

# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

## **EMISSÕES DE MATERIAL PARTICULADO DE UMA EMPRESA CIMENTEIRA – ESTUDO DE CASO**

**Stênio Rodrigues Santos<sup>(1)</sup>; Kátia Daniela Ribeiro<sup>(2)</sup>; Felipe Paim Coutinho<sup>(3)</sup>**

<sup>(1)</sup> Engenheiro Ambiental e Sanitarista. Formiga-MG. e-mail: steniorsantos@hotmail.com; <sup>(2)</sup> Professora Titular I. Centro Universitário de Formiga – UNIFOR-MG. Formiga-MG. e-mail: katiadr@bol.com.br; <sup>(3)</sup> Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária. UNIFOR-MG. Formiga-MG. e-mail: felipe.pcoutinho@outlook.com

**Eixo temático: Saúde, Segurança e Meio Ambiente.**

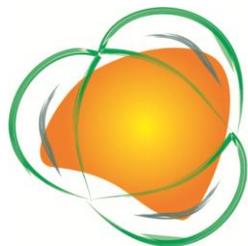
**RESUMO** – O presente trabalho teve por finalidade analisar os níveis de emissão de material particulado (MP) de uma empresa cimenteira do centro-oeste de Minas Gerais que utiliza filtro de manga como equipamento de controle. Para tanto, verificou-se se os níveis de emissão de MP estão em conformidade com a legislação, bem como se identificaram os fatores de operação do equipamento que interferem nos níveis de material particulado emitidos. Os dados analisados foram fornecidos pela empresa e as emissões foram avaliadas de acordo com a legislação atual (DN 01) e com a que entrará em vigor (DN 187). Nos três anos, as emissões atenderam à legislação atual, sendo a emissão maior de 0,081 kg de MP/t de farinha crua, no ano de 2013; quanto à legislação que entrará em vigor, a maior emissão foi de 277,9 mg/Nm<sup>3</sup> de MP, no ano de 2013, valor muito acima do limite máximo permitido que é de 50 mg/Nm<sup>3</sup>.

A partir do estudo, pode-se observar que a nova lei é bem mais restritiva, contribuindo para uma melhor qualidade do ar.

**Palavras-chave:** Material particulado. Legislação. Qualidade do ar.

**ABSTRACT** – This study aims to analyze the particulate matter emission levels of a cement company in the Midwest of Minas Gerais using bag filter as control equipment, making sure that they are in accordance with the law, and identify operating factors of equipment that interfere with levels of particulate matter emitted. Data were provided by the company and the emissions were evaluated according to the current legislation (DN 01) and with that will come into force (DN 187). In the three years the emissions met the current legislation, the largest emission of 0.081 kg of MP/t of raw meal, in 2013; as to the law which will come into force, the biggest issue was 277.9 mg/Nm<sup>3</sup> MP, in 2013, far above the maximum allowed limit is 50 mg/Nm<sup>3</sup>. From the study, it can be observed that the new law is more restrictive, contributing to better air quality.

**Key words:** Particulate matter. Legislation. Air quality.



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

## **Introdução**

A partir da Revolução Industrial, foi promovida a demanda por fontes primárias de energia como carvão, gás natural e petróleo, o que acarretou um nível de poluição do ar capaz de comprometer os mecanismos regulatórios da atmosfera (PIRES, 2005).

Tal progresso econômico interferiu diretamente no meio ambiente, degradando a água, o ar e o solo, causando danos à saúde física e psicológica humana, à fauna e à flora. A atmosfera contém poluentes advindos das atividades industriais, dos veículos automotores e de processos naturais como emissões vulcânicas, decomposição de biomassa e poeira; sendo responsáveis, principalmente em grandes centros urbanos, pelo aparecimento de doenças respiratórias e cardiovasculares.

Apesar da contaminação do ar ocorrer a muito tempo, a preocupação com a mesma só foi generalizada no século passado, em que ocorreram acidentes, vários deles com vítimas fatais, alertando as autoridades governamentais para a necessidade da criação de normas rígidas de controle da qualidade do ar (BRANCO; MURGEL, 2004).

