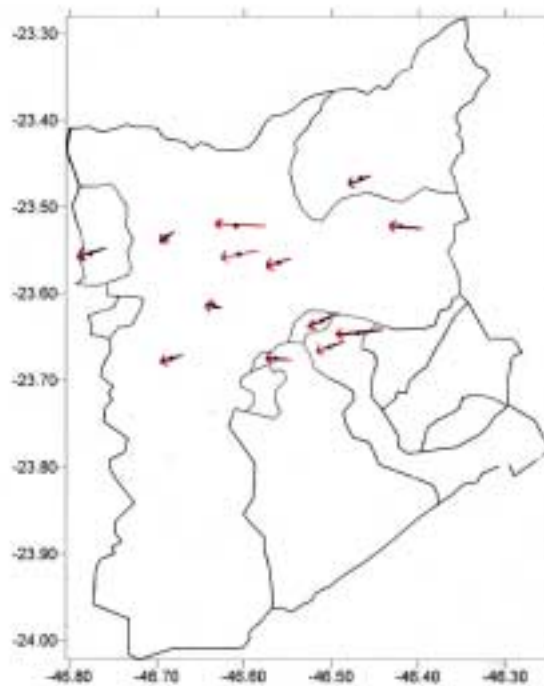
Mapa 16 - Grupo 3 - Vento



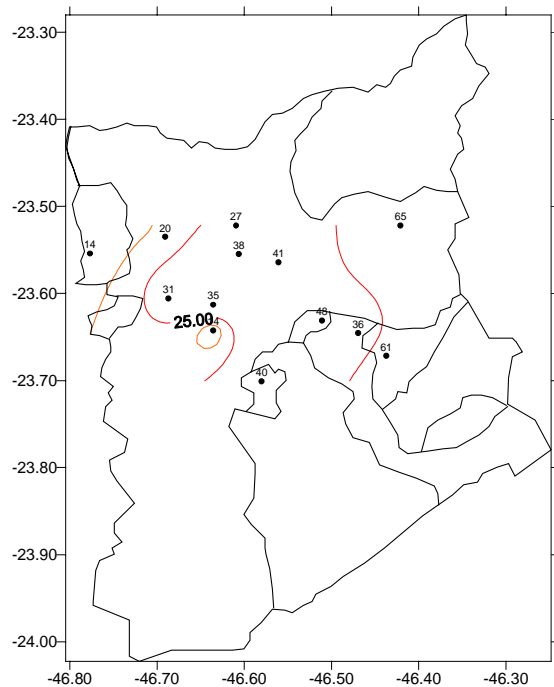
Mapa 17 - Grupo 4 - Desvio



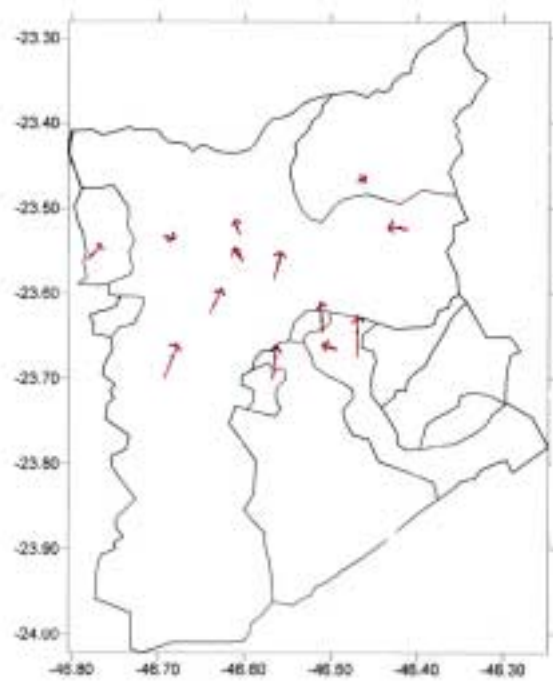
Mapa 18 - Grupo 4 - Vento



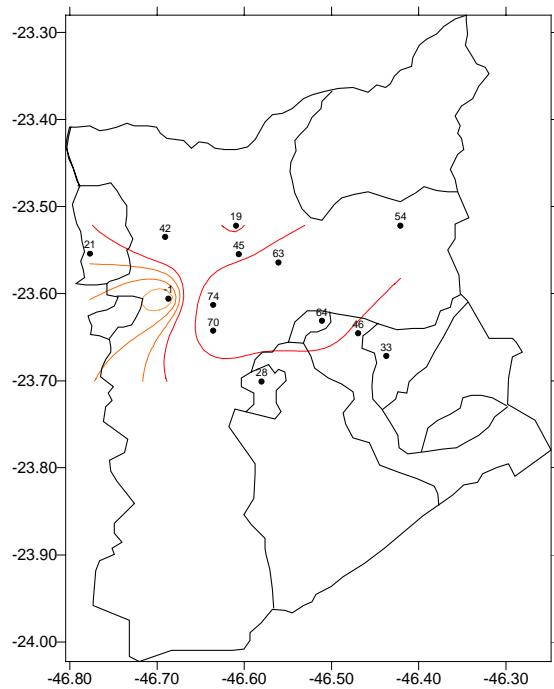
Mapa 19 - Grupo 5 - Desvio



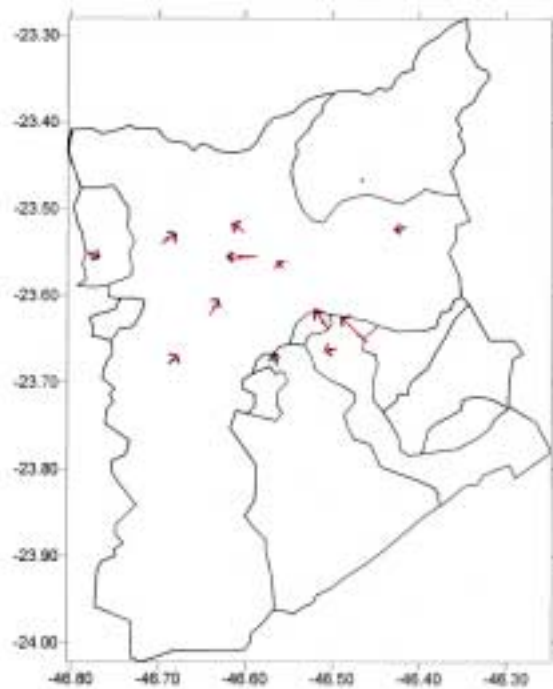
Mapa 20 - Grupo 5 - Vento



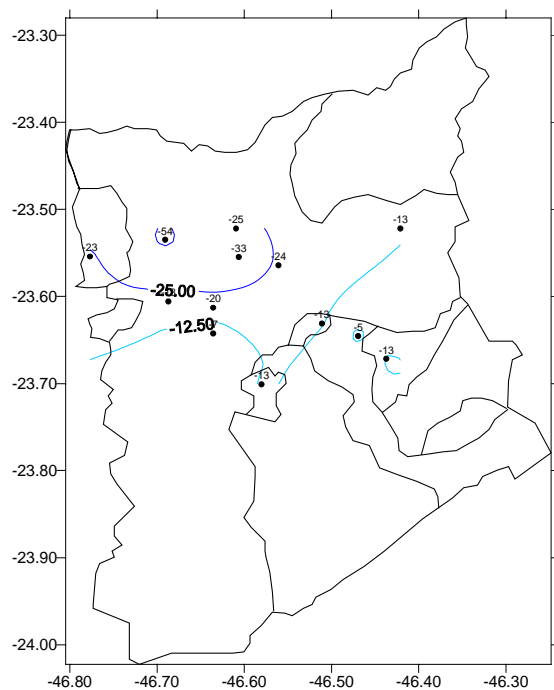
Mapa 21 - Grupo 6 - Desvio



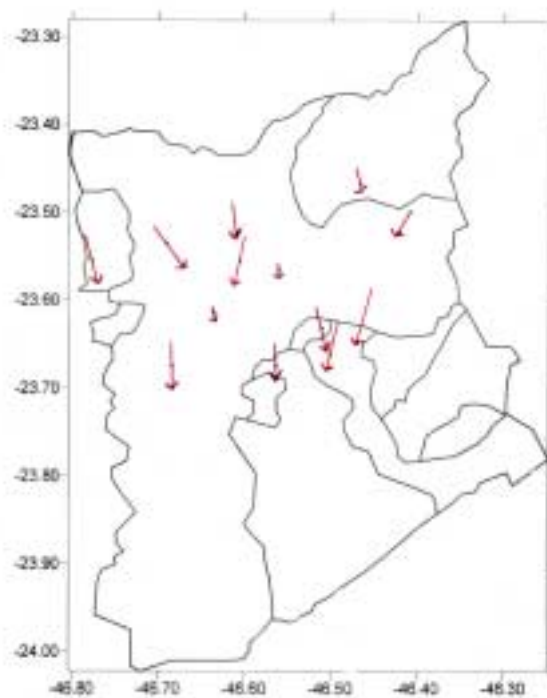
Mapa 22 - Grupo 6 - Vento



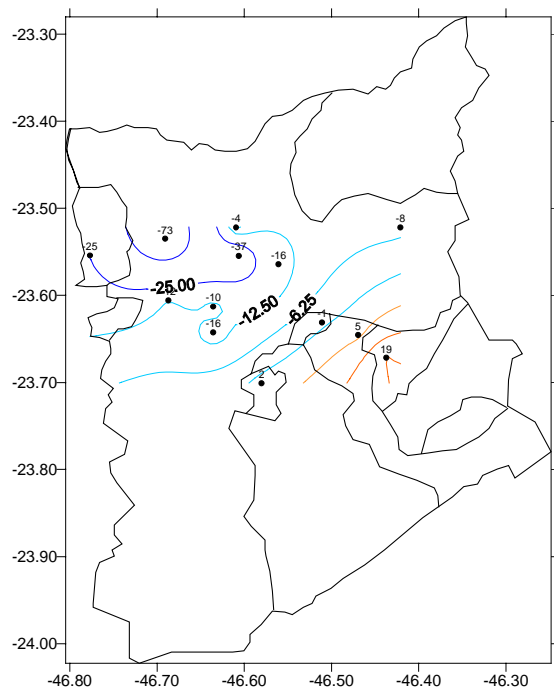
Mapa 23 - Grupo 7 - Desvio



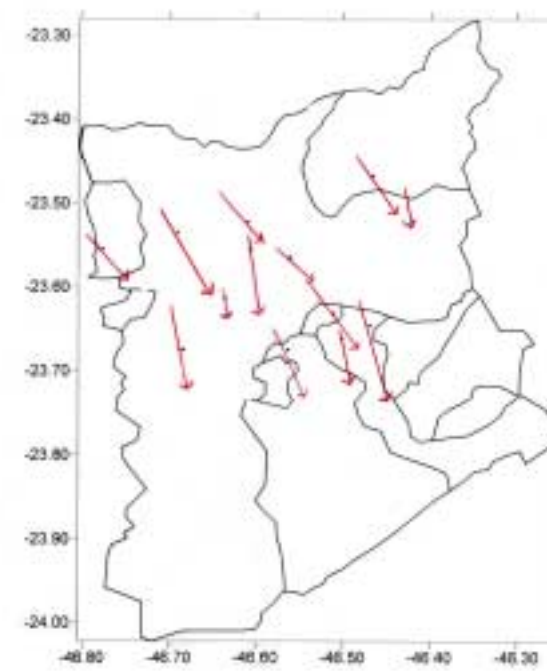
