

Análise do Aerossol Atmosférico em Acra, Capital de Gana

Thiago Gomes Veríssimo¹
Orientador: Américo Sansigolo Kerr¹

¹Instituto de Física da USP

10 de Junho de 2016

1 Introdução

- Projeto
- África Subsariana (SSA)
- Acra

2 Metodologia

- Amostragem
- Fluorescência de raios X
- Black Carbon
- Modelo receptor

3 Resultados

- Calibração da XRF
- Calibração do Black Carbon
- Meteorologia
- Concentrações Ambientais
- Identificação das fontes

4 Conclusão

Projeto

Projeto Internacional

“Energy, air pollution, and health in developing countries” coordenado pelo Dr. Majid Ezzati na *Harvard School of Public Health*.

Mestrado em Nima

Colaboração em pesquisa que avaliou a poluição do ar entre regiões ricas/pobres e urbana/rurais de Gana, em especial nas análises de XRF, BC, dos dados meteorológicas e levantamento de fontes. Neste Mestrado aprofundou-se o estudo em Nima, bairro pobre e urbano da capital de Gana, Acra.

Africa Subsariana (SSA)

África



Impactos na poluição do ar em cidades da SSA

- Urbanização recente;
 - População predominantemente rural, mas em transição;
 - Excesso de vias não pavimentadas, mesmo nos centros das cidades;
 - Alta taxa de crescimento populacional, sem a correspondente melhoria na infraestrutura de serviços públicos;
 - Queima de biomassa na preparação do alimento;
 - Queima de lixo a céu aberto;
 - Inexistência de sistemas de monitoramento de parâmetros ambientais, sistemáticos e em larga escala, realizados por agências de controle.

Região Metropolitana de Acra (RMA)

- Acra é capital de Gana desde 1957 (independência da Inglaterra);
 - Região litorânea com elevações que variam entre 0 e 60 metros do nível do mar;
 - Região portuária desde a colonização (escoamento de ouro e diamante para Inglaterra);
 - 4 milhões de habitantes e densidade populacional de 1205 *habitantes/km²* (2010);
 - Economia baseada majoritariamente na indústria e em serviços;
 - 1,13 milhões de veículos em 2009 (no país, não há dados para capital).

Nima

Nima é um dos bairros mais pobres de Acra e é formada por migrantes e imigrantes em busca de emprego na capital. Moradias extremamente improvisadas, vias não pavimentadas, carece de sistema de tratamento de esgoto, fornecimento de água potável e eletricidade.



(a) lixo



(b) *tro-tro*

Nima



(a) Cozinha residencial em Nima adaptada para o uso de lenha.



(b) Cozinha de comércio em Nima adaptada para o uso de carvão.

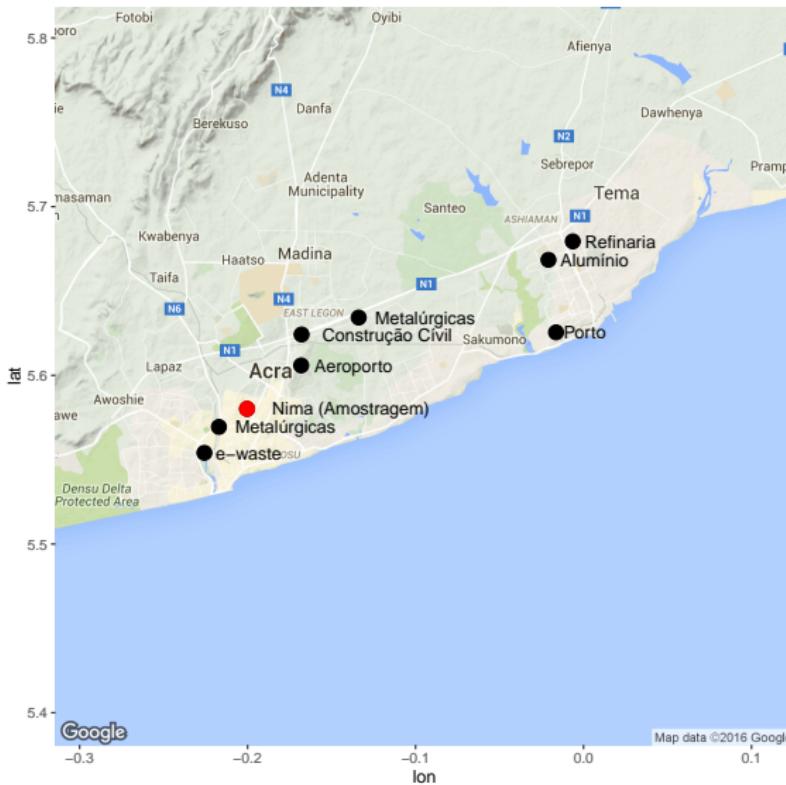
e-waste

Depósito de lixo eletrônico (*e-waste*) situado no bairro de Agbogbloshie (4 km de Nima).



Acra

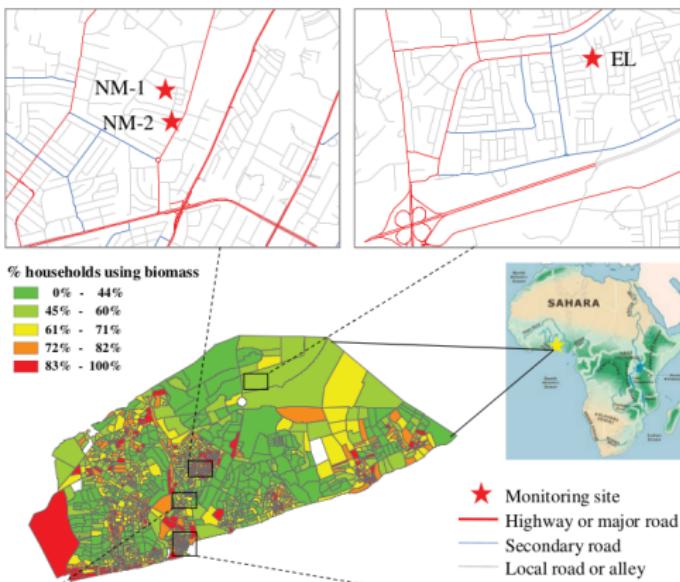
Fontes



Amostragem

Amostragem

Pontos de amostragem em Nima:



Amostragem

Censo populacional

Fonte de energia na preparação alimentos em Gana:

Tipo da fonte de energia	Gana (todo país)		Acra	
	2000	2010	2000	2010
	% de uso			
não cozinha	3,5	5,60	4,8	6,90
biomassa	55,8	40,20	8,8	3,50
gás	6,2	18,20	21,8	41,40
elet ricidade	1,1	0,50	2,2	0,90
querosene	2	0,50	4,3	1,10
carvão	30	33,70	57,3	45,40
resíduo de plantação	*	0,80	*	0,10
pó de serra	*	0,10	*	0,30
esterco	*	0,00	*	0,10
outros	1,1	0,10	0,8	0,30

