

Informe de **Intercomparación** dos equipos
automáticos microbalanza de PM₁₀ co método
gravimétrico nas estacións de calidade do aire de
Galicia (2010 – 2015)

LMAG



XUNTA DE GALICIA

Este informe foi realizado polo equipo de Calidade do Aire do Laboratorio de Medio Ambiente de Galicia, dependente da Subdirección Xeral de Meteoroloxía e Investigación e pertencente á Secretaría Xeral de Calidade e Avaliación Ambiental da Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestruturas (Xunta de Galicia).

O obxectivo do presente informe é facer públicos os datos resultantes da intercomparación dos equipos automáticos microbalanza de PM_{10} co método gravimétrico nas estacións de Calidade do Aire de Galicia ó longo dos anos 2010-2015.

Equipo de traballo:

M^a Luz Macho Eiras

*Directora do Laboratorio de Medio Ambiente de Galicia e
Subdirectora Xeral de Meteoroloxía e Investigación*

Nuria Gallego Fernández

Xefa de Sección de Calidade do Aire de Galicia

Anthony David Saunders Estévez

Rede de Calidade do Aire de Galicia

Catalina Rodríguez Villazón

Rede de Calidade do Aire de Galicia

Ignacio Iván Fraga Moure

Rede de Calidade do Aire de Galicia

M^a Asunción Marchante Hernández

Laboratorio de Medio Ambiente de Galicia

Asunción Raña Cardesín

Laboratorio de Medio Ambiente de Galicia

Daniel Iglesias Casas

Laboratorio de Medio Ambiente de Galicia

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN E OBXECTIVO	PÁXINA 5
2. METODOLOXÍA	PÁXINA 6
3. RESULTADOS	PÁXINA 8
3.1. Estación de A Grela (SGL Carbon)	PÁXINA 8
3.2. Estación de Xove (Alcoa San Ciprián)	PÁXINA 11
3.3. Estación de Pastoriza (Repsol)	PÁXINA 14
3.4. Estacións de As Pontes (Magdalena, Louseiras e Fraga Redonda)	PÁXINA 18
3.5. Intercomparación conxunta	PÁXINA 24

1. INTRODUCCIÓN E OBXECTIVO

O novo Real Decreto 102/2011 do 28 de xaneiro relativo á mellora da calidade do aire (derroga o Real Decreto 1073/2002, do 18 de outubro, sobre avaliación e xestión da calidade do aire ambiente en relación co dióxido de xofre, dióxido de nitróxeno, óxidos de nitróxeno, partículas, chumbo, benceno e monóxido de carbono) establece como método de referencia para a determinación de PM₁₀ o descrito na norma UNE-EN 12341 "*Calidad del aire. Determinación de la fracción PM₁₀ de la materia particulada en suspensión. Método de referencia y procedimiento de ensayo de campo para demostrar la equivalencia de los métodos de medida al de referencia*". Na dita norma establécese o método gravimétrico aplicado a filtros recollidos en determinados captadores con períodos de funcionamento diarios. Polo tanto, os métodos de medida en continuo non son métodos de referencia. Porén, achegan unha vantaxe adicional que posibilita a realización dun seguimento en base horaria dos niveis rexistrados e con iso, posibilita establecer relacións dos niveis de inmisión coas emisións no contorno e os escenarios meteorolóxicos. Si se utiliza o método de referencia, os métodos gravimétricos manuais proporcionan información sobre os niveis de partículas rexistrados con varios días de atraso respecto ao da medida en continuo, e ademais a medida ten unha resolución de 24 h. Porén, os métodos de medida en tempo real permiten obter os rexistros con carácter inmediato, o cal é de vital importancia á

hora de establecer o correcto diagnóstico e informar á poboación en caso de necesidade. Ademais, a resolución horaria da medida permite a identificación de procesos e fontes de emisión con impacto na calidade do aire. Por estes motivos a maior parte das estacións de control da calidade do aire na Unión Europea utilizan técnicas automáticas de medida de contaminantes.

Neste estudo seguíronse as recomendacións do "*Grupo de Trabajo de la Comisión Europea sobre material particulado*" expostas na "*Guía para los Estados Miembros sobre medidas de PM₁₀ e intercomparación con el método de referencia*" para calcular o factor de corrección que hai que aplicar ás medidas dos equipos automáticos baseados na atenuación da radiación beta. Esta información está dispoñible e pode descargarse da seguinte páxina web:

<http://europa.eu.int/comm/environment/air/pdf/finalwgreportes.pdf>

Segundo esta guía é necesario dispoñer como mínimo de 30 mostras diarias de PM₁₀ en cada un dos períodos cálidos e fríos (primavera/verán e outono/inverno), tendo que dispoñer como mínimo de 18 datos horarios en cada día de PM₁₀ para facer o calculo diario. Por tanto, neste estudio deseñouse unha campaña que comprende 6 estacións de Galicia na que o método automático está baseado na microbalanza. Este estudio comprende os anos 2010, 2011, 2012, 2014 e 2015.

2. METODOLOXÍA

Para realizar o estudo instalouse en seis estacións de Galicia captadores automáticos, baseados na tecnoloxía de microbalanza, e gravimétricos de referencia.

ESTACIÓN	LOCALIZACIÓN
SGL Carbon	-8,424944, 43,354169
Xove	-7.507552, 43.685750
Pastoriza	-8.469444, 43.338889
Magdalena	-7.847222, 43,450000
Louseiras	-7.740278, 43.536111
Fraga Redonda	-7.988889, 43,405556

Na estación de SGL Carbón situado na mesma estación. Carbón situada en A Grela no recinto do Laboratorio de Medio Ambiente de Galicia (LMAG) instalouse un captador de alto volume secuencial CAV-A/Msb con cabezal PM10 LVS con cabezal PM10, para realizar a intercomparación co monitor automático de PM10 (Teom 1400 baseado na técnica de microbalanza) situado na mesma estación.

Na estación de Xove situada o suroeste do complexo industrial Alcoa Inexpal en San Ciprián instalouse un captador de alto volume Digitel DHA-80 con cabezal PM10 para realizar a intercomparación co monitor automático de PM10 (TEOM baseado na técnica de microbalanza) situado na mesma estación.

Na estación de Pastoriza situada na parroquia de Santa María de Pastoriza no concello de Arteixo instalouse un captador gravimétrico LVS con cabezal PM10 para realizar a intercomparación co monitor automático de PM10 (Teom 1400AB baseado na técnica de microbalanza) situado na mesma estación.

Nas estacións de As Pontes (Magdalena, Louseiras e Fraga Redonda) situadas a distintas distancias arredor da Central Térmica de As Pontes instaláronse captadores gravimétricos de alto volume Digitel DHA-80 con cabezal PM10 para realizar a intercomparación co monitor automático de PM10 (TEOM baseado na técnica de microbalanza).

Endesa As Pontes realizou no seu laboratorio UPT As Pontes o pretratamento dos filtros, a mostraxe, o tratamento posterior dos filtros, a determinación gravimétrica así como todos os cálculos necesarios para a intercomparación e interpretación dos resultados no caso das estacións de As Pontes.

Applus realizou o pretratamento dos filtros, a mostraxe, o tratamento posterior dos filtros, a determinación gravimétrica así como todos os cálculos necesarios para a intercomparación e interpretación dos resultados no caso da estación de Pastoriza.

Os laboratorios están acreditados por ENAC para este procedemento segundo norma UNE EN 12341:1999.

O tempo de mostraxe é de 24 horas obténdose mostraxas diarias. Cada día de retirada dos filtros e posterior programación dunha nova mostra compróbase o correcto funcionamento do equipo e realízanse as tarefas de limpeza adecuadas. Unha mostra considérase válida se o tempo de mostraxe é superior a 23 horas. De xeito contrario, a mostra desbótase.

Empregáronse como elemento de retención filtros, acondicionados durante 48 horas antes da pesada na sala de balanzas, na figura 1 amosase a sala de balanzas do LMAG, a $20\pm 1^\circ\text{C}$ de temperatura e $50\pm 5\%$ humidade relativa.



