



**XXI SNPTee
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
23 a 26 de Outubro de 2011
Florianópolis - SC

GRUPO -GIA

GRUPO DE ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS- GIA

A TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E O AQUECIMENTO GLOBAL:
O PAPEL DA MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS ISOLADOS A SF₆.

Nome: Paulo de Oliveira Fernandes(*)
SF6 Serviços

Nome: Helena Maria Wilhelm
Diagno Materiais e Meio Ambiente

RESUMO

O gás hexafluoreto de Enxofre (SF₆), por sua extraordinária estabilidade química, capacidade de extinção de arco e sua propriedade de recomposição após descarga elétrica, tem sido amplamente utilizado na fabricação de equipamentos de interrupção elétrica e subestações blindadas. Por outro lado, essa mesma estabilidade que torna o SF₆ um isolante extremamente eficiente, faz com que seja altamente persistente no meio ambiente e classificado segundo o "Protocolo de Kioto" como "Gás de Efeito Estufa", com potencial de aquecimento global extremamente elevado. Este trabalho avalia o impacto ambiental provocado por empresas de energia elétrica em razão da utilização deste fluido isolante.

PALAVRAS-CHAVE

hexafluoreto de enxofre, efeito estufa, transmissão de energia, manutenção, gás isolante

1.0 - INTRODUÇÃO

1.1- O SF₆ e o Protocolo de Kioto:

A utilização do gás SF₆ como fluido isolante em equipamentos elétricos de alta e extra-alta tensão está consagrado em todo o mundo desde a década de 1980 em razão de sua elevada capacidade de extinção de arco, excelente capacidade dielétrica e alta durabilidade. Em função destas características, os equipamentos isolados a gás SF₆ apresentam alta confiabilidade e simplicidade de manutenção. Sendo um composto atóxico, seu uso é seguro para o ser humano e de impacto ambiental tolerável. No entanto, em razão de sua elevada estabilidade química e térmica, o produto é altamente persistente no meio ambiente. Além disso, apresenta características de retenção do calor atmosférico que o classificam como "Gás de Efeito Estufa (GEE)", segundo o "Protocolo de Kioto" celebrado no âmbito da "Convenção de Viena" que trata da poluição atmosférica de forma geral.

O Protocolo de Kioto (2010), no âmbito da Convenção de Viena, é o resultado de uma série de discussões internacionais sobre a intensificação do efeito estufa, que se sucedem desde 1988, com a criação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), órgão vinculado à ONU e encarregado de estudar e melhor entender a relação entre o aquecimento global e as mudanças climáticas que este fenômeno pode causar.

O protocolo estabelece que a capacidade de absorção do calor, também definida como fator de aquecimento global (*Global Warming Factor – GWF*), indica a contribuição de um determinado gás para o efeito estufa durante um certo intervalo de tempo, no qual este se mantém estável na atmosfera. Nos estudos desenvolvidos, este fator foi arbitrariamente definido como 1 para o CO₂, sendo verificada a capacidade de cada gás em relação a este valor. Na Tabela 1 são apresentados dados específicos para os principais GEE, quanto ao fator de aquecimento global e

a concentração dos mesmos na atmosfera (1). Dentre os gases reportados na Tabela 1, o hexafluoreto de enxofre (SF_6) é um gás de significativa influência na intensificação do efeito estufa, possuindo um fator de aquecimento global 22.900 vezes superior ao CO_2 .

Tabela 1. Contribuição dos principais gases para o Efeito Estufa.

Gases de Efeito Estufa	Fator de Aquecimento Global	Concentração (dados de 2007)
Gás Carbônico	1	379 ppm
Metano	41	1,7 ppm
Óxido Nitroso	114	0,320 ppm
Hidrofluorcarbonos	260	< que 1 ppb
Hexafluoreto de Enxofre	22.900	5,6 ppt

1.2- Os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) e o Mercado de Créditos de Carbono (MCC):

Como principal esforço no sentido de controlar as emissões antrópicas de gases do efeito estufa, o protocolo visou o estabelecimento de meios para que um grupo formado pelos países desenvolvidos responsáveis por mais de 55% das emissões totais assumissem o compromisso de reduzirem suas emissões de GEE em 5,2%, ou mais, em relação ao registrado no ano de 1990. Os países em desenvolvimento, entre eles o Brasil, ficaram desobrigados de metas de redução de emissões de GEE como forma de diminuir os entraves ambientais ao seu desenvolvimento.