Mapa 24 - Grupo 7 - Vento



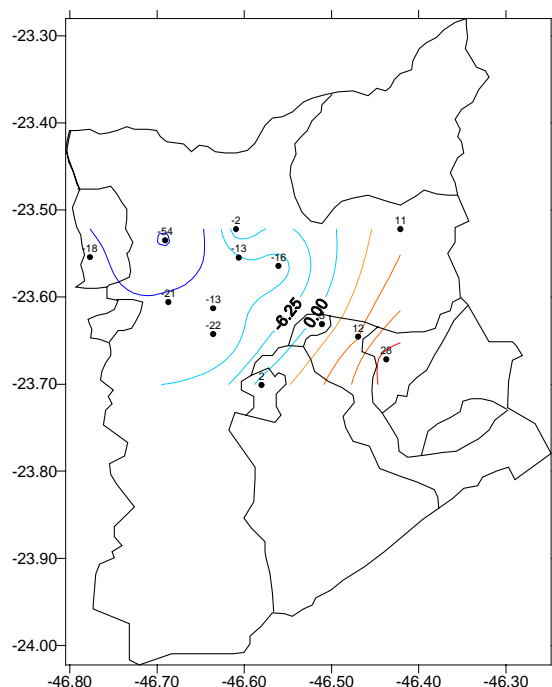
Mapa 25 - Grupo 8 - Desvio



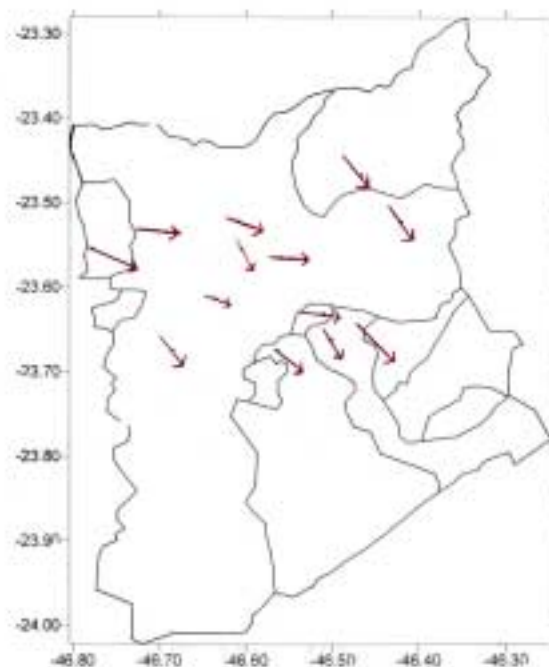
Mapa 26 - Grupo 8 - Vento



Mapa 27 - Grupo 9 - Desvio



Mapa 28 - Grupo 9 - Vento



4.6 Correlações por Grupos

Pretendeu-se, com os cálculos de coeficiente de correlação, comparar os resultados dos 9 grupos individualmente com o total de todos os grupos, conforme mostrado na Tabela 8. Foram utilizadas todas as estações para os cálculos. É necessário salientar que o grupo G6 apresenta somente 7 dados, o que compromete a sua representatividade.