Figura 1. Sala de balanzas con temperatura e humidade controlada no LMAG (exterior)

A balanza utilizada para a pesada dos filtros atópase instalada na dita sala e en cada sesión de pesada compróbanse as condicións da sala de balanzas e se documentan. Todos os rexistros cumpren as condicións descritas na "Guía para os estados membros sobre mediadas PM_{10} e intercomparación sobre o método de referencia".

Ao comezo de cada sesión de pesada verifícase o correcto funcionamento da balanza con pesas de referencia, de masas similares aos filtros, concretamente coa de 1 g. Ademais, na sala de balanzas mantéñense filtros brancos de referencia do mesmo tamaño e material que os que se usan para a mostraxe. O seu peso rexístrase en cada sesión de pesada. Se as masas dos filtros brancos de referencia

cambiaron menos de $40\ \mu\text{g}$ no caso dos captadores de baixo volume e $500\ \mu\text{g}$ no caso dos captadores de alto volume, desde a última sesión de pesada, a súa masa media rexístrase e procédese á pesada dos filtros coa mostra. No caso contrario, non se pesan filtros coas mostras, ata que a diferenza de pesada dos brancos de referencia sexa menor o indicado antes.

Os filtros brancos para a mostraxe pésanse dúas veces cun intervalo de 24 h, calcúlase a media si a diferenza entre ámbalas dúas pesadas non é superior a $40\ \mu\text{g}$ no caso dos captadores de baixo volume e $500\ \mu\text{g}$ no caso dos captadores de alto volume, e o valor obtido se toma como a masa do filtro branco o filtro é estable. Despois da mostraxe os filtros, coa materia particulada PM_{10} , mantéñense na sala de balanzas durante un mínimo de 48 h antes da primeira pesada e despois de 24 a 72 h realízase unha segunda pesada calculase a media si a diferenza entre ámbalas dúas pesadas non é superior a $60\ \mu\text{g}$ no caso dos captadores de baixo volume e a $800\ \mu\text{g}$ no caso dos captadores de alto volume, e o valor obtido será o peso do filtro mostrado. A masa de PM_{10} se calcula por diferenza entre o filtro branco e o filtro despois da mostraxe.

A continuación créase unha base de datos cos valores de PM_{10} referidos ao volume de mostraxe ($\mu\text{g}\ \text{PM}_{10}/\text{m}^3$). Seguindo as recomendacións do "Grupo de Trabajo sobre Optimización de Redes, Campañas Experimentales e Interpretación de Datos" do "V Seminario de la Calidad del Aire en España", os datos obtidos redondéanse a un número enteiro e en hora UTC

(Tempo Universal Coordinado), antes do seu almacenamento na base de datos. A hora local sería a hora UTC+1h (entre finais de outubro e finais de marzo) e UTC+2h (desde finais de marzo ata finais de outubro).

Os laboratorios están acreditados por ENAC para este procedemento segundo norma UNE EN 12341:1999. O tempo de mostraxe é de 24 horas obténdose mostraxas diarias. Cada día de retirada dos filtros e posterior programación dunha nova mostra compróbase o

correcto funcionamento do equipo e realízanse as tarefas de limpeza adecuadas. Unha mostra considérase válida se o tempo de mostraxe é superior a 23 horas. De xeito contrario, a mostra desbótase.

Empregáronse como elemento de retención filtros, acondicionados durante 48 horas antes da pesada na sala de balanzas, na figura 1 amosase a sala de balanzas do LMAG, a $20\pm 1^\circ\text{C}$ de temperatura e $50\pm 5\%$ humidade relativa.

3. RESULTADOS

Unha vez obtidas as concentracións de PM_{10} mediante os dous procedementos: gravimétrico e automático, xa que estamos medindo a mesma variable con dúas técnicas diferentes, ao representar os datos debería de haber unha alta correlación.

De acordo co informe do Grupo de Traballo da Comisión Europea sobre partículas atmosféricas en suspensión, para considerar válida a análise da regresión (é preciso lembrar que no eixo de abscisas se representan os datos obtidos co método gravimétrico xa que é o método de referencia) dun conxunto de medidas (cun mínimo de 30 medidas continuadas), o coeficiente

de determinación r^2 debe ser maior ou igual que 0.8 e o corte co eixe de abscisas menor que 5 en valor absoluto. De se cumprir isto, fórzase a recta a pasar polo 0 de abscisas e se calcula o factor de corrección. En caso de que os factores obtidos nos dous períodos estacionais (primavera/verán e outono/inverno) sexan iguais ou moi similares podería utilizarse un único factor para todo o ano. Porén, se hai moita diferenza entre ambos os factores, non se podería aplicar ningún deles nin a media entrambos para todo o período anual. A continuación expóñense os resultados obtidos segundo o procedemento anterior:

3.1 Estación de A Grela (SGL Carbon)

Na táboa I se representan os 82 pares de valores obtidos na estación de SGL Carbon (A Coruña) durante as estacións de verán, outono e inverno de 2013, destes valores se rexeitan 3 por que dada a diferenza entre ámbolos dous valores do par no son comparables:

DATA	Gravimétrico	Automático	Pares eliminados	
			Gravimétrico	Automático
20/07/2013	20	14		
21/07/2013	27	22		
22/07/2013	26	20		
23/07/2013	24	19		
24/07/2013	22	18		
25/07/2013	15	11		
26/07/2013	21	16		
28/07/2013	24	18		
29/07/2013	24	17		
30/07/2013	18	15		
31/07/2013	22	22		
01/08/2013	27	22		
02/08/2013	28	22		
08/08/2013	17	13		
09/08/2013	13	13		
10/08/2013	14	13		
11/08/2013	16	20		
12/08/2013	21	18		
13/08/2013	17	20		
14/08/2013	24	21		
15/08/2013	26	19		
16/08/2013	18	13		
20/08/2013	21	20		
21/08/2013	27	32		
24/08/2013	26	20		
25/08/2013			30	18
26/08/2013	23	26		
27/08/2013	31	24		
28/08/2013	28	24		
29/08/2013	31	26		
30/08/2013	34	27		
01/09/2013			23	12
02/09/2013	22	28		
03/09/2013	38	45		
04/09/2013			51	41
30/10/2013	38	30		
31/10/2013	23	17		
01/11/2013	12	10		
02/11/2013	29	24		
03/11/2013	34	26		
04/11/2013	28	22		
05/11/2013	27	28		
06/11/2013	24	19		
08/11/2013	29	27		
09/11/2013	28	24		
10/11/2013	29	26		

DATA	Gravimétrico	Automático	Pares eliminados	
			Gravimétrico	Automático
11/11/2013	32	30		
15/11/2013	32	26		
16/11/2013	18	18		
17/11/2013	21	18		
18/11/2013	15	13		
19/11/2013	16	18		
20/11/2013	21	20		
21/11/2013	13	13		
22/11/2013	17	16		
23/11/2013	15	14		
24/11/2013	11	10		
25/11/2013	13	13		
26/11/2013	13	12		
27/11/2013	15	14		
28/11/2013	21	20		
30/11/2013	12	11		
01/12/2013	16	16		
02/12/2013	28	24		
03/12/2013	42	38		
04/12/2013	52	46		
05/12/2013	43	37		
06/12/2013	28	25		
07/12/2013	44	33		
09/12/2013	49	56		
12/12/2013	28	37		
13/12/2013	30	31		
18/12/2013	22	16		
20/12/2013	36	23		
21/12/2013	18	13		
22/12/2013	17	13		
24/12/2013	23	20		
25/12/2013	33	30		
26/12/2013	30	27		
27/12/2013	22	16		
28/12/2013	39	37		
29/12/2013	24	18		

Táboa I. Niveis medios diarios de PM₁₀, expresados en µg/m³, na estación de SGL Carbon durante o verán, outono e o inverno do 2013