No Brasil, as ações de controle são estabelecidas pelas resoluções e deliberações normativas, que fixam os limites de poluentes a serem exalados para o ambiente. Diante disso, as empresas se adequaram à legislação, instalando equipamentos que minimizam o grau de contaminação, como filtros de mangas, coletores gravitacionais, pós-queimadores e precipitadores eletrostáticos.

De acordo com Braga et al (2005), equipamentos como o filtros de mangas remove até 99% das partículas, incluindo as partículas finas, representando assim uma das soluções mais segura para se garantir um excelente controle na emissão de poluentes.

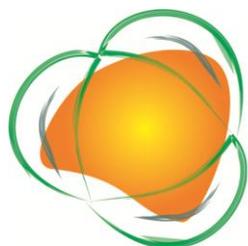
Na região centro-oeste do estado de Minas Gerais há muitas fábricas de cimento que contribuem substancialmente com a economia do estado. Todavia, as fábricas de cimento são consideradas grandes poluidoras, sendo responsáveis pela emissão de vários poluentes para a atmosfera, como material particulado, os monóxidos e dióxidos de carbono, óxidos de enxofre e de nitrogênio, entre outros.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar os níveis de emissão de poluentes atmosféricos de uma cimenteira da região centro-oeste de Minas Gerais.

## **Material e Métodos**

### **Localização e coleta de dados**

A empresa A, que produz cimento Portland está localizada na região Centro-Oeste de Minas Gerais e realiza a medição dos poluentes atmosféricos através do Coletor Isocinético de Poluentes Atmosféricos (CIPA) nas chaminés de cinco fornos de clínquer, que não realizam coprocessamento. Tais medições são realizadas seguindo a



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 12019 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 1990).

## **Emissões de material particulado**

Existem limites de emissão de poluentes estabelecidos para algumas fontes fixas de acordo com a atividade exercida por cada uma e com a unidade federativa a que pertence, devido às peculiaridades de cada região.

Em Minas Gerais, no caso de uma indústria cimenteira, estão em vigor os limites estabelecidos pela Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental COPAM nº 01/92, a qual estabelece limite apenas para material particulado (MP), sendo o mesmo de  $0,15 \text{ kg.t}^{-1}$  de farinha crua para forno de calcinação. Entretanto, esses empreendimentos terão que se adequar aos limites impostos pela Deliberação Normativa COPAM nº 187/13, que é mais restritiva, sendo o prazo para atendimento de emissão de MP até 26/12/2018 e para óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) até 26/12/2016, em que o limite máximo de MP é  $50 \text{ mg/Nm}^3$  a uma concentração de  $\text{O}_2$  corrigida de 11%.

Cabe mencionar que foram calculadas a taxa de emissão e a concentração do poluente corrigida, onde se obteve a média aritmética das mesmas para cada forno, a qual é o parâmetro de verificação de atendimento à legislação.

Baseado nos dados fornecidos pela empresa A, foi possível determinar a emissão de material particulado de acordo com cada deliberação normativa e constatar se as concentrações emitidas atendem à legislação vigente, no caso a DN 01 (COPAM, 1992) e se já se encontram em conformidade com a nova lei que entrará em vigor, a DN 187 (COPAM, 2013).

## **Resultados e Discussão**

### **Análise das emissões no ano de 2013**

A Figura 1 apresenta a emissão de MP da empresa A na amostragem realizada no ano de 2013, para os cinco fornos da empresa.