Amostragem

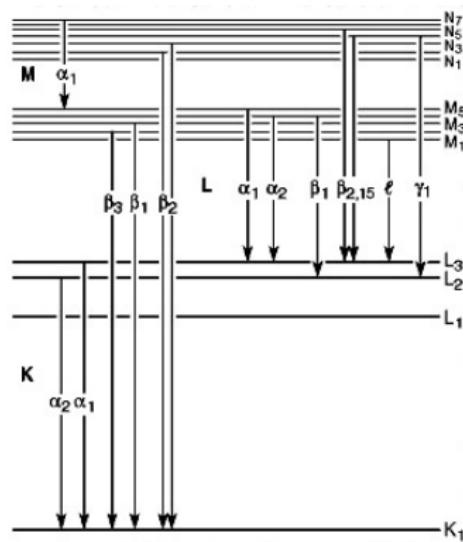
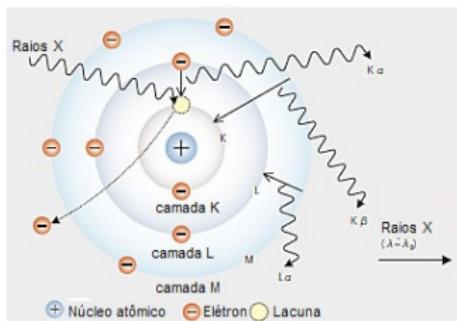
Dados da amostragem

- De 11 de novembro de 2006 à 15 de agosto de 2008;
- Medidas de 48 horas;
- As amostras foram coletadas em filtro de composição de politetrafluoretileno (PTFE);
- Amostradores tipo Harvard (seleção do diâmetro por impactação inercial);
- 2898 amostras coletadas de MP_{10} e $MP_{2,5}$ no projeto global e 879 amostras no bairro de Nima;
- Onze sítios localizados em quatro bairros diferentes;
- Em Nima, dois pontos de amostragem: residencial e avenida;

Fluorescência de raios X

Fluorescência de raios X

Ilustração clássica do fenômeno de fluorescência de raios X no átomo.



Fluorescência de raios X

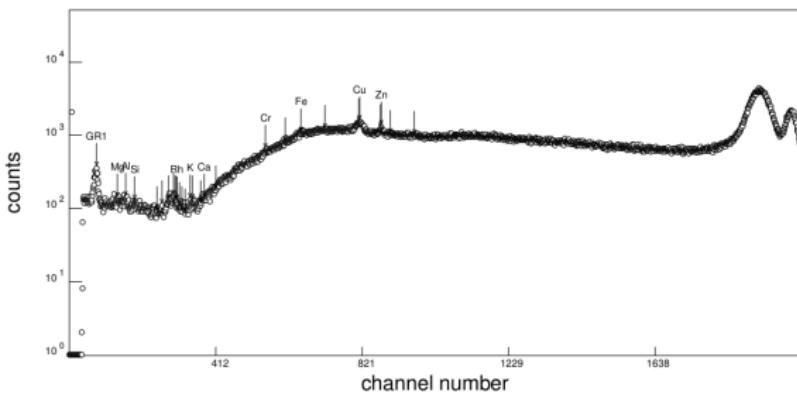
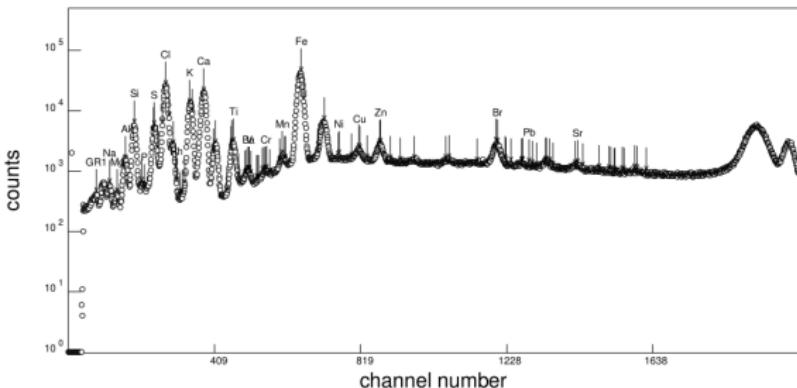
Shimadzu EDX 720HS

- Shimadzu EDX 720HS (instalada no Lapat);
- Tubo de ródio (Rh) submetido a ddp de 50 kV;
- Detector de Si(Li) (1 e 20 keV) e multicanal de 2048 canais;
- Filtro de Al para remoção da linha L do feixe do tubo de ródio;
- Criação de suporte fixação dos filtros.



Fluorescência de raios X

Espectro no WinQxas



Fluorescência de raios X

Fluorescência de raios X

$$N(Z) = R(Z) \cdot I \cdot \Delta t \cdot \frac{m(Z)}{A}$$

Onde,

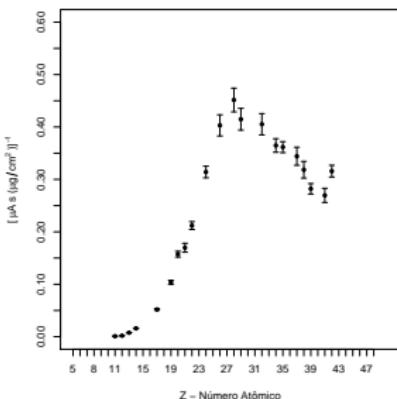
- $N(Z)$ = Contagem de fótons na amostra para o elemento químico Z ;
- I = Corrente (ampère) na amostra;
- Δt = Tempo vivo (segundos) que a amostra foi irradiada;
- $m(Z)$ = Massa na amostra para o elemento químico Z ;
- A = Área amostrada do filtro;
- R = Fator de Resposta.

Fluorescência de raios X

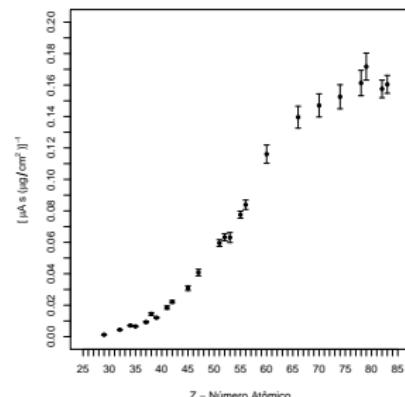
Fator de Resposta a partir de alvos padrões

$$R(Z) = \frac{N(Z)}{d(Z) \cdot I \cdot \Delta t}; \quad d(Z) = m(z)/A$$

$$\sigma_{R(Z)}^2 = R(Z)^2 \cdot \left[\left(\frac{\sigma_{N(Z)}}{N(Z)} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{d(Z)}}{d(Z)} \right)^2 \right]$$



(a) linha K



(b) linha L

Mínimos Quadrados Matricial

$$y_1 = a + bx_1 + cx_1^2 + dx_1^3 + \dots$$

$$y_2 = a + bx_2 + cx_2^2 + dx_2^3 + \dots$$

...

$$[Y] = [A] \cdot [X]$$

Os coeficientes ajustados $\tilde{[A]}$ são dados por:

$$\tilde{[A]} = [V_{\tilde{A}}] \cdot ([X]^T \cdot [V_Y]^{-1} \cdot [Y])$$

Sendo $[V_{\tilde{A}}]$ a matriz de covariância dos coeficientes, dada por:

$$[V_{\tilde{A}}] = ([X]^T [V_Y]^{-1} [X])^{-1}$$

A incerteza é dada pela diagonal da matriz de covariância de $\tilde{[Y]}$:

$$[V_{\tilde{Y}}] = [X] \cdot [V_{\tilde{A}}]^{-1} \cdot [X]^{-1}$$

Black Carbon

Medidas de carbono elementar foram realizadas pelo método absoluto Thermal Optical Transmittance (TOT). E medidas relativas por refletância (*Diffusion System* modelo ELL43D).



$$\frac{dl}{dx} = -\alpha \cdot l$$

$$\frac{m}{A} = K \cdot (2 - \log l)$$

Modelo receptor

Modelo receptor

Modelo Receptor é uma abordagem matemática para quantificar o efeito das fontes nas amostras. Determinar as fontes a partir do receptor.