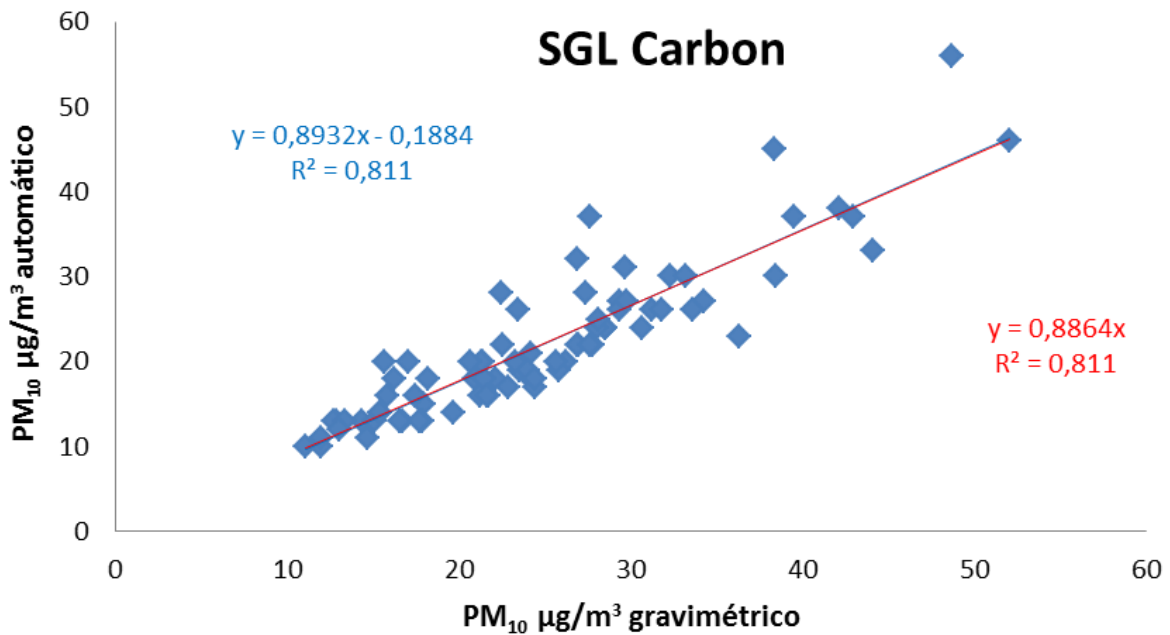


Figura 2. Correlación entre o equipo automático e o gravimétrico na estación de A Grela (SGL Carbon).

Cos 79 valores que non se rexeitan calculase o factor de corrección. Ao relacionar as dúas series de valores obtemos unha recta azul que cumpre os requisitos, xa que r2 é superior a 0.8 e o corte co eixe de abscisas menor que 5 en valor absoluto. Unha vez forzada a pasar a dita recta pola orixe de coordenadas (recta vermella), o r2 diminúe co respecto o anterior, e así obtemos a pendente da recta que é a inversa do factor de corrección que estamos buscando e que resulta:

$$PM_{10} = 1.12 * (\text{Valor Teom 1400 SGL Carbon}).$$

3.2 Estación de Xove (Alcoa San Ciprián)

Na táboa II se representan os 79 pares de valores obtidos na estación de Xove (San Cirpian, Lugo) durante o verán do 2014 e o inverno do 2015, destes valores se rexeitan 4 por que dada a diferenza entre ámbolos dous valores do par no son comparables.

DATA	Gravimétrico	Automático	Pares eliminados	
			Gravimétrico	Automático
20/06/2014	26	24		
23/06/2014	31	32		
24/06/2014	24	22		
25/06/2014	15	16		
26/06/2014	10	12		
27/06/2014	8	10		

DATA	Gravimétrico	Automático	Pares eliminados	
			Gravimétrico	Automático
30/06/2014	6	9		
01/07/2014	8	11		
02/07/2014	10	13		
03/07/2014	14	15		
04/07/2014	10	10		
07/07/2014	10	13		
08/07/2014	11	14		
09/07/2014	17	20		
10/07/2014	12	14		
15/07/2014	8	6		
17/07/2014	14	15		
18/07/2014	12	16		
21/07/2014	8	13		
22/07/2014	10	19		
23/07/2014	16	21		
24/07/2014	15	19		
28/07/2014	9	12		
29/07/2014	9	13		
30/07/2014	9	15		
31/07/2014	10	14		
01/08/2014	10	11		
04/08/2014	12	18		
05/08/2014	12	16		
06/08/2014	8	11		
07/08/2014	9	12		
28/08/2014	11	14		
29/08/2014	17	20		
01/09/2014	15	21		
02/09/2014	19	24		
03/09/2014	23	28		
04/09/2014	14	16		
05/09/2014	18	22		
08/09/2014	11	15		
09/09/2014	21	25		
10/09/2014	20	21		
11/09/2014	17	19		
12/09/2014	21	27		
22/12/2014	18	17		
23/12/2014	12	12		
26/12/2014	10	12		
30/12/2014	14	13		
02/01/2015	15	22		
05/01/2015	12	15		
07/01/2015	23	23		
08/01/2015	16	16		
09/01/2015	23	22		

DATA	Gravimétrico	Automático	Pares eliminados	
			Gravimétrico	Automático
12/01/2015	10	9		
13/01/2015	10	11		
14/01/2015	5	7		
15/01/2015	10	11		
16/01/2015	15	17		
19/01/2015	14	17		
20/01/2015	12	16		
21/01/2015	16	20		
22/01/2015	13	16		
23/01/2015	14	15		
26/01/2015	12	14		
27/01/2015	12	12		
28/01/2015	6	8		
29/01/2015	5	8		
30/01/2015	12	13		
02/02/2015	7	11		
03/02/2015	8	14		
04/02/2015	11	17		
05/02/2015	8	13		
06/02/2015			14	31
09/02/2015	21	24		
13/02/2015	9	13		
16/02/2015	13	18		
18/02/2015			38	16
20/02/2015			57	8
23/02/2015			88	18
24/02/2015	18	23		

Táboa II. Niveis medios diarios de PM_{10} , expresados en $\mu g/m^3$, na estación de Xove durante o verán do 2014 e o inverno do 2015

Cos 75 valores que non se rexeitan calculase o factor de corrección. Ao relacionar as dúas series de valores dividindo os datos en dous grupos, un correspondente o período cálido e o outro o período frío, observamos que en ambas gráficas os requisitos se cumpren, e ademais en ambos casos unha vez forzada a pasar a dita recta pola orixe de coordenadas obtense datos similares tanto de r^2 como de pendente. Polo tanto pódese considerar todo o período como un, obtendo un único factor.