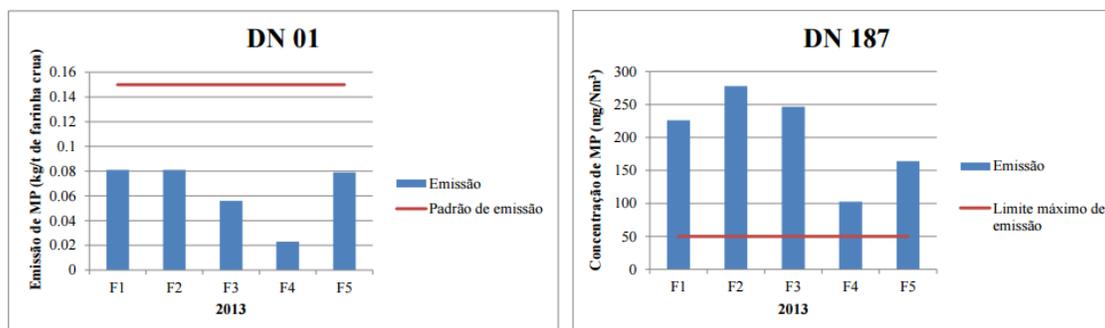
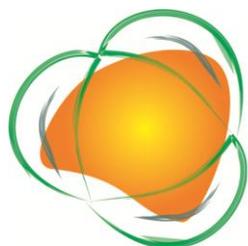


Figura 1 – Gráficos de emissão de MP no ano de 2013, de acordo com a DN 01 e DN 187.

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS  
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

As emissões de 2013 estão em conformidade com a DN 01, sendo o forno 4 o que emitiu menor quantidade de MP devido à vazão de seu filtro (Tabela 1) ser bastante inferior em relação à dos filtros dos demais fornos.

Tabela 1 – Vazões médias dos filtros nos três anos analisados.

Forno	Vazões dos gases CNTP seca (Nm <sup>3</sup> /h)		
	2013	2014	2015
F1	15243	11137	9568
F2	15749	11465	12898
F3	15923	15200	14103
F4	8857	8593	15038
F5	32024	44533	33856

Fonte: Empresa A, 2015.

No entanto, com relação à DN 187, no ano de 2013, as emissões de todos os fornos estão acima do limite máximo permitido, fato que pode estar relacionado a uma possível operação incorreta dos filtros de manga, decorrente de má vedação entre o colarinho das mangas e o espelho, ou até mesmo associado a um furo em alguma manga.

## Análise das emissões no ano de 2014

A Figura 2 apresenta a emissão de MP da empresa A na amostragem realizada no ano de 2014, para os cinco fornos da empresa.

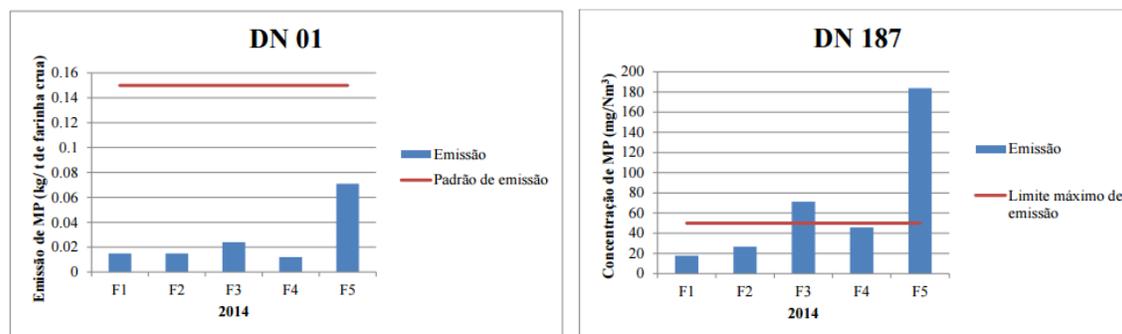
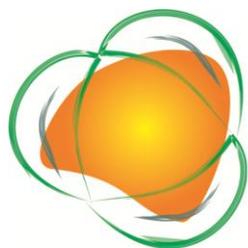


Figura 2 – Gráficos de emissão de MP no ano de 2014, de acordo com a DN 01 e DN 187.