Análise Multivariada reduz as dimensões (variáveis) de um conjunto de dados analítico complexo que poderão ser interpretados como tipo de fontes.

Conservação da massa

$$x_{ij} = \sum_{p=1}^P g_{ip} f_{pj}$$

- x_{ij} = concentração na amostra i da espécie j;
- f_{pj} = fração da espécie j emitida na fonte/fator p (perfil da fonte, assinatura da fonte ou *Factor Loadings*);
- g_{ip} = contribuição da fonte/fator p para amostra i (*Factor Score*);

Modelo receptor

Análise de Fatores

$$x_i - \mu_i = l_{i1}F_1 + \cdots + l_{ip}F_p + \epsilon_i$$

- x_1, \dots, x_j são as concentrações para as j espécies;
- μ_1, \dots, μ_j são as médias para as j espécies;
- F_1, \dots, F_p são os p fatores extraídos;
- l_{i1}, \dots, l_{ip} são os pesos (ou *loadings*) da espécie i no fator p ;
- ϵ_i é o resíduo.

Modelo receptor

Positive Matrix Factorization

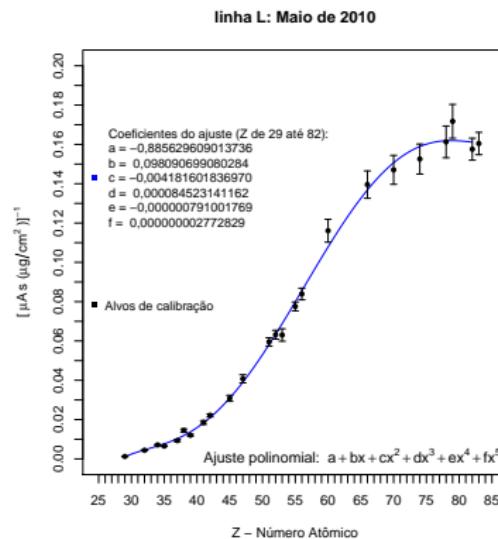
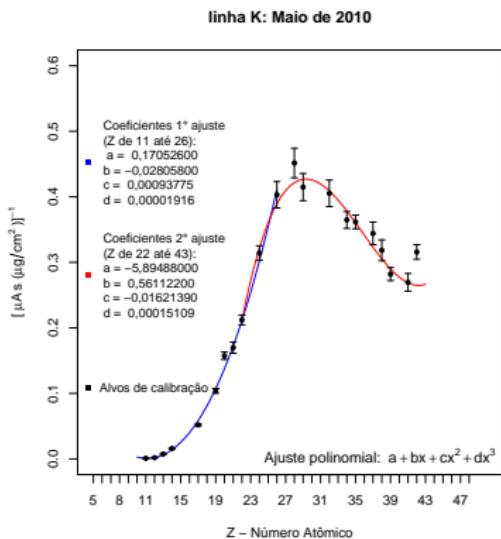
$$c_{ij} = \sum_{k=i}^p g_{ik} f_{kj} + e_{ij}$$

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[\frac{c_{ij} - \sum_{k=i}^p g_{ik} f_{kj}}{u_{ij}} \right]^2$$

- c_{ij} : Matriz de concentração;
- u_{ij} : Matriz de incertezas (experimentais e analíticas);
- p : Número de fatores informado pelo usuário;
- g_{ik} : Contribuição dos fatores nas amostras (*Factor Score*);
- f_{kj} : Perfil da fonte ou assinatura da fonte (*Factor Loadings*);
- e_{ij} : Matriz dos resíduos escalados pelas incertezas.

Calibração da XRF

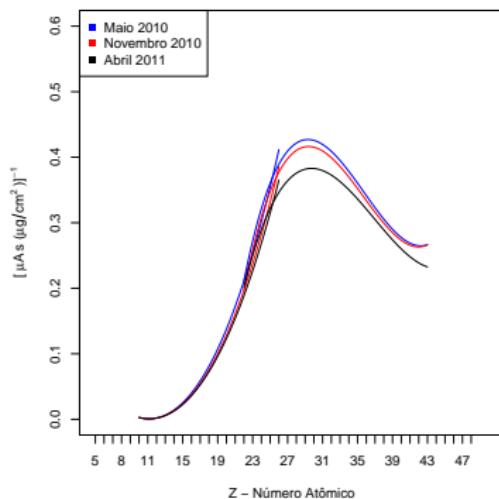
Calibração da XRF



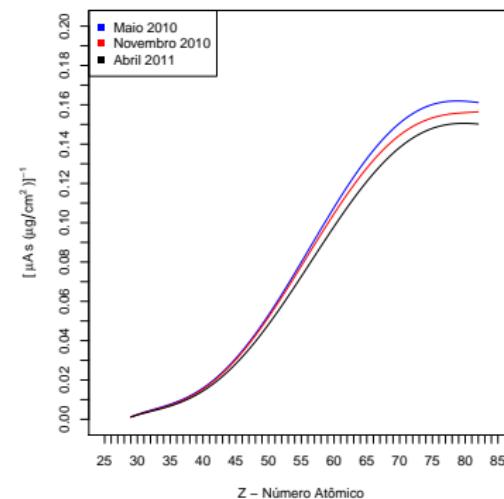
Calibração da XRF

Perda de eficiência XRF

Comparação das calibrações da XRF-ED nos 3 períodos.