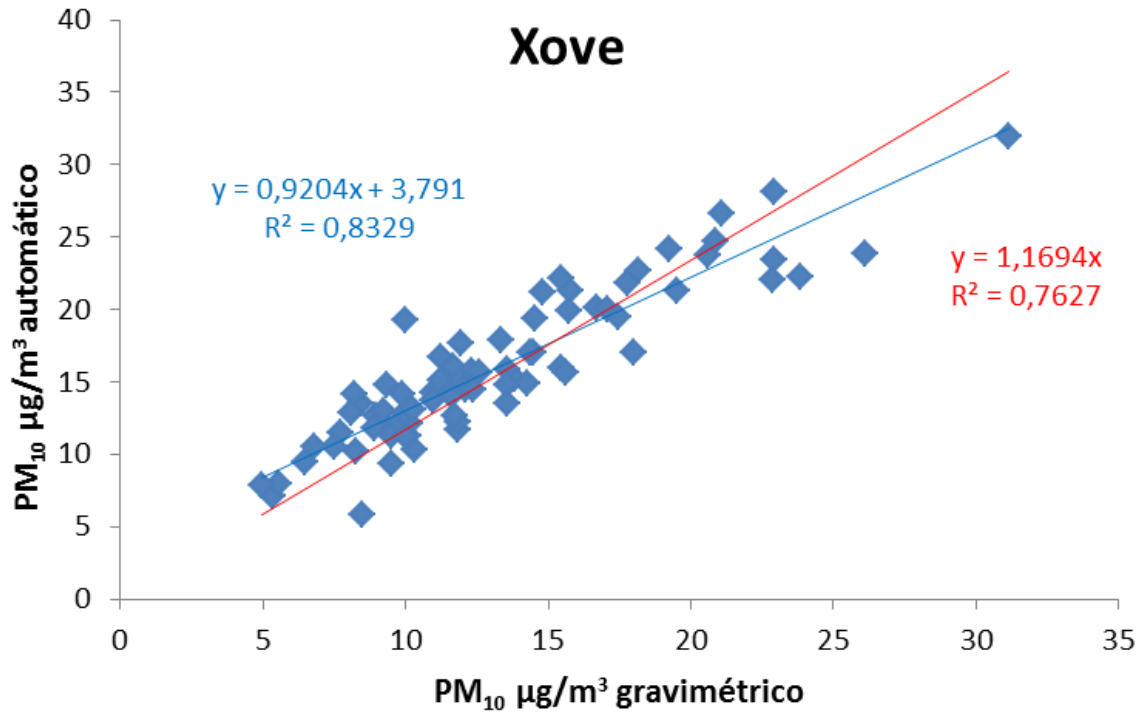


Figura 3. Correlación entre o equipo automático e o gravimétrico na estación de Xove (Alcoa San Ciprián)

Ó relacionar as dúas series de valores obtemos unha recta azul que cumpre os requisitos, xa que r^2 é superior a 0.8 e o corte co eixe de abscisas menor que 5 en valor absoluto. Unha vez forzada a pasar a dita recta pola orixe de coordenadas (recta vermella), o r^2 diminúe co respecto o anterior, e así obtemos a pendente da recta que é a inversa do factor de corrección que estamos buscando e que resulta:

$$PM_{10} = 0.86 \cdot (\text{Valor Teom Xove})$$

3.3 Estación de Pastoriza (Repsol)

Na táboa III se representan os 112 pares de valores obtidos na estación de Pastoriza (A Coruña) durante o inverno e verán do 2014, destes valores se rexeitan 30 deles por que se deben utilizar valores $> 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e 11 por problemas co equipo:

DATA	Gravimétrico	Automático	Pares eliminados	
			Gravimétrico	Automático
18.03.2014			1,57	1,72
21.03.2014	10,84	11,14		
28.03.2014	20,78	21,16		
01.04.2014			3,58	4,38
05.04.2014			3,6	4,35
06.04.2014			5,45	5,07
07.04.2014	12,29	11,03		

DATA	Gravimétrico	Automático	Pares eliminados	
			Gravimétrico	Automático
08.04.2014	27,47	25,28		
09.04.2014	40,65	41,29		
10.04.2014	31,08	30,4		
11.04.2014	29,8	30,48		
12.04.2014	28,19	27,37		
13.04.2014	25,3	27,52		
14.04.2014	37,04	36,18		
15.04.2014	33,43	34,2		
16.04.2014	37,95	35,8		
17.04.2014	16,35	17,03		
18.04.2014	43,1	44,96		
19.04.2014	10,87	11,16		
20.04.2014	11,05	12,8		
21.04.2014			9,08	8,48
22.04.2014	13,59	14,72		
23.04.2014	10,51	11,78		
29.04.2014	11,41	12,17		
30.04.2014			8,52	8,35
01.05.2014			9,78	7,45
08.05.2014	16,27	16,63		
12.05.2014			7,54	8,60
13.05.2014	21,63	22,36		
14.05.2014	26,21	27,89		
15.05.2014	29,35	30,12		
16.05.2014	26,93	27,99		
19.05.2014	18,08	19,96		
20.05.2014			5,81	6,40
22.05.2014	24,4	25,14		
23.05.2014			7,45	9,15
28.05.2014			5,24	8,56
29.05.2014			9,4	8,47
30.05.2014	13,56	13,94		
01.06.2014	15,41	15,94		
02.06.2014	13,47	14,81		
03.06.2014	39,78	40,2		
04.06.2014	16,27	16,53		
05.06.2014	10,85	10,68		
06.06.2014	13,02	13,45		
11.06.2014	32,54	33,47		
12.06.2014	37,98	39,22		
13.06.2014	34,37	36,29		
14.06.2014	28,94	29,88		
15.06.2014	25,32	26,16		
16.06.2014	25,87	26,11		
17.06.2014	25,15	25,4		
18.06.2014	34,01	34,37		

DATA	Gravimétrico	Automático	Pares eliminados	
			Gravimétrico	Automático
23.06.2014			36,16	^
24.06.2014			18,09	^
25.06.2014			7,32	9,65
26.06.2014	11,76	11,82		
27.06.2014	10,13	10,16		
28.06.2014	11,76	11,21		
29.06.2014	12,66	13,12		
30.06.2014			8,09	8,13
01.07.2014	13,03	14,63		
02.07.2014	12,66	11,96		
03.07.2014	17,18	17,51		
04.07.2014	10,85	10,99		
05.07.2014			4,99	5,35
06.07.2014	10,14	12,69		
07.07.2014			5,54	6,74
10.07.2014			0,9	^
11.07.2014			3,63	^
12.07.2014			6,87	^
13.07.2014			11,04	8,67
14.07.2014			11,9	8,38
15.07.2014	15,59	16,3		
16.07.2014	24,03	24,96		
17.07.2014	19,47	20,36		
18.07.2014			10,33	8,65
19.07.2014	15,93	15,73		
20.07.2014	14,65	14,71		
21.07.2014			2,18	3,06
22.07.2014			3,08	^
23.07.2014			3,33	^
24.07.2014			0	^
28.07.2014			8,05	9,11
29.07.2014	13,88	13,96		
30.07.2014	15,4	16,93		
31.07.2014	16,12	16,3		
01.08.2014	13,34	12,64		
02.07.2014			6,83	5,53
03.07.2014	11,37	12,62		
04.08.2014			5,31	4,43
05.08.2014			3,62	^
06.08.2014			5,61	3,80
07.08.2014			3,26	4,99
08.08.2014	10,93	12,62		
09.08.2014			6,77	8,01
10.08.2014			8,05	7,98
11.08.2014	11,96	12,5		
12.08.2014	11,75	12,11		

DATA	Gravimétrico	Automático	Pares eliminados	
			Gravimétrico	Automático
13.08.2014	13,57	14,36		
14.08.2014	14,86	15,21		
15.08.2014	10,56	11,15		
16.08.2014	16,31	16,77		
17.08.2014	14,48	16,16		
18.08.2014			8,3	^
19.08.2014			7,95	^
20.08.2014			11,75	8,50
22.08.2014			0,54	7,03
23.08.2014			7,86	8,02
25.08.2014	10,48	10,04		
26.08.2014	15,01	14,13		
28.08.2014	11,03	11,4		
29.08.2014	11,21	15,65		

Táboa III. Niveis medios diarios de PM_{10} , expresados en $\mu g/m^3$, na estación de Pastoriza durante o inverno e verán do 2014.

Cos 71 valores que non se rexeitan calculase o factor de corrección. Ao relacionar as dúas series de valores dividindo os datos en dous grupos, un correspondente o período cálido e o outro o período frío, observamos que en ambas gráficas os requisitos se cumpren, e ademais en ambos casos unha vez forzada a pasar a dita recta pola orixe de coordenadas obtense datos similares tanto de r^2 como de pendente. Polo tanto pódese considerar todo o período como un, obtendo un único factor.