	Ozônio											
	G1	G2	G3	G2+G1	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G7+G8	TODOS
TEMP máx	0,81	0,82	0,71	0,80	0,61	0,26	0,02	0,61	0,50	0,63	0,55	0,55
UR mín	0,79	0,74	0,66	0,73	0,69	0,50	0,10	0,70	0,66	0,52	0,69	0,59
NO média	0,21	0,05	0,21	0,12	0,03	0,51	0,10	0,10	0,03	0,52	0,01	0,21
NO2 média	0,38	0,63	0,58	0,47	0,07	0,26	0,89	0,44	0,58	0,43	0,52	0,48
NO2/NO média	0,39	0,59	0,54	0,46	0,23	0,37	0,86	0,62	0,53	0,78	0,57	0,42
NO2/NO máx	0,28	0,33	0,52	0,30	0,24	0,39	0,04	0,47	0,21	0,78	0,30	0,33
NMHC méd	0,59	0,55	0,44	0,56	0,08	-	0,48	0,23	0,31	0,54	0,07	0,22
PRESSÃO méd	0,04	0,06	0,16	0,01	0,17	-	0,19	0,04	0,08	0,01	0,04	0,01
MÓDULO	0,64	0,27	0,34	0,36	0,09	0,35	0,52	0,12	0,22	0,49	0,12	0,29
RAD máx	0,56	0,67	0,61	0,60	0,50	0,53	0,21	0,60	0,34	0,52	0,47	0,54

TABELA 8 – Coeficiente de correlação (r) para cada grupo e parâmetro.

- Pelos resultados obtidos pode-se concluir que as variáveis meteorológicas (TEMP, UR e RAD) e a relação média NO2/NO foram as que melhor se correlacionaram com o ozônio.

- Os grupos G1, G2 e G3, que apresentam ventos sul/sudeste predominantes, têm as melhores correlações em TEMP, UR e RAD. O grupo G4, embora predomine ventos leste, apresenta as mesmas características.
- Os grupos G7, G8 e G9, de ventos noroeste/nordeste, apresentaram bons resultados também na relação média NO₂/NO.
- grupo G9 apresentou 0,78 de correlação na variável NO₂/NO máx, um dos melhores resultados entre os grupos para esta variável, seguido pelo grupo G3 que apresentou $r=0,52$.
- Os grupos G2, G3 e G9 foram os que apresentaram maior número de correlações acima de 0,50 entre as dez variáveis analisadas.
- Calculando-se o coeficiente de correlação para o total dos grupos, temos os melhores resultados para TEMP ($r=0,55$) e UR ($r=0,59$). Percebe-se que estes valores não são muito bons, enquanto que quando são calculados individualmente para cada grupo, o resultado geralmente é melhor.
- Todos os grupos apresentaram bons resultados para a variável TEMP, exceto os grupos G5 e G6. Destacaram-se os grupos G1, G2 e G3 com as melhores correlações de 0,81, 0,82 e 0,71 respectivamente para esta variável.
- Para a variável UR, somente o grupo G6 não apresentou boa correlação, lembrando que este grupo possui poucos dados.
- Somente os grupos G5 e G9 correlacionaram com a variável NO média. Os demais grupos apresentaram resultados baixos.
- Para a variável média NO₂/NO, houve correlação tanto para os grupos de vento sul/sudeste quanto para os de noroeste/nordeste.
- Para NMHC, os melhores resultados ficaram para os grupo G1, G2 e G9.
- As variáveis UR e RAD foram as que mais se correlacionaram entre os grupos. A Pressão apresentou valores baixíssimos de correlação.
- Os grupos G1 e G9 apresentaram os melhores resultados para a variável Módulo.

Foram calculados, após esta etapa, coeficientes de correlação múltipla, mas os resultados pouco variaram dos obtidos na correlação simples.

A seguir, são comparados os valores de correlação obtidos antes e depois do agrupamento. Na Tabela 9 são mostrados os valores calculados para cada rede de estações testada na Tabela 2 e cada grupo formado. Na primeira linha estão replicados os valores já apresentados na Tabela 2 para as diferentes redes e dados acumulados de 5 horas. Nas demais linhas estão os valores para o conjunto dos grupos (2ª linha) e para cada um deles. Na última coluna é exibido o número de dados utilizados no cálculo, e

que é maior na primeira linha devido ao período de abrangência dos dados se prolongar até o mês de março.

Percebe-se que a correlação é ligeiramente melhor quando o conjunto de dados é maior (comparação das linhas 1 e 2) e quando se utilizam as estações pertencentes à Rede 3 para representar o vento. Ela ainda varia conforme o grupo sobre o qual é calculada e pode atingir valores razoáveis para os grupos 1, 2, 5 e 9. O grupo 6 não é representativo devido a pouca quantia de dados (apenas 7).

Rede	1	2	3	Número
Estações	5	3,5,17,19	1, 5, 9, 16, 19	de dados
correl. 5h	0,4	0,5	0,4	492
Todos Gr.	-0,3	-0,4	-0,4	347
G. 1	-0,4	-0,6	-0,6	48
G. 2	-0,4	-0,5	-0,5	56
G. 3	-0,3	-0,3	-0,4	71
G. 4	0,0	-0,1	-0,2	28
G. 5	-0,4	-0,5	-0,5	25
G. 6	0,0	0,2	0,4	7
G. 7	-0,1	-0,2	-0,1	30
G. 8	-0,2	-0,2	-0,3	53
G. 9	-0,4	-0,5	-0,6	29

TABELA 9 – Correlação entre velocidade de VRM e máxima de ozônio no Ibirapuera.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Como a proposta deste estudo consistia em melhorar as informações de vento para uso na previsão das máximas concentrações de ozônio por meio do Projeto de Redes Neurais, na seção 4.1 foi iniciada a análise comparativa do módulo da velocidade de VRM com a média aritmética da velocidade predominante (WS). Percebeu-se que a correlação é um pouco melhor para o módulo, tanto ao se empregarem diferentes seqüências horárias, como grupos de estações. Isto demonstrou que a utilização de informações adicionais àquelas da própria estação, pode diluir um pouco a incerteza que se tem sobre o vento monitorado no Ibirapuera. É importante destacar que ao tomarmos um único valor de VRM calculado sobre várias estações, o não alinhamento do vento nas diferentes estações, ou a variação temporal de sua direção induzem a erros que são intrínsecos do tratamento matemático empregado. Ainda assim, os resultados obtidos demonstraram ser este um procedimento válido.

Paralelamente, foram obtidas as correlações entre a máxima de ozônio e os outros parâmetros gerados nas estações de cada rede. Parâmetros como o módulo e o NO₂ indicaram haver efeito de escala e de memória dos horários anteriores, ou seja, de que as máximas concentrações podem ser melhor correlacionáveis quando se empregam dados de estações distantes, ou mesmo de horários bem anteriores ao horário das máximas.

Uma vez identificado que a Rede 2 apresenta melhores correlações, tornou-se imediato avaliar se esta correlação era homogênea dentro do conjunto de dados, ou se em certos intervalos de direção seus

resultados poderiam ser melhores/piores. Na seção 4.2 percebeu-se que entre 91 e 120 graus e entre 151 e 180 graus, as correlações alcançaram valores bem superiores ao conjunto dos outros intervalos. Entretanto, apesar deste procedimento ser relativamente simples e permitir diferenciar certas situações, o fato de se obter um valor de VRM dentro de um destes intervalos, ainda não é suficiente para identificar quais padrões climatológicos conduzem a tais valores. Isso motivou a busca de situações com padrão de vento semelhantes e a criação de grupos onde houvesse certa uniformidade interna. Esta daria maior consistência às análises.

Na seção 4.3 foram apresentados os resultados do agrupamento estatístico que mostram haver um número de grupos relativamente pequeno e com certas semelhanças entre si. Os grupos 1, 2 e 3 identificam padrões espaciais de VRM compostos por ventos sul a sudeste, mas com diferenças bem definidas de um para o outro. Fato semelhante ocorre com os grupos 7, 8 e 9, em que predominam os ventos noroeste a norte. O grupo 4 foi o único a caracterizar ventos com direção de leste, enquanto os grupos 5 e 6 identificam condições de calmaria e vento variável. Alternativamente, poderiam ter sido identificados apenas 4 grupos, que seriam: sul a sudeste, norte a noroeste, leste e calmaria ou vento variável, no entanto, isto faria com que fosse perdida a qualidade da informação espacial, que nesse caso é identificado pelo grau de detalhamento do padrão.