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

As emissões de 2014 estão em conformidade com a DN 01, sendo o forno 4 o que emitiu menor quantidade de MP. Os fornos 1 e 2 apresentaram emissões bem menores do que no ano anterior devido à considerável diminuição da vazão do filtro, o



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

que evidencia uma melhor operação dos filtros. Já os fornos 3 e 4 também reduziram suas emissões em relação ao ano anterior, sendo um fator contribuinte para tal resultado a redução considerável da concentração de MP, a qual é multiplicada pela vazão para obter-se a taxa de emissão.

Quanto às emissões em 2014, as dos fornos 1, 2 e 4 estão em conformidade com a DN 187, já as dos fornos 3 e 5 estão em desacordo com a legislação, o que pode ser explicado por um melhor monitoramento dos filtros neste ano, ocorrendo manutenções com maior frequência.

## **Análise das emissões no ano de 2015**

A Figura 3 apresenta a emissão de MP da empresa A na amostragem realizada no ano de 2015, para os cinco fornos da empresa.

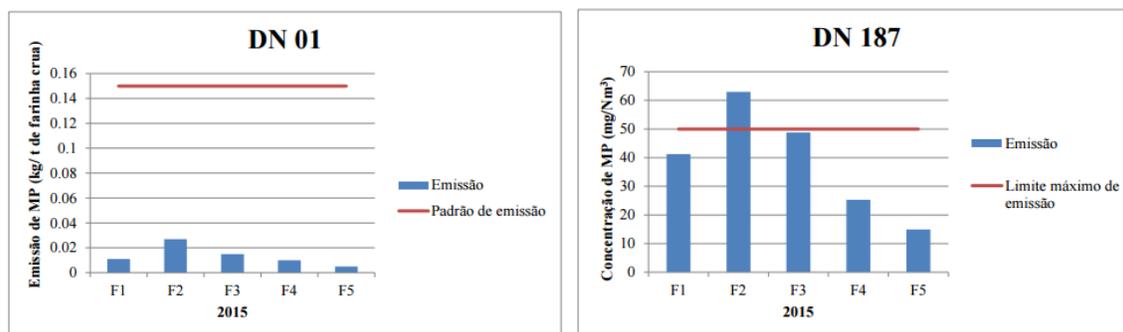


Figura 3 – Gráficos de emissão de MP no ano de 2015, de acordo com a DN 01 e DN 187.

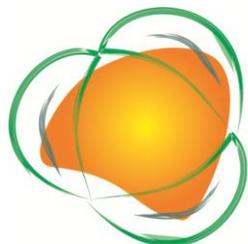
Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

As emissões de 2015 estão em conformidade com a DN 01, merecendo destaque o comportamento do forno 5, que emitiu a menor quantidade de MP, de apenas  $0,005 \text{ kg.t}^{-1}$ , quantidade essa bem menor do que a dos anos anteriores.

Essa redução de emissão de MP para o forno 5 pode estar relacionada ao ajuste da vazão do filtro, que no ano de 2015 pode ter ficado mais próxima da vazão de projeto, tendo uma operação normal. Cabe ressaltar que essa é uma suposição, pois não se teve acesso aos valores das vazões de projeto dos filtros.

Interpretação semelhante pode ser feita para os fornos 1 e 3. Os fornos 1 e 3 reduziram suas emissões em relação ao ano anterior em decorrência, provavelmente, da redução da vazão do filtro. Ao contrário, o forno 2 aumentou as emissões em relação ao ano anterior, o que é justificável pelo aumento da vazão do filtro.

As emissões de 2015 estão em conformidade com a DN 187, exceto para o forno 2, com concentração corrigida de  $63 \text{ mg/Nm}^3$ ,  $13 \text{ mg}$  acima do limite permitido.