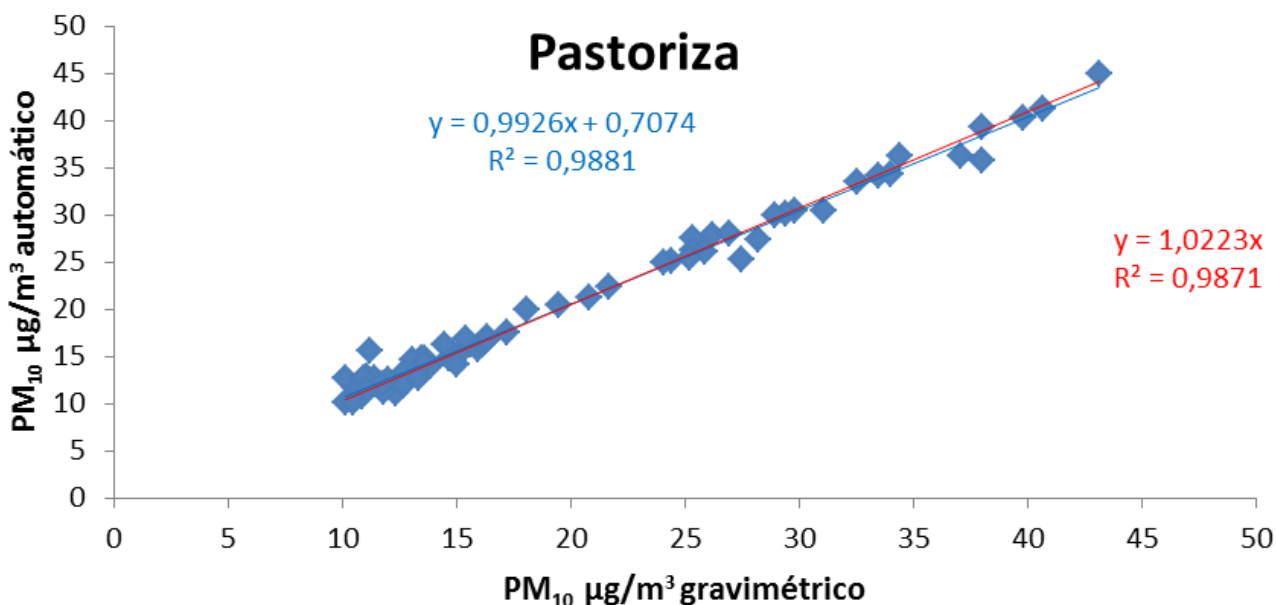


Figura 4. Correlación entre o equipo automático e o gravimétrico na estación de Pastoriza (Repsol)

Ao relacionar as dúas series de valores obtemos unha recta azul que cumpre os requisitos, xa que r^2 é superior a 0.8 e o corte co eixe de abscisas menor que 5 en valor absoluto.

Unha vez forzada a pasar a dita recta pola orixe de coordenadas (recta vermella), o r^2 diminúe co respecto o anterior, e así obtemos a pendente da recta que é a inversa do factor de corrección que estamos buscando e que resulta:

$$PM_{10} = 0.98 * (\text{Valor Teom } 1400 \text{ Pastoriza})$$

3.4 Estacións de As Pontes (Magdalena, Louseiras e Fraga Redonda)

Na táboa IV se representan os pares de valores obtidos nas estacións (127 pares na estación de Magdalena, 128 pares na estación de Louseiras e 131 pares na estación de Fraga Redonda) durante os anos 2010, 2011, 2012, 2013 e 2014. Todos eles son validos xa que a a propia empresa eliminou os datos que considerou non validos.

Data Inicio	Magdalena		Louseiras		Fraga Redonda	
	Digitel	Teom	Digitel	Teom	Digitel	Teom
27/04/2010	24,7	22,0	19,5	18,9	21	17,4
28/04/2010	27,4	23,0	15,8	13,1	15,3	17,8
29/04/2010	13,5	17,0	8,8	10,1	9,1	11,6
30/04/2010	7,3	11,0	4,8	4,8	5,6	8,4
01/05/2010	3,8	9,0	2,1	2,2	5,6	6,6
02/05/2010	8,6	9,0	6,1	8,1	6,8	8,8
03/05/2010	8,4	9,0	6,5	9,6	7,5	9,5
04/05/2010	11,9	14,0	9,7	13,6	9,9	12,7
05/05/2010	12,7	15,0	11,5	12,1	12	12,9
06/05/2010			13,3	13,7	12,1	13,4
07/05/2010	9,5	12,0	5,3	7,6	4,7	6,9
08/05/2010	7,3	10,0	6,8	8,9	7,2	8,8
09/05/2010	5,5	7,0	2,9	6,7	3,6	4,6
10/05/2010	3,4	9,0	2,3	6,5	2,6	4,9
11/05/2010	11,2	14,0	7,2	9,3	11	12,6
20/05/2010	18,5	24,1	23,2	22,6	14,0	19,4
21/05/2010	21,9	29,2	28,3	29,4	19,3	24,7
22/05/2010			23,8	24,4	20,4	24,6
23/05/2010	15,2	17,9	17,5	16,7	20,1	22,5
24/05/2010	23,6	28,4	26,6	29,9	27,0	33,2
25/05/2010			8,5	8,6	8,4	11,2
26/05/2010			7,7	9,2	7,0	10,2
27/05/2010			9,7	10,7	8,4	11,5
28/05/2010			9,8	12,4	8,9	13,1
29/05/2010			7,8	12,0	7,6	11,5
30/05/2010	4,3	11,0	3,6	6,6	4,1	7,8

Data Inicio	Magdalena		Louseiras		Fraga Redonda	
	Digitel	Teom	Digitel	Teom	Digitel	Teom
31/05/2010	4,3	9,0	3,2	6,1	3,3	5,5
01/06/2010	5,5	8,0	3,6	5,9	6,4	7,7
02/06/2010	6,2	11,0	4,4	5,8	6,1	8,4
03/06/2010	6,9	11,0	3,9	6,9	5,3	8,1
15/01/2011	8,9	11,0			6,0	9,9
16/01/2011	8,6	11,0			6,4	11,1
17/01/2011	11,8	13,0			5,0	9,6
18/01/2011	6,3	8,0			2,2	5,3
19/01/2011	5,9	7,0			2,6	7,0
20/01/2011	11,8	14,0			7,9	11,2
21/01/2011	9,8	12,0			7,9	11,6
22/01/2011	8,7	11,0			6,7	10,1
23/01/2011	4,9	7,0			4,0	7,6
24/01/2011	7,3	10,0			6,3	11,3
25/01/2011	4,2	7,0			2,4	7,0
26/01/2011	13,0	12,0			3,7	6,6
27/01/2011	7,2	8,0				
28/01/2011	6,4	9,0				
29/01/2011	7,3	10,0				
11/02/2011	13,6	17,0			10,9	15,0
12/02/2011	10,7	11,0			8,5	10,9
13/02/2011	9,5	10,0			6,6	9,5
14/02/2011	8,1	10,0			3,8	8,0
15/02/2011	9,7	11,0			7,7	9,5
16/02/2011	4,8	7,0			3,0	5,6
17/02/2011	12,4	15,0			7,1	13,4
18/02/2011	6,2	8,0			4,2	8,6
19/02/2011	11,7	13,0			9,5	13,8
20/02/2011	10,7	12,0			8,9	13,0
21/02/2011	13,1	19,0			8,6	14,1
22/02/2011	9,3	11,0			4,2	7,2
23/02/2011	10,1	11,0			6,7	8,4
24/02/2011	10,0	11,0			6,7	9,5
25/02/2011	12,8	14,0			9,3	12,8
08/04/2011	40,2	50,0	42,4	47,0	38,9	50,3
09/04/2011	8,2	11,6	5,8	8,5	6,4	9,6
10/04/2011	7,5	10,8	4,8	7,4	5,9	9,6
11/04/2011	6,6	9,6	1,3	3,8	4,6	8,2
12/04/2011	13,0	15,6	8,4	11,8	11,7	14,0
01/02/2012	7,3	8,0	3,9	7,0	5,3	6,1
02/02/2012	16,3	19,0	12,7	17,3	16,0	17,0
03/02/2012	10,7	13,0	7,7	11,9	9,1	12,1
04/02/2012	10,2	11,0	4,8	8,7	6,3	8,9
05/02/2012	5,3	6,0	1,1	6,1	2,7	8,0
06/02/2012	4,3	6,0	0,1	3,6	2,8	5,3
07/02/2012	2,8	5,0	1,2	4,2	2,8	4,7
08/02/2012	11,1	13,0	7,9	11,8	10,3	12,0
09/02/2012	19,3	21,0	16,1	20,0	19,0	20,1
10/02/2012	22,7	23,0	19,2	21,7	20,7	21,2