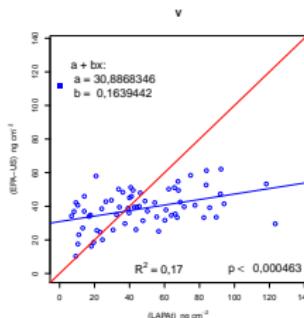
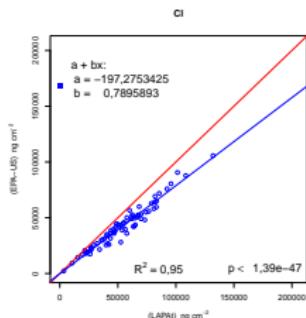
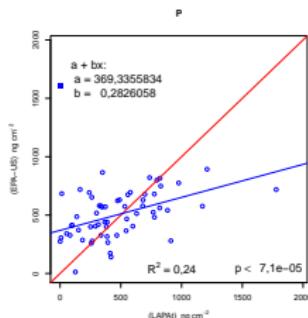
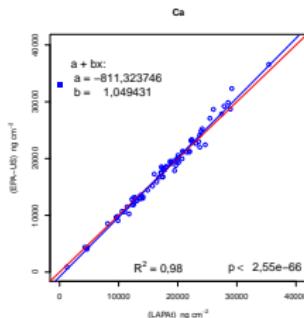
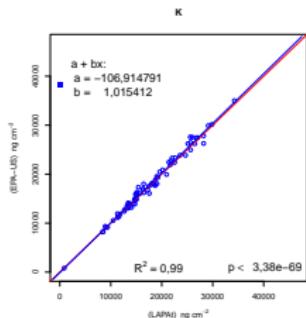
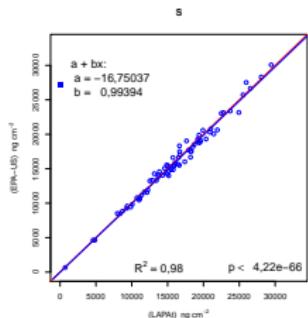
(a) linha K



(b) linha L

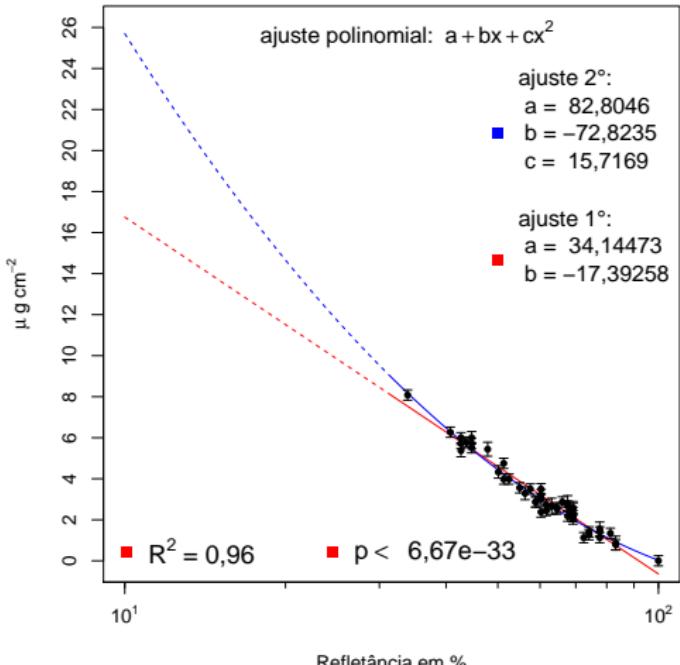
Calibração da XRF

Comparação das análises de XRF no LAPAt e na US-EPA.



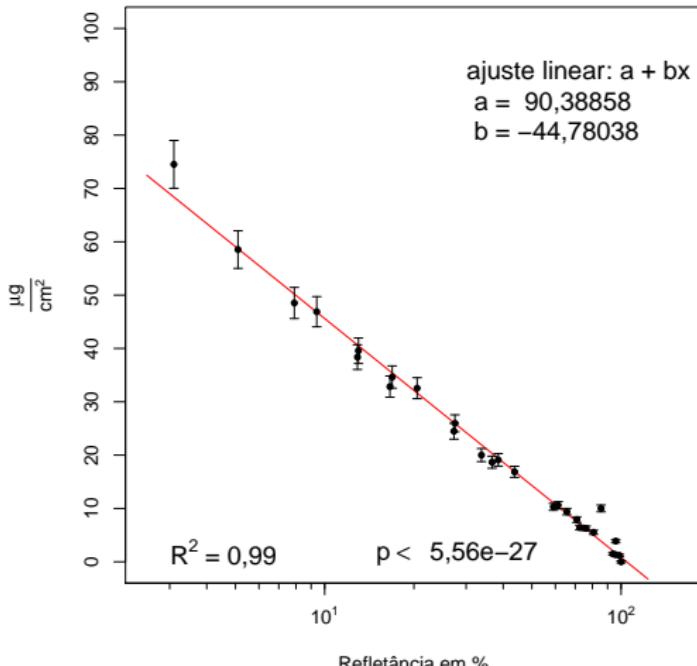
Calibração do Black Carbon

Calibração do refletômetro usando alvos padrões M71



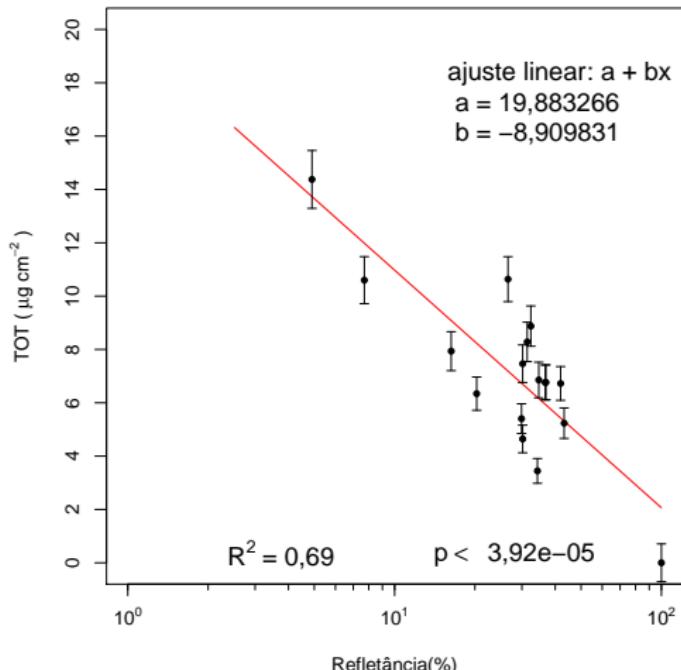
Calibração do Black Carbon

Padrões produzidos na CETESB com BC ASTM-N762



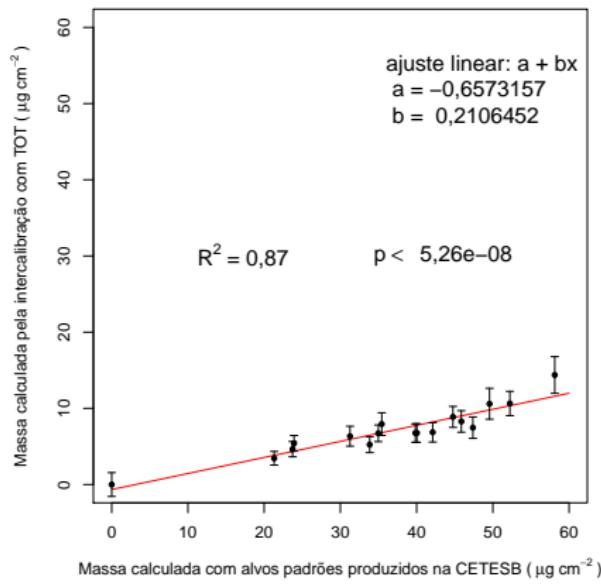
Calibração do Black Carbon

Intercalibração TOT para túnel Jânio Quadros (JQ)