Da avaliação frequencial dos grupos, notou-se que os grupos de 1 a 3 representam aproximadamente 50% dos cenários ocorridos e das ultrapassagens. Se incluirmos o grupo 4, que representa menos de 10% dos cenários, o número de ultrapassagens supera 70%. Nos grupos 5 e 6, o número de cenários é relativamente reduzido, mas com maior frequência de ultrapassagens, enquanto nos grupos 7, 8 e 9 as ultrapassagens são raras apesar da grande quantia de cenários ocorridos. Verifica-se, portanto, que as análises podem ser desenvolvidas para cada grupo e que os mais representativos das ultrapassagens em termos estatísticos, são os grupos de 1 a 4.

Consequentemente ao agrupamento, realizou-se a caracterização climatológica e das concentrações de alguns parâmetros de cada grupo. Os grupos 1 a 3, diferenciam-se sistematicamente dos grupos 7 a 9, em termos das variáveis meteorológicas e das concentrações. Os grupos 4 a 6 também apresentam características distintas dos outros dois conjuntos. Este tipo de caracterização, embora não fizesse parte do objetivo inicial do trabalho, acabou por fornecer informações importantes para a análise dos padrões climatológicos e de distribuição espacial das concentrações de ozônio. Também, permitiu que se correlacionasse não apenas a velocidade do vento com as máximas de ozônio, mas também outros parâmetros monitorados nas estações. Uma vez verificado que a velocidade do vento apresentava melhor correlação conforme a direção do VRM, era de se esperar que as correlações pudessem ser melhores também para os outros parâmetros.

Na seção 4.4, ao analisar o padrão espacial de concentrações de ozônio para a hora da máxima concentração na estação Ibirapuera, verificou-se que as estações situadas a Sudeste e Leste desta, na maioria dos grupos apresentam concentrações superiores às encontradas em outros pontos. Essa

afirmação, no entanto, não é suficiente para identificar qualquer influência do vento sobre cada grupo, de tal forma que as concentrações precisam ser avaliadas em termos do desvio da média. Esta é também, uma maneira de diluir influências locais de cada estação, como por exemplo, as estações Parque D. Pedro II e Congonhas, que por se situarem próximas a vias de tráfego intenso acabam por medir, em média, valores mais baixos de concentração de ozônio devido a presença concentrada de gás NO proveniente de fontes veiculares.

A partir da visualização dos padrões de desvio da média de concentrações de ozônio e de vento apresentados na seção 4.5, percebeu-se a ocorrência clara de gradientes do desvio da média que são coerentes com os padrões de vento atuante. Para os grupos de 1 a 3, as estações mais afetadas, ou que apresentaram maiores variações positivas sobre a sua concentração média, foram aquelas situadas ao noroeste do Ibirapuera. Para os grupos 7 a 9, as estações afetadas se localizam a sudeste. O grupo 4, característico de vento leste, e os grupos 5 e 6, por não apresentarem um predomínio de qualquer direção de vento apresentam concentrações altas em toda a região. A observação destes gradientes é indicativo da influência da ventilação sobre toda a região de monitoramento e de quais estações devem apresentar as maiores concentrações de ozônio, conforme o grupo, pois é razoável admitir que outras estações estejam monitorando concentrações próximas da/ou iguais a máxima naquele mesmo horário da máxima ocorrida no Ibirapuera.

Observou-se na análise efetuada na seção 4.6 para diferentes parâmetros que existe uma melhora expressiva das correlações quando os dados são divididos segundo o critério do agrupamento. Principalmente nos grupos de 1 a 3 e 9, as correlações foram representativas do conjunto de dados, além de apontarem valores considerados bons para efeito de regressão linear ($r > 0,7$). Outros grupos e parâmetros, como as médias de NO₂ e NMHC, também tiveram correlações superiores a 0,5 com certa frequência. Já os grupos 5 e 6, não possuem parâmetros correlacionáveis devido aos baixos valores encontrados e a pequena quantidade de dados, respectivamente.

Finalmente, da comparação das correlações entre módulo de VRM e máxima de ozônio obtida para diferentes redes, com aquelas obtidas para os diferentes grupos (usando dados das mesmas redes) verificam-se valores melhores em grupos específicos. Isto é compatível com os valores encontrados na seção 4.2 quando os dados de VRM foram separados por setores, o que indica que apesar da velocidade de VRM não ser ainda um bom parâmetro para descrever as máximas de ozônio, a abordagem em termos de agrupamento permitiu identificar em quais grupos (situações) a sua utilização pode ser útil, bem como de outros parâmetros que apresentam correlação diferente de grupo para grupo. Deve-se considerar que ao utilizarmos dados de todas as estações nesta análise de correlações, torna-se uma exigência interpretar seus valores em termos do comportamento urbano e não mais local.

6. CONCLUSÃO

A idéia central sobre a qual este estudo se desenvolveu consistiu em trabalhar os dados de vento de diferentes formas para que se pudesse melhorar o correlacionamento destes com as máximas concentrações de ozônio da estação Ibirapuera. As análises mais tradicionais caracterizam o vento a partir da rosa de ventos e de poluição de cada estação, da filtragem de dados conforme a direção de vento, da contagem de calmarias e das médias de velocidade de vento. Também, é corrente a prática de correlacionar as concentrações horárias dos poluentes com as médias horárias de velocidade de vento geradas no mesmo horário, mas os valores obtidos geralmente são muito baixos (cerca de 0,3). Embora se verifique a tendência de diminuição das concentrações de ozônio à medida em que a velocidade dos ventos aumenta, esta informação é insuficiente para avaliar uma outra característica dos ventos bastante importante que é sua influência na fração do ozônio proveniente de transporte em escala regional.

A estação Ibirapuera está localizada numa região urbana central que recebe influência praticamente homogênea das fontes do entorno. Situada dentro do Parque, as medidas de ozônio são consideradas como representativas de escala urbana, uma vez que o local está relativamente afastado das vias de tráfego. O maior problema neste local é a interferência das árvores próximas que impedem um adequado monitoramento do vento, já que são observadas várias árvores com altura superior aos sensores meteorológicos.

Em função destas condições, uma análise que contemple simultaneamente outras estações é uma alternativa para avaliar a dinâmica meteorológica de curto período que influencia as concentrações da região como um todo. Pode-se entender este estudo como uma projeção horizontal das trajetórias das massas de ar nas horas anteriores às máximas concentrações. Análises de trajetórias que considerem uma quantia maior de horas antes da máxima, exigem que se reveja a utilização de VRM. Uma possibilidade é a utilização de médias móveis de VRM, mas isto exigiria um grande esforço para se formarem os grupos a partir de um número muito grande de dados horários.

Dos resultados obtidos destacam-se alguns aspectos. A separação dos cenários em grupos fornece uma boa noção qualitativa dos diversos padrões de ventos e concentrações de ozônio nas estações da rede de monitoramento. Já os padrões de desvio relativo das concentrações mostram a ocorrência de gradientes devido ao transporte, os quais mostram quais estações devem receber os maiores acréscimos em suas concentrações. Naqueles grupos onde não se observam gradientes, os acréscimos ocorrem generalizadamente em todas as estações.