No entanto, o mesmo documento criou um dispositivo através do qual os países desobrigados de efetuar reduções em suas emissões de GEEs sejam estimulados a empreender os chamados “Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL)” para obter reduções em seus níveis de emissão. Estes mecanismos permitem que reduções de emissão nos países em desenvolvimento sejam adquiridas por empresas dos países desenvolvidos como forma de compensação de suas próprias emissões. Assim um país que necessite diminuir suas emissões pode fazê-lo através da redução de emissões em outro país, desde que esteja listado entre os países em desenvolvimento.

O Protocolo de Kioto criou o mercado de créditos de carbono, através do qual as reduções de emissão nos países em desenvolvimento podem ser negociadas com os países desenvolvidos. Para isso estabeleceu três mecanismos básicos de mercado de redução de emissões (2):

1. Um sistema *cap&trade* (limite e negocie) onde as empresas têm uma quota para emissão anual estabelecida pelo governo por meio de um plano de alocação nacional que permite ao país atingir as suas metas. Emissões abaixo dos limites estabelecidos podem ser negociadas em bolsa (por ex., *European Union Emissions Trading Scheme*). Empresas que emitirem além do seu limite podem comprar estes créditos.
2. O sistema *Joint Implementation* são projetos entre países com metas de redução que promovem a redução de emissão de gases. Por exemplo, uma hidrelétrica privada na Itália financiada por uma empresa alemã, reduz o consumo de energia de termelétricas a carvão, intensas em emissão de CO_2 , um importante gás de efeito estufa. A redução da emissão pode ser utilizada pela empresa alemã.
3. Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (**MDL**). Estes são realizados em países em desenvolvimento (por ex., Brasil) e a redução de emissão de GEE pode ser comercializada. Estes créditos, baseados em projetos, são os conhecidos créditos de carbono. Estes projetos devem ser registrados pela ONU e o seu desempenho deve ser verificado por empresas credenciadas. Todos os projetos são públicos e a metodologia de estimativa de redução de emissões de GEE pode ser livremente acessada (<http://cdm.unfccc.int>).

Os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) têm sido a forma mais significativa de comercialização dos créditos de carbono já havendo diversas bolsas a nível mundial habilitadas a promover essas negociações. Na prática, uma empresa ou entidade pública procede a uma avaliação de suas emissões, em conformidade com os procedimentos prescritos no protocolo, e elabora um projeto para reduzi-las. Uma vez aprovado o projeto de redução, a empresa coloca à venda no MCC a massa equivalente de CO_2 conseguida na redução. Assim, se a

empresa emitia X Toneladas de CO₂ e promove um projeto para emitir apenas Y toneladas, ela poderá comercializar X-Y toneladas no MCC.

1.3- O SF₆ e as empresas de energia:

A concentração do gás SF₆ na atmosfera tem aumentado progressivamente, a partir do ano 2000, conforme mostra o gráfico da Figura 1:

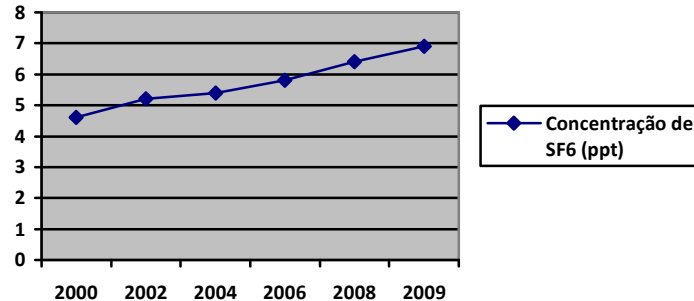


Figura 1: Evolução da concentração de SF₆ na atmosfera (3)

Conforme mostra a figura 1, acima, os níveis de SF₆ na atmosfera terrestre vêm crescendo continua e significativamente nos últimos anos e é muito importante observar que a utilização de SF₆ em sistemas abertos, isto é, em utilizações nas quais é lançado diretamente na atmosfera, foi proibido nos países desenvolvidos entre os anos de 2005 e 2007 (4). Ainda assim, observa-se um crescimento de cerca de 17% nos níveis atmosféricos de SF₆ entre 2007 e 2009. Este crescimento é, portanto, resultado do incremento da utilização do gás em equipamentos elétricos. Embora os equipamentos que utilizam o gás isolante sejam fechados e o produto permaneça contido durante toda a vida dos equipamentos, ainda assim, observa-se o aumento das concentrações atmosféricas do gás.