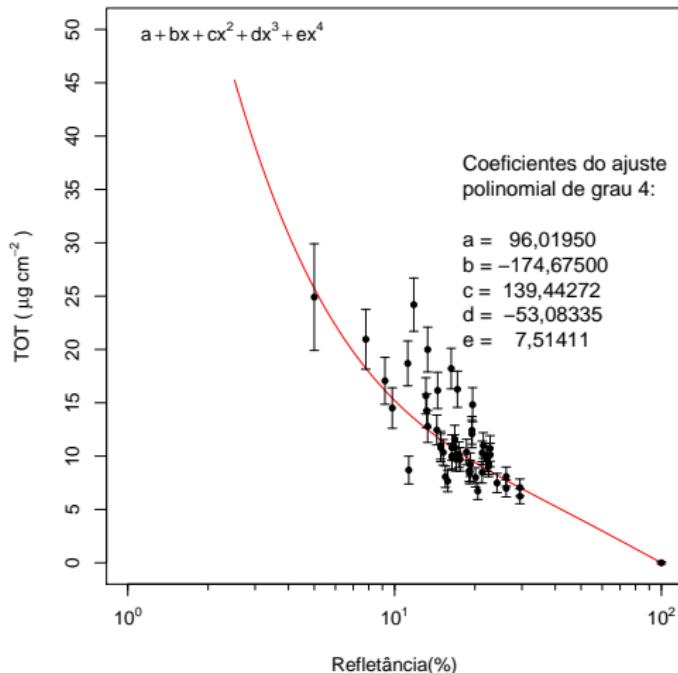
Calibração do Black Carbon

Massa de BC no JQ via intercalibração TOT e padrões CETESB



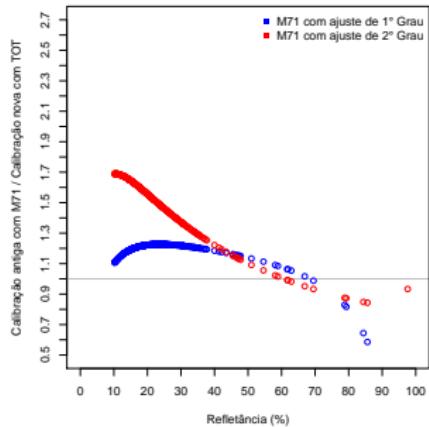
Calibração do Black Carbon

Intercalibração TOT para Acra

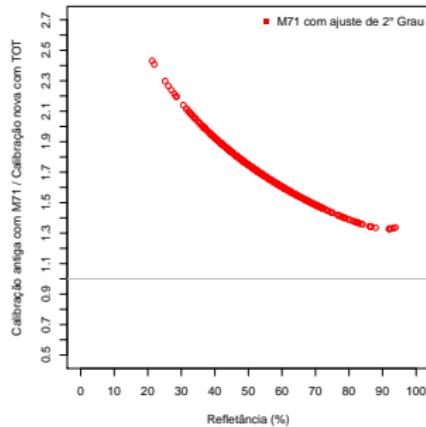


Calibração do Black Carbon

Razão dos valores de BC pelas diferentes calibrações

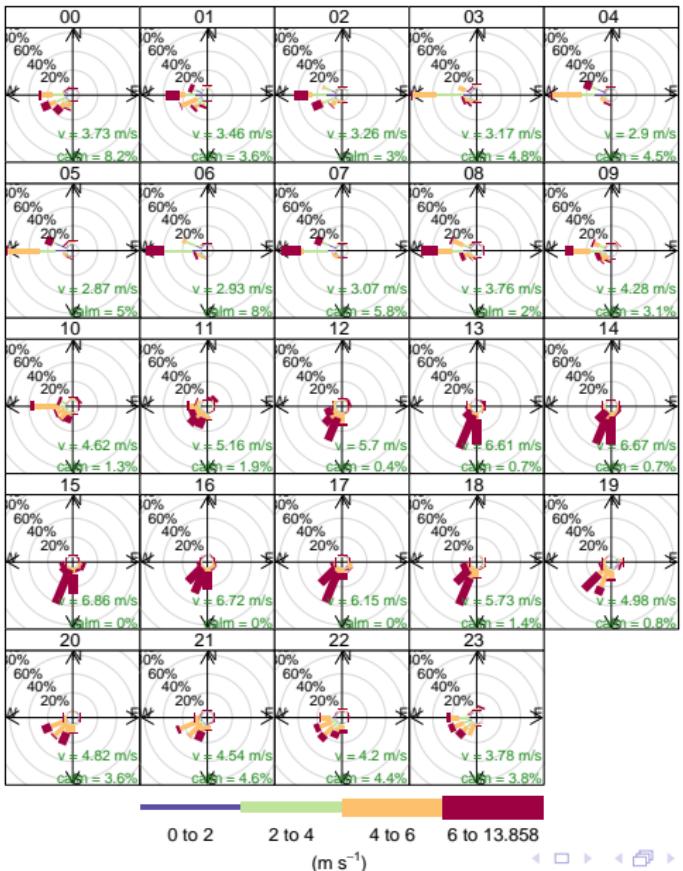


(a) Acra

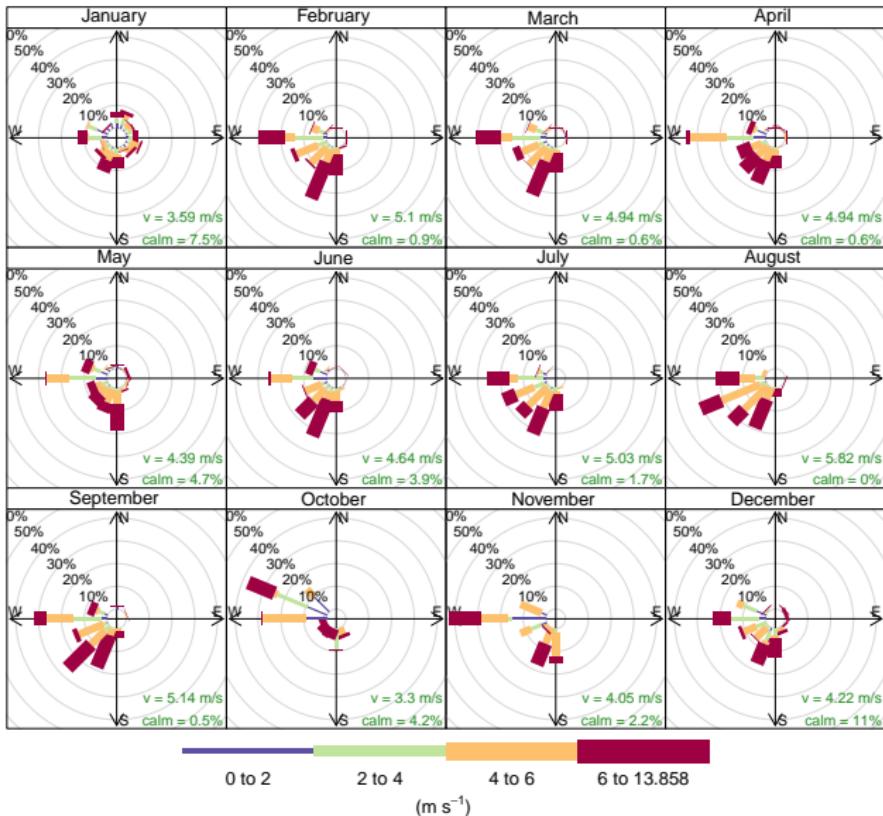


(b) Recife

Meteorologia

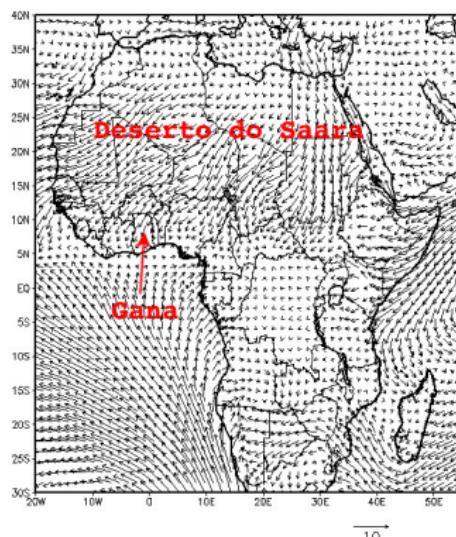


Meteorologia

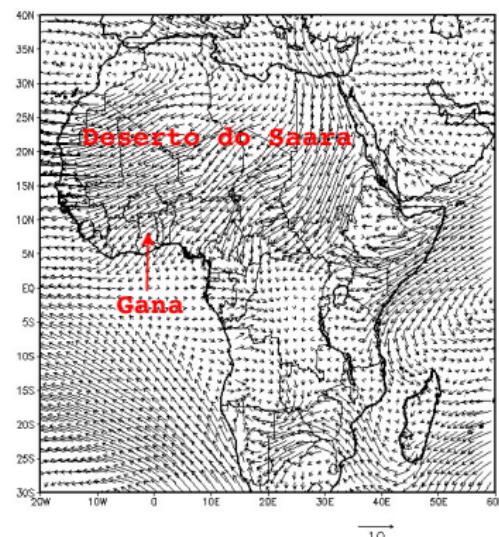


Meteorologia

Intensidade e direção do vento médio na altitude de 10 e 1000 metros sobre o continente africano em Janeiro de 2007.



(a) 10 metros



(b) 1000 metros

Concentrações Ambientais

Concentrações Ambientais

No Brasil, o padrão anual de MP_{10} é $50 \mu g/m^3$ e na OMS 20 $\mu g/m^3$. Em Gana, segue legislação vigente:

Tipo da média	regiões sensíveis ¹	zonas residenciais e rurais	zonas industriais e comerciais
	$\mu g/m^3$	$\mu g/m^3$	$\mu g/m^3$
diária	110	150	260
anual geométrica	70	100	200
mensal (durante Harmatão)	100	200	500

¹ Região sensível determinada pela EPA de Gana (ex: bairros com hospitais).

Médias de MP_{10} para o ano de 2007:

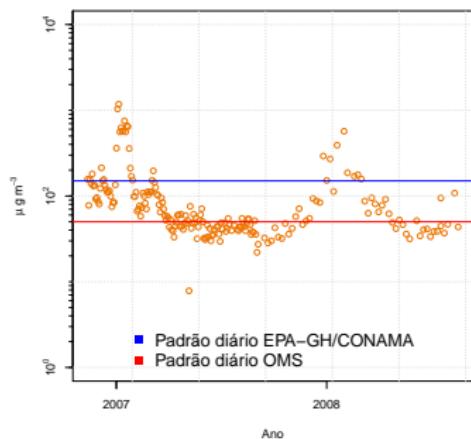
	n	sem Harmatão				n	com Harmatão			
		\bar{x}	\bar{x}_g	σ	$\bar{\sigma}$		\bar{x}	\bar{x}_g	σ	$\bar{\sigma}$
$\mu g \cdot m^{-3}$										
residencial	87	44,91	43,14	11,87	1,12	136	115,12	67,72	186,39	13,28
avenida	89	61,57	60,55	11,52	1,08	138	131,65	88,99	183,62	13,02