Um outro efeito bastante positivo da separação por grupos é a melhora das correlações entre a máxima de ozônio e as diversos parâmetros monitorados, principalmente, nos grupos de 1 a 4, que são responsáveis pela grande maioria dos cenários e das ultrapassagens de padrão de qualidade do ar. Isto significa, que as situações mais fáceis de serem previstas em termos da quantia de parâmetros com boas correlações, também são as mais frequentes. Irônicamente, as correlações com o módulo de VRM

apenas são representativas de grupos específicos, assim como a média de NO, ou seja, diferentes conjuntos de variáveis são adequados à previsão das máximas de ozônio em cada grupo.

O fato de parte do estudo restringir-se ao período de outubro a dezembro foi uma simplificação imposta para que pudesse ser realizado como um piloto para estudos futuros. É totalmente viável empregar esta metodologia para avaliar períodos maiores, no entanto, é necessário melhorar a forma como se realiza o agrupamento dos dias para que se possa manipular uma quantia grande de dados. Essa é também, uma necessidade para que se possa gerar uma base grande de dados para ser utilizada no Projeto de Redes Neurais.

Portanto, o emprego em conjunto do cálculo de VRM e da técnica de agrupamento de dias com cenários de vento semelhantes se consolidaram como instrumentos efetivos para análise do ozônio em escala urbana. A partir destes métodos, pode-se inclusive realizar estudos de casos sobre situações semelhantes em escala urbana e no curto prazo.

7. BIBLIOGRAFIA

.CETESB. Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo, 2001. São Paulo, 2002.

.CETESB. Estudo do Comportamento do Ozônio na Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo, 2000.

.GUARDANI, R.; NASCIMENTO, C.A.O.; GUARDANE M.L.G.; MARTINS, M.H.R.B.; ROMANO, J. *Study of atmospheric ozone formation by means of a neural network – based model*. Journal of the Air & Waste Management Association, v.49, p.316-323, 1999.

.SEINFELD, J.H.; *Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution*, Ed.Wiley-Interscience, 1986.

Equipe Técnica:

ETQA

ETQM

ETQT

Relatório elaborado por:

Ricardo Scudeler Pontes

Yoshio Yanagi

ANEXO 1 – Dados agrupados de direção de VRM para cada estação e dia.

Grupo	Data	1	2	3	5	7	9	13	16	17	18	19	21
1	05-Nov-97	114	108	90	144	137	123	68	164	113	161	156	86
	08-Nov-97	131	133	138	204	144	170	169		164	157	172	170
	10-Nov-97	137	111	108	178	149	155	99	171	139	175	172	99
	20-Nov-97	121	128	144	154	138	153	68	163	122	158	153	97
	30-Nov-97	149	131	134	159	132	142	112	168	131	171	135	106
	11-Dez-97	130	153	129	158	143	151	67	160	133	163	156	91
	02-Out-98	137	112	129	140	146	103	100	181	127	168	150	
	10-Out-98	121		116	125	141	103		175	128	163	149	
	15-Out-98	124		147	148	125	131	121	171	126	137	141	
	25-Out-98	130		120	144	133	108	98	181	136	153	159	
	30-Out-98	140		132	151	152	122	125	180	144	166	149	
	03-Nov-98	124		117	141	143	109	115	173	123	167	132	
	06-Nov-98	111		111	125	127	115	117	186	107	136	156	
	14-Nov-98	117		102	138	135	106	90	175	110	164	152	
	15-Nov-98	124		111	139	133	110	96	173	103	165	156	
	21-Nov-98	144	125	143	149	147	122	139	169	124	170	156	
	28-Nov-98	131	109	115	147	149	102	83	195	128	167	161	
	30-Nov-98	154	114	172	171	160	157	95	189	155	162	170	
	15-Dez-98	149	141	155	176	158	155	112	184	118	172	173	
	11-Out-99	168	150	163		160	54	154	181	154	177	163	147
	24-Out-99	132	110	128	142	137	19	113	177	134	163	148	124
	30-Out-99	140	122	133	162	148	31	121	167	144	157	143	137
	07-Nov-99	141	135	151	151	144	43	133	177	118	168	165	120
	16-Nov-99	160	135	153	175	161	48	137	187		174	164	142
	19-Nov-99	116	110	126	155	134	15	116	180	125	160	157	121
	10-Dez-99	165	157	161	172	158	57	157		154	174	164	150
	11-Dez-99	171	161	173	183	177	66	177		153	188	182	177
	17-Dez-99	148	101	135	154	132	359	99		141	179	151	114
	20-Dez-99	93	93	77	120	105	9	125		84	111	138	96
	21-Dez-99	71	101	94	124	70	23	86		70	64	131	91
	23-Dez-99	139	99	144	179	153	21	106	182	125	175	158	111
	24-Dez-99	117	107	112	144	121	13	97	184	102	160	152	111
	26-Dez-99	160	140	67	192	157	63	147	204	167	156	160	102
	06-Out-00	93	138		182	160		182	195	185	169	166	154
	07-Out-00	101	105		130	118		113	174	98	135	144	108
	08-Out-00	113	117		145	139		106	181	109	172	148	124
	14-Out-00	116	114	106	109	102		106		106	112	125	116
	15-Out-00	137	122	137	157	150		112	187	140	166	153	139
	26-Out-00	100	147	142	159	108		118	182	67	158	160	76
	31-Out-00	149	122	154	166	129			190	156	169	166	135
	04-Nov-00	167	136	153	180	153			187	141	172	165	143
	05-Nov-00	3	349	3	19	347			2	335	1	3	3
	06-Nov-00	158	135	153	173	157			187	150	168	166	146
	07-Nov-00	147	125	143	170	144			183	150	163	154	150

	09-Nov-00	160	134	129	167	128		149	184	82	151	146	91
	15-Nov-00	138	124	139	156	144		120	181	137	165	154	137
	23-Nov-00	152	111	151	143	133	106	98	190	108	156	144	119
	02-Dez-00	150	131	168	173	151	136	105	185	118	177	167	136
dir VRM		143	126	142	161	146	91	123	174	139	163	153	135

Grupo	Data	1	2	3	5	7	9	13	16	17	18	19	21
2	04-Out-97	102	120	72	122	63	155	87	101	99	62	102	95
	12-Out-97	106	109	72	142	74	137	117	204	112	168	122	104
	14-Out-97	109	109	89	127	92	122	100	135	99	119	118	86
	18-Out-97	125	118	112	132	127	132	115	143	122	153	129	121
	19-Out-97	98	103	73	128	108	141	71	138	118	125	130	92
	27-Out-97	100	107	91	127	119	125	86	160	95	145	133	101
	31-Out-97	72	81	62	92	43	108	68	102	52	58	93	80
	09-Nov-97	202	295	160	238	189	237	222		286	296	244	352
	16-Nov-97		120		151	128	153	95	143	130	94	155	93
	06-Dez-97	77	89	70	108	103	105	88	163	79	149	139	92
	09-Dez-97	112	128	71	112	89	150	95	149	116	119	148	90
	17-Dez-97	118	120	104	110	108	131	105	125	110	137	111	108
	18-Dez-97	83	110	73	111	76	123	85	173	103	94	133	89
	03-Out-98	106	108	89	105	77	111	80	123	104	88	106	
	06-Out-98	102		74	91	85	103	96	163	104	127	124	
	07-Out-98	109		94	97	94	105	0	136	113	111	121	
	14-Out-98	113		95	108	127	97	127	150	114	163	144	
	19-Out-98	124		120	111	140	116	116	174	127	157	144	
	20-Out-98	84		71	77	62	88	69	115	81	85	106	
	21-Out-98	101		95	126	103	104	110	160	108	147	137	
	29-Out-98	99		87	96	78	98	96	147	101	106	115	
	31-Out-98	105		90	112	109	91	94	171	119	153	123	
	01-Nov-98	126		122	140	101	120	77	139	136	148	136	
	09-Nov-98	119		122	109	123	93	113	155	129	153	131	
	10-Nov-98	122			94	108	110	106	139	113	143	118	
	12-Nov-98	106		100	93	95	97	103	140	105	120	125	
	13-Nov-98	79		69	91	60	110	68	122	97	65	78	
	01-Dez-98	78	100	83	111	82	50	106	178	80	168	159	
	03-Dez-98	121	109	112	151	113	121	86	172	110	157		
	20-Dez-98	91	82		82	70	78	78	138	77		108	
	24-Dez-98	155	120	154	136	156	121	115	187	138		161	
	25-Dez-98	130	108	121	115	140	105	112	150	128		118	
	26-Dez-98	82	88	64	59	67	75	68	110	90		106	
	05-Out-99	98	89	84	103	89	357	82	133	90	124	116	92
	06-Out-99	102	105	85	92	87	19	96	136	104	103	121	97
	07-Out-99	98	103	81	108	79	15	82	112	106	60	84	98
	13-Out-99	176	169	191		162	144	199	181	191	184	176	233
	25-Out-99	113	107	99	108	90	10	95	131	104	139	119	106