Isso significa que a despeito da tecnologia de fabricação e utilização dos equipamentos considerar a necessidade de estanqueidade, inclusive para garantir um melhor funcionamento do ponto de vista operacional, ocorre uma perda constante de gás destes equipamentos para atmosfera. De fato, um estudo realizado pela Agência Ambiental Norte Americana (USEPA) (5) em 1999 constatou que 15,2% do SF₆ instalado no sistema elétrico do país era perdido para atmosfera. Assim, ficou claro que o foco da contaminação atmosférica por SF₆ reside no setor elétrico e que sua utilização pelo setor deveria ser alvo da atenção das autoridades ambientais. A partir de então tanto as agencias ambientais européias quanto a USEPA editaram regulamentações detalhadas visando a redução das emissões involuntárias de SF₆ para a atmosfera. Essas medidas permitiram que nos Estados Unidos, por exemplo, fosse atingida a redução ilustrada na figura 2.

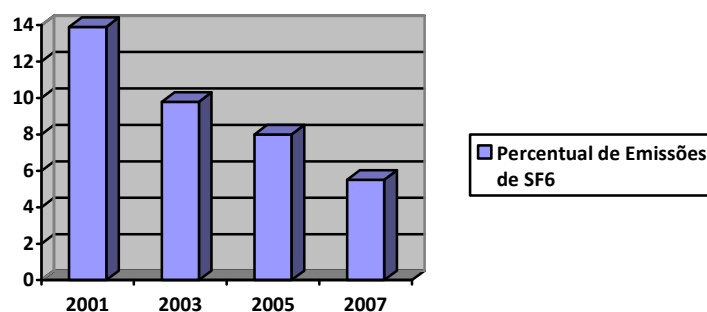


Figura 2: Evolução das perdas de SF₆ para atmosfera nos EUA (6)

Os resultados obtidos através da aplicação dos programas de regulamentação da utilização de gás SF₆ no setor elétrico norte americano significou uma redução no lançamento de gás SF₆ para a atmosfera de cerca de 800 toneladas, o que equivale, utilizando o fator de aquecimento global atual (GWF), a um lançamento de cerca de 18 milhões de toneladas de dióxido de carbono.

A legislação ambiental brasileira ainda não contempla especificamente o gás SF₆. O Governo Federal elaborou em 2007 o documento "Contribuição do Brasil para Evitar a Mudança do Clima" (7), no qual traça todas as ações necessárias para uma redução significativa da emissão de GEEs pelo país. O documento analisa a geração de

GEEs de cada setor da economia e, no que se refere ao setor energético, aponta tão somente os GEEs advindos da geração termoeletrônica que constitui apenas cerca de 12% do total gerado no país. O documento não menciona a utilização de SF₆ em nenhum momento, o que espelha o desconhecimento do problema por parte das autoridades responsáveis. No entanto, no que se refere ao lançamento do gás na atmosfera é importante notar que a norma NBR 10004, Resíduo Sólidos – Classificação (8), classifica o enxofre e seus compostos, em qualquer estado físico, como resíduos industriais perigosos Classe I, sendo portanto, proibido o seu lançamento no ambiente sem prévio tratamento.

É importante notar que o sistema elétrico brasileiro é baseado majoritariamente na geração hidroelétrica, responsável por cerca de 75% do total gerado (7), que não consome combustíveis fósseis. Assim, não há a geração de gases de efeito estufa diretamente ligada à produção de energia. A geração de GEEs concentra-se nas atividades secundárias como transporte e geração de emergência para os serviços auxiliares de usinas e subestações. No que diz respeito ao transporte, a utilização de biocombustíveis como o etanol e o biodiesel, diminui ainda mais a geração de GEEs do setor como um todo. No caso do etanol, a metodologia de cálculos de emissões preceve emissão “zero” por considerar que todo o dióxido de carbono lançado pela sua combustão é reabsorvido pela planta para a produção do próprio etanol, e o biodiesel terá a fração vegetal reduzida do consumo total. Assim, os cálculos para um veículo que utilize 100 L de biodiesel 5, considerarão apenas 95 litros de diesel na geração de GEEs (9).

Os dados discutidos acima demonstram já por si mesmos o quanto é relevante na geração de GEEs pelo setor elétrico em função da utilização de gás SF₆. Este trabalho vai demonstrar por meio de estimativas verificáveis que, para muitas empresas do setor, como é o caso das transmissoras e distribuidoras, o SF₆ é de fato a maior fonte de geração de GEEs e é onde devem se concentrar os esforços de preservação ambiental destas empresas.

2.0 - PREMISSAS BÁSICAS: UMA EMPRESA TRANSMISSORA DE ENERGIA E SUAS FONTES DE GEE

Para efeito deste trabalho, e como forma de simplificar a compreensão do problema, propomos a hipótese de uma empresa transmissora de energia elétrica que utiliza disjuntores isolados a gás SF₆ e opera subestações blindadas também isolada com o mesmo produto. Esta empresa, aqui chamada de “Empresa de Transmissão de Energia X (ETEX)” será a base para as estimativas deste trabalho.