Data Inicio	Magdalena		Louseiras		Fraga Redonda	
	Digitel	Teom	Digitel	Teom	Digitel	Teom
12/02/2012	10,0	12,0	8,2	11,7	10,9	11,5
13/02/2012	12,3	14,0	4,4	8,1	7,5	10,3
14/02/2012	5,4	9,0	3,6	7,0	6,0	8,1
15/02/2012	12,6	15,0	11,8	16,0	14,4	16,1
23/05/2012	6,3	12,0	10,9	13,2	8,8	11,2
24/05/2012	10,3	15,0	15,2	18,2	15,1	17,6
25/05/2012	11,0	17,0	15,4	18,3	15,2	17,7
26/05/2012	3,0	8,0	5,3	7,3	4,6	8,0
27/05/2012	3,2	9,0	5,2	8,9	7,1	10,0
28/05/2012	5,4	11,0	7,8	10,1	8,6	10,5
29/05/2012	5,4	11,0	9,7	12,6	9,8	11,2
30/05/2012	8,8	16,0	10,7	13,7	12,9	15,6
31/05/2012	11,8	17,0	13,1	16,6	15,4	15,1
01/06/2012	14,5	21,0	16,9	17,8	18,1	19,6
02/06/2012	8,4	14,0	10,1	12,6	9,0	12,8
03/06/2012	5,1	12,0	8,4	10,7	8,4	10,8
04/06/2012	6,2	12,0	10,1	13,0	8,4	10,8
05/06/2012	3,4	7,0	4,3	6,5	4,8	6,7
06/06/2012	3,7	10,0	5,6	7,9	7,1	9,2
15/02/2013			0,1	4,4	5,8	6,5
16/02/2013			8,1	11,2	3,6	14,8
17/02/2013			9,5	12,0	8,0	12,0
18/02/2013			3,3	6,9	4,4	7,1
19/02/2013			3,0	7,5	4,5	9,6
20/02/2013			7,8	9,7		
21/02/2013	4,2	10,0	3,0	5,1	6,4	6,5
22/02/2013	3,3	6,0	2,5	5,5	2,7	5,5
23/02/2013	13,1	17,0			12,7	16,9
24/02/2013	6,6	8,0			5,7	9,2
25/02/2013	6,3	8,0			8,7	10,0
26/02/2013	3,8	6,0	1,3	7,8	3,1	7,8
27/02/2013	9,7	13,0	9,8	15,2	11,4	13,9
28/02/2013	13,6	14,0	13,0	15,4	16,2	14,5
01/03/2013	13,1	13,0	12,6	15,8	14,7	14,5
04/06/2013	9,4	16,0	10,0	14,3	12,3	26,9
05/06/2013	18,2	17,0	13,1	16,5	11,7	16,0
06/06/2013	12,6	19,0	13,0	16,9	13,2	18,5
07/06/2013	8,8	13,0	6,8	11,4	11,9	14,0
08/06/2013	8,3	13,0	4,5	9,5	8,2	12,2
09/06/2013	6	9,0	4,2	8,4	5,1	9,2
10/06/2013	4,8	7,0	2,7	6,9	4,2	6,8
11/06/2013	3,1	7,0	1,3	6,2	1,0	6,0
12/06/2013	6,8	10,0	5,4	9,3	5,6	10,0
13/06/2013	7,1	11,0	8,6	9,9	9,4	11,2
14/06/2013	8,3	15,0	8,6	11,0	6,4	11,0
15/06/2013	10,3	16,0	9,3	12,6	8,4	11,6
16/06/2013	5,8	9,0	4,1	8,0	7,3	10,4
17/06/2013	5,4	10,0	3,1	6,9	4,7	7,5
18/06/2013	4,6	9,0	2,8	7,5	4,8	8,4

Data Inicio	Magdalena		Louseiras		Fraga Redonda	
	Digitel	Teom	Digitel	Teom	Digitel	Teom
22/01/2014			6,0	11,0	6,3	10,4
23/01/2014			9,6	16,0	12,0	16,7
24/01/2014			2,3	6,9	3,4	8,6
25/01/2014					1,2	3,7
26/01/2014			2,3	5,5	2,6	5,4
27/01/2014			4,2	9,4	7,4	14,6
28/01/2014			7,0	9,3	9,1	13,5
29/01/2014			2,9	9,6	4,4	10,0
30/01/2014			4,0	10,2	4,4	9,9
31/01/2014			3,0	8,5	2,3	7,8
01/02/2014			4,7	9,3	6,5	10,0
02/02/2014			2,3	5,2	3,5	7,0
03/02/2014			3,6	8,9	5,4	8,7
04/02/2014			2,3	6,3	4,0	7,5
14/03/2014			25,0	25,2	28,4	25,5
15/03/2014			31,2	24,0	21,5	20,9
16/03/2014			14,4	17,0	15,9	16,1
17/03/2014			12,8	17,6	15,5	18,6
18/03/2014			3,4	7,8	6,6	10,8
19/03/2014			15,6	18,1	8,4	19,5
20/03/2014			5,7	12,9	8,8	10,9
29/05/2014	3,3	7,0			1,8	5,9
30/05/2014	2,6	7,0	1,0	6,2	2,2	6,2
31/05/2014	4,3	9,0	2,9	8,6	4,0	8,2
01/06/2014	1,2	9,0	3,7	9,0	5,2	9,1
02/06/2014	7,7	12,0	6,4	11,8	7,0	11,5
03/06/2014	1,6	8,0	3,5	7,3	3,6	7,4
04/06/2014	6,3	9,0	5,3	9,7	5,7	8,7
05/06/2014	4,9	10,0	4,2	8,8	3,9	8,9
06/06/2014	4,1	8,0	3,6	8,1	4,3	8,4
07/06/2014	5,1	10,0	4,8	10,0	5,8	11,7
08/06/2014	4,9	9,0	4,4	9,0	4,8	10,2
09/06/2014	6,0	10,0	5,0	9,1	5,1	10,5
10/06/2014	8,1	13,0	7,2	12,2	8,5	12,9
11/06/2014	10,5	18,0	10,8	16,3	11,5	17,5
12/06/2014	12,8	26,0	11,2	17,1	8,7	16,5

Táboa II. Niveis medios diarios de PM_{10} , expresados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nas estacións de As Pontes

Cos pares de datos calculase o factor de corrección. Ao relacionar as dúas series de valores dividindo os datos en dous grupos, un correspondente o período cálido e o outro o período frío, observamos que en ambas gráficas os requisitos se cumpren, e ademais en ambos casos unha vez forzada a pasar a dita recta pola orixe de coordenadas obtense datos similares tanto de r^2 como de pendente. Polo tanto pódese considerar todo o período como un, obtendo un único factor. Isto repítese nas tres estacións.