	26-Out-99	99	99	86	97	69	4	72	114	98	76	89	91
	11-Nov-99	112	106	116	144	142	14	98	177		154	157	118
	18-Nov-99	95	103	86	112	85	9	90	132	91	98	120	105
	01-Dez-99	117	94	87	111	89	1	95	137	100	127	124	
	02-Dez-99	66	100	60	114	55	2	66	120	102	86	114	95
	12-Dez-99	131	114	120	172	156	18	125		150	173	166	132
	18-Dez-99	159	123	154	172	133	40	132		172	177	161	116
	25-Dez-99	85	92	85	90	63	8	87	93	86	122	116	101
	10-Out-00	141	116		163	143		164	196	130	172	140	143
	16-Out-00	74	73	60	104	70		68		73	94	112	107
	22-Out-00	93	101	84	145	98		77	166	64	101	124	96
	30-Out-00	109	130	150	178	123			150	288	139	143	50
	01-Nov-00	87	92	64	99	85			148	91	110	122	100
	08-Nov-00	81	77	76	96	85		87	158	85	128	132	104
	16-Nov-00	75	94	74	99	81		70	145	108	98	111	101
	17-Nov-00	108	120	123	139	107	130	84	129	111	98	125	119
	21-Nov-00	106	104	102	134	90	62	93	194	108	150	125	114
	07-Dez-00	115	83	109	119	102	77	95	163	81	157	136	97
dir VRM		125	114	119	136	120	101	104	158	121	142	137	122

Grupo	Data	1	2	3	5	7	9	13	16	17	18	19	21
3	03-Out-97	159	153	156	174	162	171	160	156	149	179	162	152
	06-Out-97	168	153	153	182	159	177	159	171	158	163	163	133
	07-Out-97	167	160	163	179	172	177	172	179	153	185	175	162
	08-Out-97	169	159	158	176	166	180	161	169	154	172	162	152
	11-Out-97	176	175	170	197	179	207	159	179	165	169	199	165
	17-Out-97	159	145	152	176	160	174	168	168	149	173	163	159
	20-Out-97	170	157	167	184	169	178	169	172	155	177	165	142
	23-Out-97	169	161	151	187	160	184	171	176	152	178	167	163
	30-Out-97	163	150	149	177	159	166	147	171	151	171	162	146
	04-Nov-97	167	162	176	200	180	200	149	203	175	177	203	138
	14-Nov-97		216		209	179	217	190	202	176	192	190	182
	15-Nov-97		141		176	164	155	169	177	149	177	162	151
	17-Nov-97		269		219	173	298	136	185	253	193	174	105
	25-Nov-97	158	150	145	176	154	176	162	175	152	171	164	130
	28-Nov-97	158	165	175	192	176	195	158	199	160	187	195	157
	29-Nov-97	158	145	142	174	156	163	139	171	144	169	159	139
	10-Dez-97	154	142	146	182	156	177	118	177	151	174	156	118
	16-Dez-97	166	171	168	191	152	222	129	183	200	170	161	111
	01-Out-98	158	134	154	156	156	131	128	169	146	166	152	
	09-Out-98	168		176	169	164	153		194	158	184	181	
	13-Out-98	165		165	166	161	154		184	154	169	165	
	28-Out-98	165		180	183	175	162	181	198	158	192	186	
	11-Nov-98	158		159	158	155	142	151	179	146	167	157	
	18-Nov-98	199		197	205	184	228	185		230	186	192	

19-Nov-98	166	148	167	160	166	140	170	187	149	183	181	
20-Nov-98	170	147	166	172	166	154	159	185	160	177	168	
22-Nov-98	164	147	162	168	159	146	139	183	151	166	159	
23-Nov-98	152	129	153	159	157	141	136	188	140	175	166	
27-Nov-98	165	155	176	176	163	158	182	182	160	180	165	
07-Dez-98	162		158	166	154	137	125	188	157	166	169	
19-Dez-98	315	276		225	170	304	299	222	289	195	165	
23-Dez-98	169	158	172	171	164	149	174	189	152		183	
02-Out-99	172	165	181	191	177	66	179	197	151	202	194	185
03-Out-99	161	140	157	176	159	53	159	186	153	178	170	161
04-Out-99	161	152	164	179	163	58	165	196	151	179	176	165
10-Out-99	154	137	154	167	148	42	118	174	144	166	159	131
14-Out-99	319	227	28	216	96	197	241	311	298	55	141	360
16-Out-99	153	135	160	165	146	47	175	182	141	175	155	159
17-Out-99	200	226	203	215	186	96	201		213	223	209	224
18-Out-99	163	137	157	178	157	55	165	182	148	172	160	156
20-Out-99	156	124	146	173	158	34	120	187	157	166	161	137
21-Out-99	168	149	163	182	169	59	155	187	166	178	165	143
22-Out-99	163	135	163	179	161	56	139	194	158	178	166	143
23-Out-99	158	139	153	176	158	48	132	185	148	172	168	146
28-Out-99	155	139	156	134	153	35	164	179	144	165	149	154
06-Nov-99	162	135	155	173	151	49	140	188	151	167	159	140
09-Nov-99	170	166	175	188	171	73	172	202		189	191	165
13-Nov-99	173	147	188	201	180	76	222	218		194	196	173
14-Nov-99	163	147	164	176	166	54	153	189		171	162	150
17-Nov-99	162	126	153	170	157	45	152	193	138	179	157	150
28-Nov-99	152	132	161	167	152	43	150	192	152	180	156	
29-Nov-99	158	130	156	180	149	45	136	190	158	177	163	
30-Nov-99	160	136	150	173	165	50	126	184	150	174	169	
07-Dez-99	168	146	170	188	178	70	136	184	170	189	173	125
09-Dez-99	161	149	164	179	155	55	153		157	175	163	140
19-Dez-99	13	219	234	222	271	190	182		307	305	294	349
29-Dez-99	159	124	153	204	158	125	149	230	165	192	178	57
19-Out-00	118	112	111	140	147		105		108	174	140	109
21-Out-00	163	148	162	179	165		166	183	156	180	163	165
24-Out-00	6	347	351	311	209		342		330	159	207	2
25-Out-00	150	126	161	166	164		176		124	187	162	181
29-Out-00	151	133	147	161	154			170	143	163	157	154
03-Nov-00	222	227	201	220	188			215	237	219	207	235
11-Nov-00	155	108		193	148		132	192	162	178	156	115
14-Nov-00	181	176	189	198	183		195	210	160	206	200	191
26-Nov-00	148	132	164	182	166	140	157	189	151	181	173	97
01-Dez-00	168	163	174	181	174	152	170	192	155	191	185	179
06-Dez-00	154	133	160	170	177	133	141	178	156	181	174	147
17-Dez-00	150	130	152	168	157	131	145	185	146	174	165	150
18-Dez-00	158	139	163	166	163	142	168	185	153	179	165	159