ambas	176	53,33	51,21	14,34	0,95	274	123,45	77,70	184,85	9,29

\bar{x} Média aritmética; \bar{x}_g Média geométrica; σ Desvio padrão; $\bar{\sigma}$ Desvio padrão da média

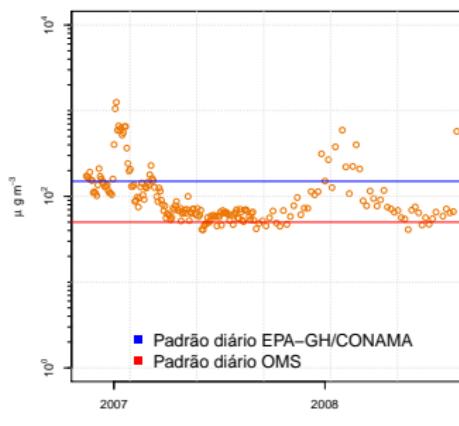
Concentrações Ambientais

Padrão Diário

No Brasil, o padrão diário é $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e na OMS $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



(a) Área residencial (Sam Road)



(b) Avenida (Nima Road)

Identificaçao das fontes

Identificaçao das fontes

Harmatão

Critério para identificação dos dias de ocorrência do Harmatão: concentrações de silício no MP_{10} maiores que $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nos meses de novembro à março.

Identificação das fontes

Análise de Fatores - Residencial $MP_{2,5}$

Espécie	Fator1	Fator2	Fator3	Fator4	Fator5	Comunalidade
$MP_{2,5}$	0,59	0,20	0,58	0,11	-0,21	0,78
BC	0,02	-0,00	0,81	-0,17	0,13	0,71
Na	-0,33	0,31	-0,12	0,69	0,35	0,82
Mg	0,91	0,12	0,01	0,14	0,12	0,87
Al	0,98	0,07	0,08	-0,05	-0,06	0,99
Si	0,98	0,09	0,07	-0,04	-0,09	0,98
P	0,39	0,82	-0,12	-0,06	0,10	0,85
S	-0,15	0,90	0,06	0,29	0,14	0,94
Cl	0,14	0,07	0,15	0,92	0,03	0,9
K	0,38	0,68	0,50	0,11	0,00	0,88
Ca	0,94	0,09	0,16	0,04	-0,03	0,93
Ti	0,98	0,07	0,10	-0,04	-0,07	0,98
V	0,74	-0,05	-0,03	-0,02	0,41	0,72
Mn	0,97	0,06	0,16	-0,04	-0,06	0,98
Fe	0,98	0,05	0,13	-0,05	-0,06	0,99
Zn	0,10	0,04	0,60	0,24	0,12	0,44
Br	-0,09	0,28	0,09	0,17	0,68	0,59
Pb	0,08	-0,08	0,52	0,06	0,65	0,71
Variância Explicada (%)	43,78	12,36	11,24	8,81	7,40	total = 83,58 %