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

## **Análise das emissões ao longo dos anos**

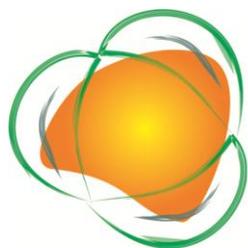
Ao longo dos anos, o forno 1 apresentou melhor resultado quanto ao controle de material particulado no ano de 2014, podendo-se inferir que a vazão deste ano está mais próxima da de projeto dos filtros de manga. Já no ano de 2013, pode-se dizer que o controle das emissões não foi eficaz e, no ano de 2015, a vazão reduziu, talvez a um valor menor que a vazão de projeto, não havendo captação de pó satisfatória.

O forno 2 também apresentou bom resultado de controle de material particulado no ano de 2014, devido à vazão ser menor que nos outros anos e, provavelmente, próxima à vazão de projeto. Como em 2013 e 2015, as vazões foram maiores, ocorreu um excesso de captação de pó, havendo maiores emissões de MP, as quais não se encontram em conformidade com a nova legislação.

O forno 3 apresentou, ao longo dos anos, uma vazão de trabalho relativamente constante, observando-se que, no ano de 2013, a emissão de material particulado foi expressivamente superior às emissões dos anos de 2014 e 2015, que ficaram relativamente próximas. Nesse caso, como não houve alteração expressiva na vazão ao longo dos anos, a maior emissão de MP no ano de 2013 reflete a falta de monitoramento e manutenção dos filtros.

Quanto ao forno 4, os menores valores de emissões de MP foram obtidos para o ano de 2015, entretanto, nesse ano, a vazão de operação foi a maior, quase o dobro da vazão dos anos anteriores. Como, anteriormente, as vazões eram próximas da metade da de 2015, observa-se que essas eram bem inferiores a vazão de projeto, provavelmente, ocorrendo um colapso do sistema, reduzindo drasticamente a eficiência do filtro.

Já o filtro do forno 5 demonstrou emissões de MP desejadas apenas no ano de 2015. No ano de 2013, como em todos os outros fornos, não ocorreu uma operação adequada, embora a vazão neste ano estivesse próxima à vazão de 2015, o que pode ser explicado pela passagem de pó através do elemento filtrante, furos nas mangas ou má vedação entre o espelho e colarinho das mangas. Em 2014, os valores foram acima do estabelecido pela nova lei, possivelmente, devido à vazão ser superior a vazão de projeto, ocorrendo um excesso de captação de pó e talvez por uma falha como furo na manga e isolamento entre as câmaras sujas e limpas. A Figura 4 apresenta todas as emissões dos fornos ao longo dos anos.



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS  
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