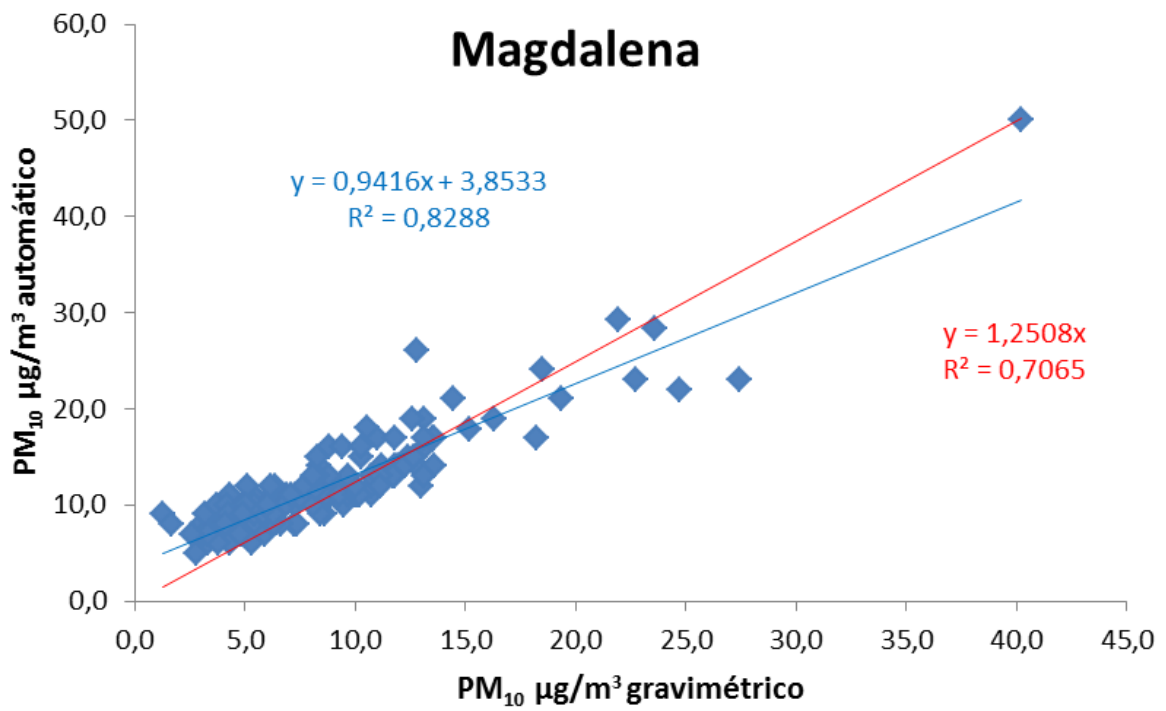


Figura 5. Correlación entre o equipo automático e o gravimétrico na estación de Magdalena

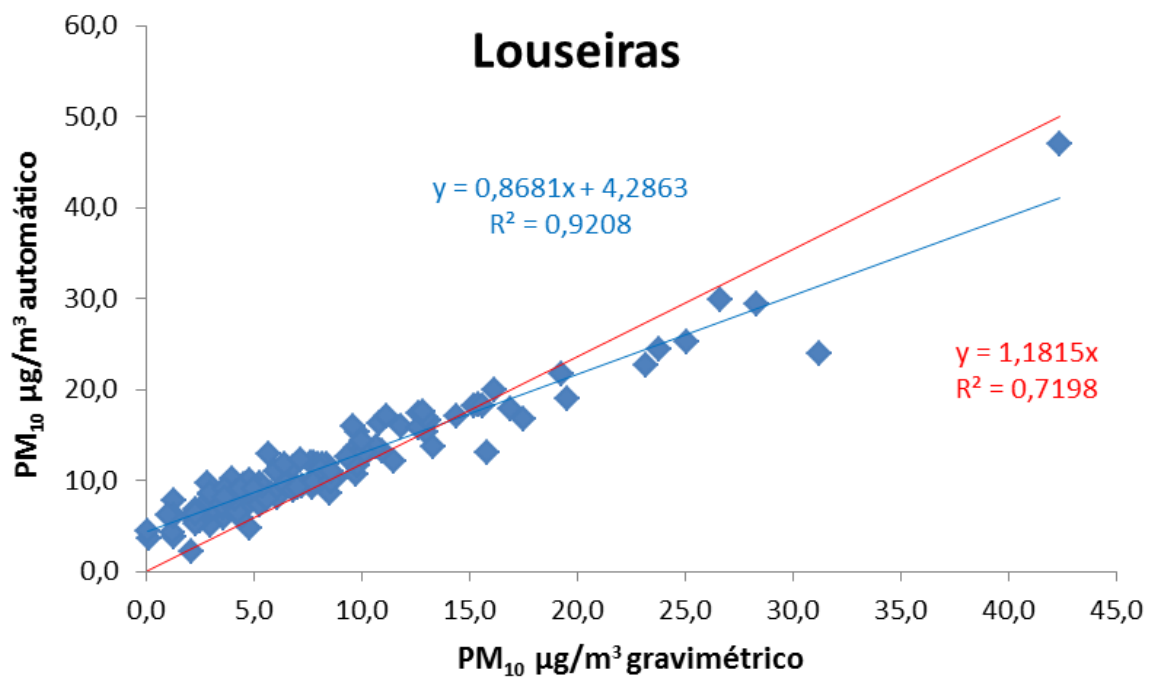


Figura 6. Correlación entre o equipo automático e o gravimétrico na estación de Louseiras

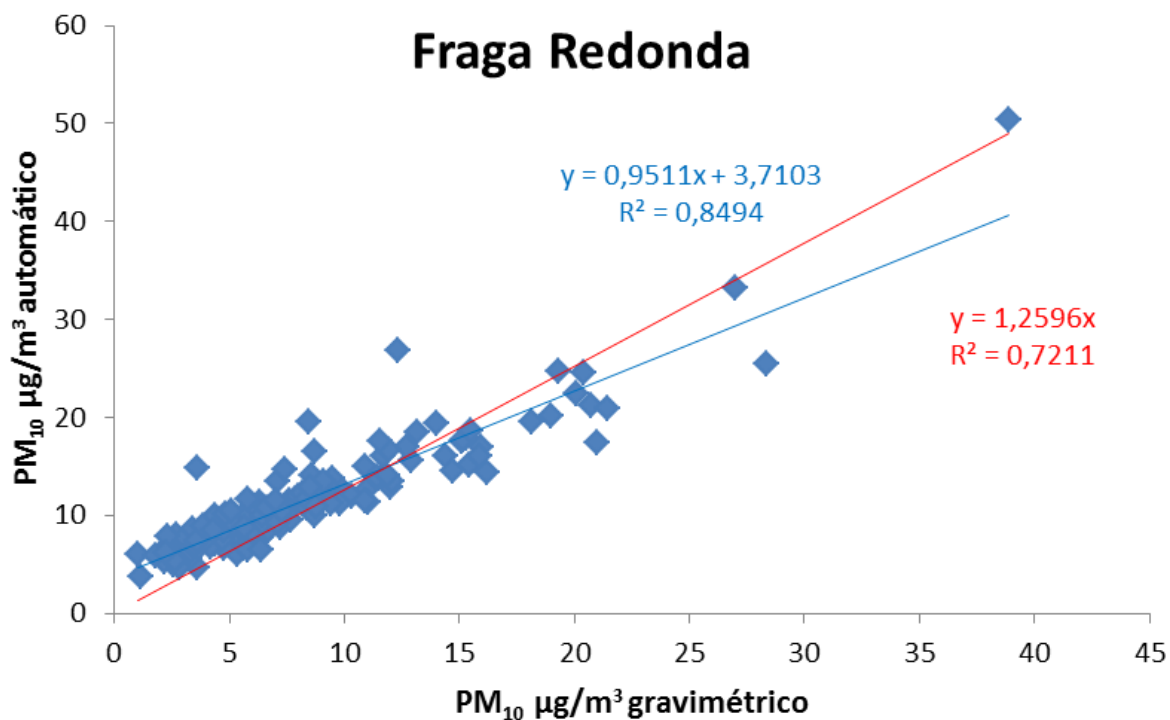


Figura 7. Correlación entre o equipo automático e o gravimétrico na estación de Fraga Redonda

Ao relacionar as dúas series de valores obtemos unha recta azul que cumpre os requisitos, xa que r^2 é superior a 0.8 e o corte co eixe de abscisas menor que 5 en valor absoluto.