Identificação das fontes

Análise de Fatores - Avenida *MP_{2,5}*

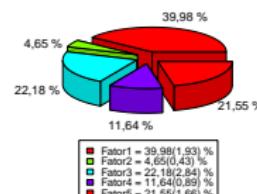
Espécie	Fator1	Fator2	Fator3	Fator4	Fator5	Comunalidade
<i>MP_{2,5}</i>	0,84	0,30	0,01	0,12	0,30	0,91
BC	0,08	0,07	-0,07	0,07	0,94	0,9
Na	-0,33	0,31	0,83	-0,09	0,04	0,9
Mg	0,93	0,13	0,12	-0,02	-0,03	0,89
Al	0,99	0,03	-0,09	0,01	-0,03	0,99
Si	0,99	0,05	-0,07	0,01	-0,04	0,98
P	0,30	0,87	-0,11	0,01	-0,09	0,86
S	-0,16	0,89	0,26	0,18	0,10	0,93
Cl	0,16	-0,03	0,87	0,16	-0,10	0,83
K	0,39	0,68	0,12	0,34	0,33	0,85
Ca	0,95	0,09	0,00	0,03	-0,05	0,91
Ti	0,99	0,02	-0,10	0,02	-0,04	0,99
V	0,69	-0,06	0,15	-0,04	0,27	0,57
Mn	0,96	-0,00	-0,08	-0,02	0,17	0,95
Fe	0,98	0,02	-0,12	-0,03	0,02	0,98
Zn	-0,06	0,18	-0,20	0,60	0,17	0,47
Br	-0,14	0,40	0,25	0,54	-0,23	0,59
Pb	0,11	-0,00	0,17	0,84	0,01	0,74
Variância Explicada (%)	45,49	13,44	9,76	8,73	7,19	total = 84,61 %

Identificação das fontes

PMF - Residencial $MP_{2,5}$

Perfil dos fatores em % e contribuição na massa:

	Fator1	Fator2	Fator3	Fator4	Fator5
$MP_{2,5}$	40	4,6	22,2	11,6	21,6
Na	0	6,5	0	53,1	40,4
Mg	0	0	73,7	16,3	10
Al	19	1,8	79,2	0	0
Si	18,9	0,1	79,7	0,8	0,4
P	4,6	0	33,7	0	61,6
S	14,1	3,2	12,7	16,7	53,3
Cl	6,2	0	14,3	79,5	0
K	37,6	5	14	10,7	32,7
Ca	21,1	0,2	60,5	10,8	7,4
Ti	19,9	0,5	77	2,1	0,4
V	31	5,4	34,4	11,7	17,6
Mn	34,7	3,1	51,8	4,2	6,3
Fe	24,6	0,2	70,2	2,4	2,7
Zn	48,1	15,1	4,7	12,6	19,5
Br	9,9	73	8	8,8	0,3
Pb	52,2	15,1	2,5	16,5	13,8
BC	62,4	9,8	0	11	16,9

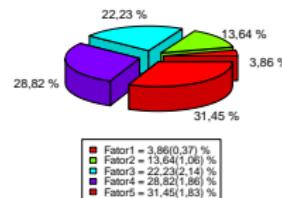


Identificação das fontes

PMF - Avenida $MP_{2,5}$

Perfil dos fatores em % e contribuição na massa:

	Fator1	Fator2	Fator3	Fator4	Fator5
$MP_{2,5}$	3,9	13,6	22,2	28,8	31,5
Na	13	45,8	0	38	3,2
Mg	3,8	9,8	86,4	0	0
Al	1,3	0	79,4	0	19,3
Si	0	0,9	78,4	0,8	19,9
P	8,2	0	36,2	55,6	0
S	10	13,4	16,3	56,9	3,4
Cl	0	72,2	16,6	10,1	1,1
K	7,8	13,2	15,1	37,9	26
Ca	4	7,7	63,7	9,1	15,4
Ti	1,1	1,8	77,1	0,4	19,6
V	1,2	14	29,7	23,4	31,8
Mn	0,3	6,9	40,6	14,3	37,9
Fe	0	2,3	69,6	4,9	23,2
Zn	12,6	15,8	5,1	30,1	36,4
Br	68,4	7,5	0	1,6	22,5
Pb	14,2	18,8	1,3	24	41,7
BC	4,9	15,1	0	31,6	48,4



Identificação das fontes

Síntese dos fatores extraídos para $MP_{2,5}$

Residencial (massa média $27,52 \mu\text{g}/\text{m}^3$)						
AF			PMF			
Fonte associada	Elementos majoritários	NF ¹	VE ² (%)	contribuição na massa		
Solo	Mg,Al,Si,Ca,Ti,V,Mn,Fe	1	43,78	3	22,2	6,11
Queima biomassa	P,S,K,BC	2	12,36	5	21,6	5,94
Veículos	BC,Zn,K,Pb	3	11,24	1	40,0	11,01
Mar	Na,Cl	4	8,81	4	11,6	3,19
Queima lixo	Br,Pb	5	7,40	2	4,65	1,28

¹ NF: Número do Fator
² VE: Variância Explicada

Avenida (massa média $31,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$)						
AF			PMF			
Fonte associada	Elementos majoritários	NF ¹	VE ² (%)	contribuição na massa		
Solo	Mg,Al,Si,Ca,Ti,V,Mn,Fe	1	45,49	3	22,2	7,08
Queima biomassa	P,S,K,BC	2	13,44	4	28,8	9,19
Veículos	BC,Zn,K,Pb	5	7,19	5	31,5	10,05
Mar	Na,Cl	3	9,76	2	13,6	4,34
Queima lixo	Br,Pb	4	8,73	1	3,86	1,23

¹ NF: Número do Fator
² VE: Variância Explicada

Identificação das fontes

Análise de Fatores - Residencial $MP_{2,5-10}$

Espécie	Fator1	Fator2	Fator3	Fator4	Comunalidade
$MP_{2,5-10}$	0,88	0,36	0,14	0,17	0,96
Na	-0,21	0,41	0,87	-0,11	0,97
Mg	0,77	0,28	0,40	-0,20	0,87
Al	0,96	0,08	-0,08	0,21	0,98
Si	0,98	0,07	-0,09	0,13	0,99
P	0,51	-0,06	-0,20	0,73	0,83
S	0,16	0,89	0,38	0,04	0,97
Cl	0,07	0,42	0,89	0,04	0,97
K	0,60	0,74	0,13	0,11	0,93
Ca	0,92	0,17	0,05	0,29	0,96
Ti	0,94	0,11	-0,04	0,29	0,98
V	0,81	0,36	0,04	0,04	0,79
Mn	0,96	0,16	-0,06	0,11	0,97
Fe	0,94	0,12	-0,11	0,24	0,97
Zn	0,37	0,54	0,20	0,62	0,84
Br	0,09	0,92	0,29	0,01	0,95
Pb	0,22	0,93	0,18	0,04	0,94
Variância Explicada (%)	49,07	24,25	12,34	7,69	total = 93,36 %