	31-Dez-00	183	182	192	200		171	205	219		216	207	222
dir VRM		159	143	160	176	162	125	157	183	153	176	169	149

Grupo	Data	1	2	3	5	7	9	13	16	17	18	19	21
4	09-Out-97	52	72	58	172	81	336	102	63	345	95	112	77
	13-Out-97	41	112	30	65	16	340	91	12	10	14	25	50
	02-Nov-97	59	77	35	75	38	73	66	37	31		55	74
	26-Nov-97	46	76	50	72	29	90	53	51	52	51	50	80
	01-Dez-97	31	64	26	38	19	9	56	21	11	34	26	80
	12-Dez-97	68	82	40	70	43	80	82	40	32	47	61	92
	08-Out-98	163		143	141	54	102		208	28	31	67	
	11-Out-98	5		337	344	339	316		4	336	360	349	
	22-Out-98	33		31	62	45	322	85	16	4	29	46	
	07-Nov-98	45		42	40	14	354	67	24	357	38	27	
	24-Nov-98	60	92	63	67	26	69	66	46	58	47	60	
	04-Dez-98	57	70	56	57	46	58	63	44	47	60		
	14-Dez-98	44	103	27	56	17	330	69	333	6	22	48	
	27-Out-99	50	68	38	93	31	344	37	65	29	30	72	81
	12-Nov-99	35	87	53	57	20	245	95	34	6	37	39	92
	20-Nov-99	55	81	52	47	30	2	85	36	30	44	26	92
	21-Nov-99	32	346	15	188	56		76	154	328	129	156	350
	08-Dez-99	40	56	46	74	24	286	62	40	35	42	47	74
	09-Out-00	119	114		192	102		101	203	196	154	173	122
	11-Out-00	66	49	13	74	46		53	49	26	42	54	85
	13-Out-00	97	84	74	83	47		68	50	21	79	70	90
	17-Out-00	356	323	322	291	290		7		296	120	320	335
	02-Nov-00	3	329	324	330	328			354	334	355	342	355
	18-Nov-00	44	53	43	54	26	53	47	35	59	53	31	69
	08-Dez-00	36	150	288	158	63	292	102	350	324	52	103	49
	12-Dez-00	356	335	340	335	334	309		360	345	2	347	2
	13-Dez-00	33	50	23	155	144	336	48	192	313	147	143	30
	24-Dez-00	39	65	28	71	29	351	46		8	32	28	70
dir VRM		73	91	67	111	61	47	70	67	63	82	87	96

Grupo	Data	1	2	3	5	7	9	13	16	17	18	19	21
5	10-Out-97	144	295	177	226	279	284	180	256	283	260	273	151
	22-Out-97	218	247	212	237	225	247	221	227	223	241	232	255
	11-Nov-97	132	146	161	183	150	202	218	157	257	171	151	172
	08-Dez-97	279	286	235	238	209	317	285	215	290	224	215	284
	19-Dez-97	347	318	303	317	300	337	319	324	314	136	229	335
	31-Dez-97	243	254		257	188	302	209	224	303	176	180	317
	04-Nov-98	164		170	191	167	209	196	190	280	181	189	
	25-Nov-98	286	260	240	227	206	259	286	237	268	215	209	
	29-Nov-98	259	250	235	218	185	266	273	221	266	178	164	

	08-Dez-98	358		294	215	143	306	315	216	309	168	203	
	16-Dez-98	284	294	258	236	226	282	280	259	267	238	218	
	09-Out-99	250	251	243	229	200	170	238	229	254	215	207	281
	15-Out-99	264	236	255	233	334	192	190	242	265	8	323	112
	22-Nov-99	278	259	248	239	209		237	231	288	236	231	306
	28-Dez-99	329	282	252	293	179	207	9	297	291	190	212	8
	30-Dez-99	213	233	206	206	177	157	278	191	287	178	182	308
	31-Dez-99	300	304	293	294	227	208	325	313	305	172	195	333
	01-Out-00	186	197	210	246	174		189	213	243	201	178	263
	10-Nov-00	277	260	307	251	252		274	269	275	222	232	306
	27-Nov-00	4	337	265	202	135	303	308	258	318	162	170	155
	28-Nov-00	332	277	286	266	186	296	343	251	314	143	171	356
	03-Dez-00	250	255	238	227	198	268	297	223	277	196	191	298
	05-Dez-00	189	240	204	214	193	193	216	229	200	232	218	259
	19-Dez-00	193	233	210	233	133	273	197	247	270	194	174	295
	21-Dez-00	1	298	299	272	242	301	354	318	302	180	172	32
dir VRM		133	148	193	205	176	292	248	200	222	180	185	98

Grupo	Data	1	2	3	5	7	9	13	16	17	18	19	21
6	03-Nov-97	113	179	172	205	203	192	192	42	141		305	272
	05-Dez-97	71	148		359	37	160	107	264	292	74	33	85
	24-Dez-97	84	89	64	220	178	315	19	210	349	176	171	15
	05-Nov-98	291		286	246	76	285	133	335	301	139	147	
	08-Nov-99	322	288	272	270	220	209	297	258		216	206	305
	18-Out-00		320	325	330	322		332		325	353	343	358
	23-Dez-00	315	273	291	307	276	298	299		306	250	268	318
dir VRM		96	114	142	198	134	19	83	210	294	135	159	95

Grupo	Data	1	2	3	5	7	9	13	16	17	18	19	21
7	01-Out-97	11	352	5	351	353	346	2	5	310	16	0	48
	02-Out-97	319	293	234	316	297	322	302	304	299	307	311	299
	25-Out-97	15	12	12	10	17	340	33	13	341	30	20	64
	23-Nov-97	22	33	21	43	12	21		25	31	21	21	52
	03-Dez-97	301	288	210	301	284	315	292	296	288	276	301	296
	04-Dez-97	54	78		67	54	71	242	41	358	97	55	89
	07-Dez-97	26	30	30	17	11	4	356	322	350	25	12	49
	13-Dez-97	3	357	333	0	355	353	347	9		23	360	66
	26-Dez-97	7	339		344	359	344	30	21	331	21	357	9
	26-Out-98	15		18	3	350	346	21	11	10	18	9	
	08-Nov-98	312		258	282	259	292	293	292	299	275	247	
	16-Nov-98	351		350	336	335	312	353	358	349	353	352	
	02-Dez-98	326	286	284	281	239	294	278	314	308	258	279	
	05-Dez-98	16		4	337	349	318	356	11	357	10	3	
	10-Dez-98	9		350	6	14	328	26	18	349	54	18	