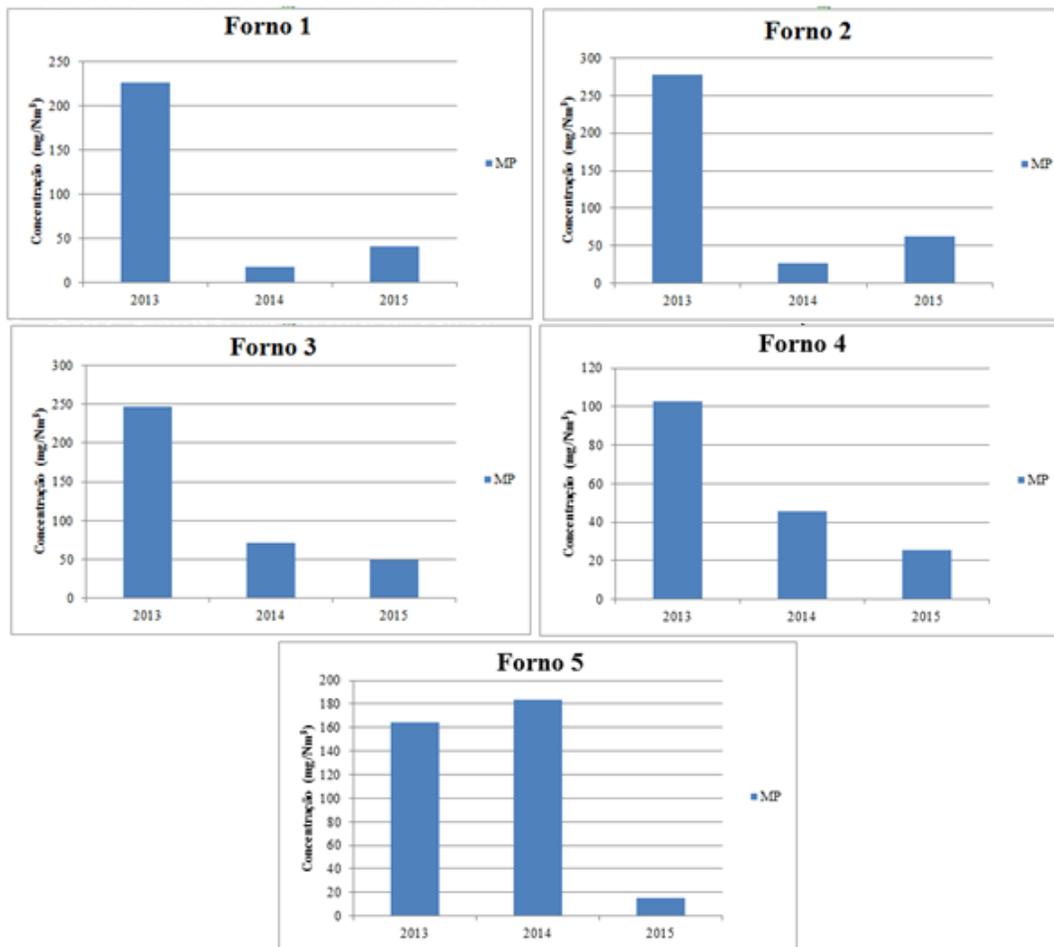
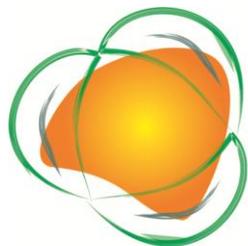


Figura 4 – Gráficos de emissões dos fornos de acordo com a DN 187.  
Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Dentro dos padrões estabelecidos e das figuras apresentadas, observa-se que a DN 187 é bem mais restritiva do que a DN 01, fato que contribui para uma melhor qualidade do ar da região circunvizinha ao empreendimento e que obrigará as indústrias mineiras produtoras de cimento a manterem um funcionamento mais eficiente dos equipamentos de controle de poluentes atmosféricos.

Pode-se também observar que o funcionamento adequado de um filtro de manga é complexo e depende de uma série de fatores como manutenção dos equipamentos, controle da vazão, dentre outras.



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS  
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

## **Conclusão**

O empreendimento não teve um controle satisfatório das emissões de MP no ano de 2013, de acordo com a nova legislação, principalmente pelo mau gerenciamento dos equipamentos de controle, sendo que em 2015, apenas um forno não atendeu aos limites da DN 187, mostrando a evolução da operação dos filtros e também a preocupação do empreendimento em se adequar aos limites propostos pela mesma.

## **Referências**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12019: Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias – Determinação de material particulado. Rio de Janeiro, 1990.

BRAGA, B. et al. Introdução à Engenharia Ambiental. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRANCO, S. M.; MURGEL, E. Poluição do ar. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2004.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM nº 01, de 24 de fevereiro de 1992. Reformula as normas e padrões para lançamentos de poluentes na atmosfera. Diário do Executivo. Belo Horizonte, MG, 1992. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=396>>. Acesso em: 29 set. 2015.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM nº 187, de 19 de setembro de 2013. Estabelece condições e limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas e dá outras providências. Diário do Executivo. Belo Horizonte, MG, 2013. p. 22-31. Disponível em: <<http://jornal.iof.mg.gov.br/xmlui/handle/123456789/103111>>. Acesso em: 29 set. 2015.

PIRES, D. O. Inventário de emissões atmosféricas de fontes estacionárias e sua contribuição para a poluição do ar na região metropolitana do rio de janeiro. 2005. 194 f. Tese (Mestrado em Ciências do Planejamento Energético)-Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.