Identificação das fontes

Análise de Fatores - Avenida *MP_{2,5-10}*

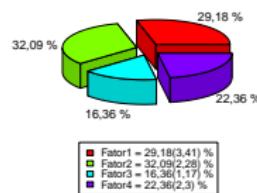
Espécie	Fator1	Fator2	Fator3	Fator4	Comunalidade
<i>MP_{2,5-10}</i>	0,92	0,21	0,05	0,25	0,95
Na	-0,22	0,24	0,88	-0,15	0,91
Mg	0,82	0,23	0,21	-0,18	0,81
Al	0,93	0,18	-0,19	0,22	0,98
Si	0,95	0,16	-0,12	0,20	0,98
P	0,59	0,31	-0,52	0,26	0,78
S	0,25	0,84	0,32	0,02	0,88
Cl	0,07	0,25	0,94	0,10	0,97
K	0,74	0,58	-0,06	0,14	0,9
Ca	0,85	0,22	0,06	0,39	0,93
Ti	0,92	0,16	-0,15	0,28	0,98
V	0,80	0,16	-0,16	-0,19	0,73
Mn	0,95	0,17	-0,10	0,16	0,96
Fe	0,92	0,13	-0,12	0,23	0,93
Zn	0,50	0,36	-0,12	0,69	0,87
Br	0,06	0,83	0,26	0,12	0,77
Pb	0,51	0,66	-0,07	0,20	0,74
Variância Explicada (%)	51,46	16,57	13,55	6,96	total = 88,55 %

Identificação das fontes

PMF - Residencial $MP_{2,5-10}$

Perfil dos fatores em % e contribuição na massa:

	Fator1	Fator2	Fator3	Fator4
$MP_{2,5-10}$	29,2	32,1	16,4	22,3
Na	0,7	0	78,9	20,5
Mg	47,3	5,8	34,4	12,5
Al	48,1	37,6	4,6	9,7
Si	45,3	38	5,8	10,9
P	9,1	78,3	0	12,6
S	6,7	0	15	78,3
Cl	8,1	15,8	56,3	19,8
K	26,2	12,5	0	61,3
Ca	25,9	46,4	14,2	13,5
Ti	40,3	41,9	6,5	11,2
V	44,4	39,9	10	5,7
Mn	41,9	34,3	5,8	18
Fe	37,6	42,6	7,5	12,3
Zn	0,2	53,3	5,9	40,6
Br	0	2,7	12,2	85,1
Pb	11,1	34,5	1,4	53,1

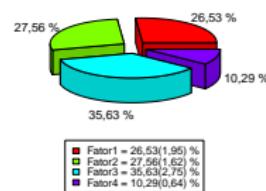


Identificação das fontes

PMF - Avenida *MP_{2,5–10}*

Perfil dos fatores em % e contribuição na massa:

	Fator1	Fator2	Fator3	Fator4
<i>MP_{2,5–10}</i>	26,6	27,6	35,6	10,3
Na	72,4	10,6	0	17
Mg	33,2	4,4	52,6	9,8
Al	15,1	25,4	52,2	7,3
Si	18,4	24,7	49,1	7,9
P	0	47,4	25	27,6
S	26,3	7,8	16,1	49,8
Cl	57,4	20,6	10,2	11,9
K	12,2	11,7	36,9	39,1
Ca	21,2	43,8	22,4	12,7
Ti	16	31,8	43,9	8,3
V	22,7	13,1	60,9	3,2
Mn	17,8	25,5	47	9,7
Fe	21	24,4	48,8	5,8
Zn	8,3	56,3	3,9	31,5
Br	26,8	0	8	65,3
Pb	7,4	36,4	14,1	42,1



Identificação das fontes

Síntese dos fatores extraídos para $MP_{2,5-10}$

Fonte associada	Elementos majoritários	NF ¹	VE ² (%)	Residencial (massa média 25,26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
				AF	PMF	contribuição na massa
				NF ¹	(%)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Solo Envelhecido	Mg, Al, Si, Ca, Ti, V, Mn, Fe S, K, Zn, Br, Pb	1 2	49,07 24,25	1 4	29,18 22,36	7,37 5,65
Mar	Na, Cl	3	12,34	3	16,36	4,13
Poeira de estrada	solo + Zn	4	7,69	2	32,09	8,11

¹ NF: Número do Fator
² VE: Variância Explicada

Fonte associada	Elementos majoritários	NF ¹	VE ² (%)	Avenida (massa média 33,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
				AF	PMF	contribuição na massa
				NF ¹	(%)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Solo Envelhecido	Mg, Al, Si, Ca, Ti, V, Mn, Fe S, K, Zn, Br, Pb	1 2	51,46 16,57	3 4	35,63 10,29	11,84 3,42
Mar	Na, Cl	3	13,55	1	26,53	8,82
Poeira de estrada	solo + Zn	4	6,96	2	27,56	9,16

¹ NF: Número do Fator
² VE: Variância Explicada

Conclusão

- Avanços em relação aos métodos analíticos empregados, especialmente quanto às metodologias para calibrá-los e definição das incertezas;
- As comparações dos nossos resultados de XRF versus os da US-EPA tiveram ótima concordância;
- O uso combinado de AF e PMF permitiu identificar e estimar os perfis de fontes;
- Observação no decréscimo na eficiência de 7% a 9 % na XRF;
- No período do Harmatão as concentrações de $MP_{2,5}$ e MP_{10} elevam-se a um fator 10.

Conclusão

- O padrão anual do país não foi ultrapassado em 2007;
- A média total foi 5 vezes maior que o padrão anual da OMS;
- O padrão diário foi ultrapassado em 16 % dos dias na área residencial e 19 % na avenida. Na OMS, 59 % e 90 %, respectivamente;
- Mar (Na, Cl), solo (Mg, Al, Si, Ca, Ti, V, Mn, Fe), emissões veiculares (BC, Zn, K, Pb), queima de biomassa (P,S,K, BC) e queima de lixo sólido e outros materiais a céu aberto (Br,Pb) foram as principais fontes encontradas para $MP_{2,5}$;
- Mar (Na,Cl), solo (Mg,Al,Si,Ca,Ti,V,Mn,Fe), partículas envelhecidas de emissões veiculares, queima de biomassa e solo (S, K, Zn, Br, Pb + solo) e poeira de estrada (Zn + solo) foram as principais fontes encontradas para $MP_{2,5-10}$;
- Fonte mar muito bem caracterizada nas análises de AF e PMF;

Conclusão

A redução e controle da poluição do ar em cidades da África Subsariana requerem políticas públicas de planejamento urbano. Entretanto, medidas de fácil implementação como as listadas abaixo ajudariam na redução dos níveis de poluição do ar:

- Estratégia de popularização do uso de gás de cozinha;
- Cobertura do solo com vegetação;
- Pavimentação das vias (em curto prazo, umedecimento diário);
- Melhora no transporte público coletivo;

Conclusão

Muito Obrigado!