	21-Dez-98	345	319	332	336	317	310	329	352	337		338	
	28-Dez-98	341	308	319	333	313	313	320	352	333		336	
	29-Dez-98	351	318	321	333	317	310		351	330	337	339	
	01-Out-99	33	10	18	347	355	227	66	8	323	11	358	83
	04-Nov-99	11	353	356	6	345	234	343	4	353	8		12
	03-Dez-99	11	340	3	10	342	242	1	9	356	11	355	18
	05-Dez-99	318	287	277	270	254	201	312	308	289	272	270	322
	06-Dez-99	313	281	281	299	259	205	291	281	302	250	276	308
	13-Dez-99	21	2	17	18	348	237	15		358	17	9	39
	12-Nov-00	8	344	351	342	326		356		334	8	347	355
	30-Nov-00	311	279	287	296	264	294	293	290	297	272	258	304
	14-Dez-00	12	18	27	6	354	339	38	15	358	21		68
	15-Dez-00	10	8	6	15	358	338	30	2	344	21	7	20
	16-Dez-00	5	338	13	355	355	320	23	6	358	8	357	26
	25-Dez-00	295	261	267	290	271	276	273		293	296	305	334
dir VRM		8	343	337	341	340	322	343	352	336	7	350	24

Grupo	Data	1	2	3	5	7	9	13	16	17	18	19	21
8	05-Out-97	351	325	309	348	334	355	330	358	334	344	343	338
	15-Out-97	357	326	320	347	331	354	329	347	340	352	335	351
	24-Out-97	339	313	292	342	325	344	320	340	327	338	336	317
	28-Out-97	6	319	323	332	342	354	341	345	316	4	340	33
	29-Out-97	353	336	325	338	337	341	326	353	315	348	340	337
	01-Nov-97	336	315	328	323	323	337	314	341	298	322	316	316
	06-Nov-97	345	321	317	335	319	325	321	348	333	339	332	322
	07-Nov-97	352	357	332	351	358	341	343	341	322	355	324	336
	12-Nov-97	349	314	261	333	323	335	330	339	307	339	329	336
	13-Nov-97	353	337	329	350	334	348	323		334	349	344	333
	21-Nov-97	353	325	309	340	328	344		342	321	336	334	334
	22-Nov-97	350	313	316	329	346	342			316	349	334	343
	27-Nov-97	335	311	283	334	324	341	315	339	318	332	329	312
	02-Dez-97	329	309	272	327	305	335	312	318	307	321	314	310
	14-Dez-97	345	331	328	348	329	349	331	350	334	341	340	340
	20-Dez-97	332	309	280	326	316	326	310	329	302	324	329	314
	21-Dez-97	332	312	312	338	328	347	321	337	321	336	335	331
	22-Dez-97	345	327	321	344	323	343	325	350	324	334	332	325
	23-Dez-97	332	321	317	339	324	341	325	345	312	332	335	336
	25-Dez-97	66	103		198	104	14	55	149	357	139	157	22
	27-Dez-97	353	332		338	332	347	325	342	329	341	341	332
	28-Dez-97	347	316		348	327	347	333	353	333	338	340	334
	30-Dez-97	2	340		354	336	345	323	342	329	349	341	336
	04-Out-98	331		307	320	304	303	315	345	311	326	330	
	05-Out-98	344		319	331	323	314	329	359	336	346	340	
	16-Out-98	355		338	336	319	324	329	1	346	347	342	
	23-Out-98	5		321	333	320	320	341	355	339	337	344	

	27-Out-98	340		330	326	322	310	318	354	315	347	341	
	17-Nov-98	352		326	330	318	313	333	352	343	344	343	
	26-Nov-98	356	328	315	306	317	292	311	353	312	320	340	
	09-Dez-98	359		344	345	332	312	329	354	340	355	336	
	17-Dez-98	346	320	306	328	319	303	326	351	328	335	338	
	18-Dez-98	322	293		300	290	289	312	328	304	314	320	
	22-Dez-98	348	312	330	319	323	305	309	349	318		335	
	08-Out-99	344	318	322	338	313	222	328	354	326	343	335	335
	05-Nov-99	333	296	297	337	306	217	318	344	316	329	334	327
	23-Nov-99	358	307	327	356	324	221	314	357	340	341	352	349
	24-Nov-99	332	291	298	321	300	207	318	336	306	323	325	327
	26-Nov-99	340	303	317	325	311	209	321	356	320	333	334	
	04-Dez-99	354	324	331	338	315	225	340	349	331	341	338	348
	03-Out-00		288	335	312	318		325	355	298	350	335	357
	04-Out-00	336	270	290	330	310		321	356	311	331	334	329
	05-Out-00	339	296	327	319	298		304	337	300	329	325	324
	12-Out-00	340	288	322	342	310		324	344	327	328	333	332
	19-Nov-00	329	301	316	330	300	303	313	348	296	329	334	323
	20-Nov-00	354	328	317	338	286	312	314	341	331	316	261	359
	24-Nov-00	354	324	333	344	316	314	328	351	332	345	340	349
	25-Nov-00	353	319	345	327	319	312	324	356	315	343	344	337
	29-Nov-00	331	297	308	316	290	300	314	341	304	323	328	321
	04-Dez-00	341	305	305	309	299	299	301	345	298	331	324	320
	22-Dez-00	337	297	316	324	310	309	319	353	315	334	334	322
	26-Dez-00	336	279	318	333	300	293	309	327	320	330	334	315
	27-Dez-00	337	287	328	327	304	305	318		313	338	331	330
dir VRM		347	317	314	331	321	325	324	347	319	343	335	344

Grupo	Data	1	2	3	5	7	9	13	16	17	18	19	21
9	16-Out-97	302	290		265	296	318	299	294	294	229	261	305
	26-Out-97	337	324	315	295	324	334	298		296	337	312	351
	18-Nov-97		285		309	292	318	274	308	290	317	310	291
	24-Nov-97	304	285	249	299	275	317		326	295	291	320	323
	15-Dez-97	318	294	263	313	288	316	306	318	293	309	311	304
	29-Dez-97	345	318		300	295	345	320	316	323	338	308	320
	12-Out-98	312		265	286	271	281		299	289	276	282	
	17-Out-98	325		273	302	286	291	311	325	298	307	316	
	18-Out-98	170		182	186	177	166	183	208	187	206	191	
	30-Dez-98	329	299	286	307	290	302	313	336	297	312	326	
	31-Dez-98	338	279	282	275	278	299	292	312	298	308	314	
	25-Nov-99	352	310	317	327	315	220	324	351	323		338	337
	27-Nov-99	307	275	282	284	270	194	292	309	294	283	301	
	14-Dez-99	331	303	323	333	299		315		308	332	331	323
	15-Dez-99	314	281	280	305	271	194	301		296	301	305	303
	16-Dez-99	312	264	255	287	261	189	289		277	295	298	306

	22-Dez-99	337	289	295	329	303	216	322		318	329	334	330
	27-Dez-99	332	285		306	277	201	314	321	309	294	302	324
	02-Out-00	324	272	300	314	285		299	348	303	310	324	320
	20-Out-00	347	311	310	341	317		340		338	340	342	349
	23-Out-00	219	237	220	193	179		315		278	171	187	311
	27-Out-00	6	334	6	349	340			7	336	6	356	24
	13-Nov-00	328	307	316	337	297		317		319	329	334	325
	22-Nov-00	308	284	292	295	275	286	301	330	302	279	289	315
	09-Dez-00	323	286	298	305	271	292	310	334	299	273	290	317
	20-Dez-00	325	264	294	292	278	289	294	343	298	299	319	309
	28-Dez-00	320	282	297	312	284	290	318	332		322	321	324
	29-Dez-00	324	273	289	307	272	291	306	336		307	320	315
	30-Dez-00	327	281	306	323	276	293	305	332		317	320	314
dir VRM		320	274	263	279	261	281	301	304	288	288	287	321