Unha vez forzada a pasar a dita recta pola orixe de coordenadas (recta vermella), o r^2 diminúe co respecto o anterior, e así obtemos a pendente da recta que é a inversa do factor de corrección que estamos buscando e que resulta:

$$PM_{10} = 0.80 * (\text{Valor Teom 1400 Magdalena}).$$

$$PM_{10} = 0.85 * (\text{Valor Teom 1400 Louseiras}).$$

$$PM_{10} = 0.80 * (\text{Valor Teom 1400 Fraga Redonda}).$$

Dada a similitude dos factores obtidos nas tres estacións, pódese considerar todo o conxunto de As Pontes como unha zona, As Pontes, establecendo un único factor de corrección. Polo tanto a continuación, calcúlase cos 386 pares de datos o factor de corrección.

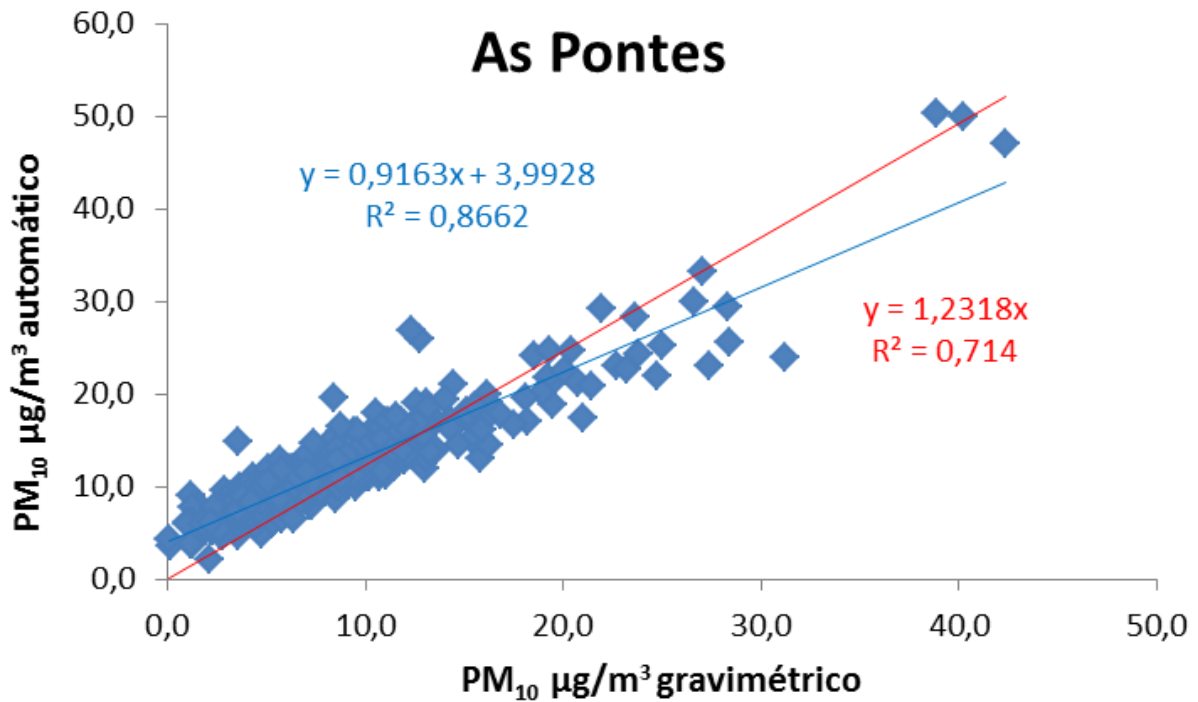


Figura 8. Correlación entre o equipo automático e o gravimétrico na zona de As Pontes

Ao relacionar as dúas series de valores obtemos unha recta azul que cumpre os requisitos, xa que r^2 é superior a 0.8 e o corte co eixe de abscisas menor que 5 en valor absoluto.

Unha vez forzada a pasar a dita recta pola orixe de coordenadas (recta vermella), o r^2 diminúe co respecto o anterior, e así obtemos a pendente da recta que é a inversa do factor de corrección que estamos buscando e que resulta:

$$PM_{10} = 0.81 * (\text{Valor Teom 1400 As Pontes}).$$

3.5 Intercomparación conxunta

Unha vez obtidos os resultados obsérvase que os factores de corrección de PM_{10} das estacións de Xove, Pastoriza e As Pontes se asemellan entre si. Polo tanto, pódese considerar o conxunto como unha unidade cun único factor de corrección común. Descártase a estación de SGL Carbon debido a que o seu factor atópase por riba de 1, indicando unha corrección positiva, fronte das demais cuxo factor é inferior a 1, sendo a corrección negativa. Esta diferenza pode deberse á localización da estación de SGL Carbon nunha zona urbana-industrial de maior tránsito e á diferente composición das partículas nesta localización.

Cos pares de valores correspondentes calcúlase o factor de corrección xeral. Ao relacionar as dúas series de valores obtemos unha recta azul que cumpre os requisitos, xa que r^2 é superior a 0.8 e o corte co eixe de abscisas menor que 5 en valor absoluto.

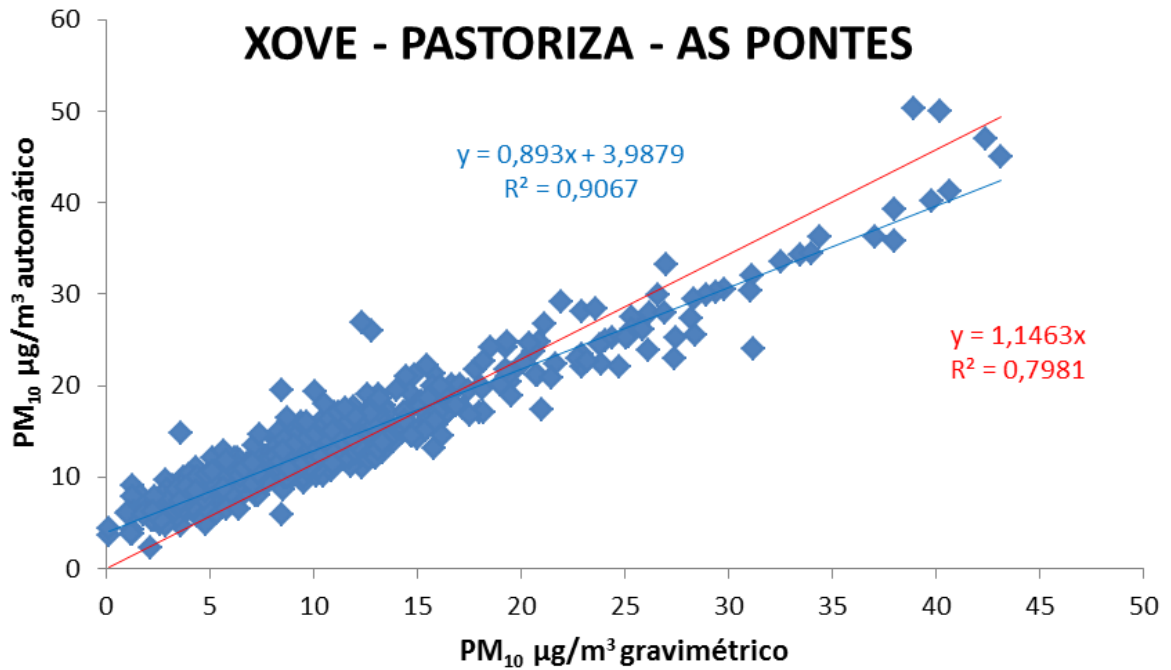


Figura 9. Correlación entre o equipo automático e o gravimétrico xeral de Xove, Pastoriza e As Pontes

Unha vez forzada a pasar a dita recta pola orixe de coordenadas (recta vermella), o r^2 diminúe co respecto o anterior, e así obtemos a pendente da recta que é a inversa do factor de corrección que estamos buscando e que resulta:

$$PM_{10} = 0.87 * (\text{Valor Teom}).$$

LMAG