2.1 Características da ETEX:

A ETEX opera o seguinte conjunto de equipamentos potencialmente geradores de GEEs::

- 16 Disjuntores da classe 245 KV com 24 Kg por equipamento, totalizando 384 Kg
- 14 disjuntores da classe 138 KV com 8 Kg por disjuntor totalizando 112 Kg
- 20 disjuntores da classe 440 KV com 117 Kg por disjuntor totalizando 2340 Kg
- 50 disjuntores da classe 15 KV com 5 Kg por disjuntor totalizando 250 Kg
- Duas SEs blindadas da classe 145 KV com um total de 1.500 Kg cada, totalizando 3.000 Kg
- 20 Automóveis para uso geral movidos a álcool
- 150 Veículos utilitários movidos a álcool
- 20 Caminhões movidos a diesel
- 10 Grupos Geradores de Emergência a Diesel.

Para que as estimativas sejam elaboradas com base em pressupostos verossímeis, admitiremos as seguintes hipóteses:

- a. Os caminhões da empresa rodam 50.000 Km por ano cada um com um rendimento médio de 5 Km por litro de combustível.
- b. Os Grupos Geradores Operam 4 horas por semana com um consumo médio de 10 litros de combustível por hora.

Uma vez que o país ainda não possui qualquer regulamentação acerca da utilização do gás SF₆, é válido supor, para efeito das avaliações que irão se seguir, que a ETEX opera dentro dos padrões de segurança e manutenção que eram internacionalmente aceitos no período anterior à edição das regulamentações européia e norte-americana.

2.2 Mecanismos de cálculo de emissões

De forma a padronizar e tornar comparáveis as estimativas de emissão de GEEs realizadas no âmbito de todos os países signatários do documento, o Protocolo de Kioto elaborou e aprovou metodologia específica para determinar quantitativamente as emissões dos diversos GEEs, oriundos das diversas fontes consideradas(10). O método de cálculo leva em consideração as características do fenômeno gerador dos GEEs como por exemplo, no caso de

um motor a explosão, o rendimento médio por tipo de motor, as características básicas do combustível utilizado entre outras, de modo a obter um fator que, relacionado com as quantidades mássicas utilizadas dos combustíveis ou outros produtos considerados, irá fornecer a quantidade lançada. Em todos os casos, o cálculo utiliza as massas de produto consumidas para determinar as quantidades de gás lançadas na atmosfera. Para os veículos automotores e demais equipamentos baseados em motores de combustão interna, aí incluídos os motogeradores, os cálculos são realizados com base nos seguintes fatores:

Tabela 2. Fatores de Emissão de CO₂-(11)

Combustível	Fator de Emissão (kg de CO ₂ /kg)	Taxa de Emissão de CO ₂ Fóssil Relativa	Fator Corrigido
Etanol Hidratado	1,75	0,00	0
Gasolina C	2,88	0,74	2,13
Gasolina A	3,18	1,00	3,18
GNV	2,75	0,79	2,17
Diesel	3,20	0,86	2,75

O gás SF₆ não sofre transformações significativas durante sua utilização, seja em disjuntores ou compartimentos de subestações blindadas. De acordo com os manuais de manutenção, uma carga de gás é considerada imprópria para o uso como isolante quando apresenta cerca de 2000 µl (microlitros) de produtos de decomposição por litro do gás em uso (12). Esta quantidade é insignificante para fins do cálculo da massa emitida e, portanto, o método estimativo não leva estas impurezas em consideração. Assim, o cálculo das quantidades de SF₆ efetivamente lançadas na atmosfera leva em conta tão somente o balanço de massa apresentado pelo usuário do produto. O método de cálculo considera que, uma vez que o produto não se degrada, toda a quantidade adquirida pelo usuário, que não seja aquela necessária para o enchimento de equipamentos novos, foi utilizada na reposição do gás perdido para a atmosfera, devendo, portanto, ser considerada como emissão.

Na prática, uma empresa que opera equipamentos isolados a SF₆ deverá considerar as seguintes causas de perdas/emissões:

- Vazamentos existentes nos equipamentos em operação.
- Perdas em serviços de manutenção: gás lançado na atmosfera, vazamentos nos sistemas de transferência, etc.
- Estoques não contabilizados.
- Gás remanescente nos cilindros esgotados.
- Gás contaminado em operações de manutenção ou transvase.

2.3 As emissões da ETEX

Para o cálculo das emissões de GEE da ETEX, deverão ser considerados todos os equipamentos capazes de emitir esses gases para a atmosfera. Assim, deverão ser considerados os veículos, grupos geradores e equipamentos isolados a SF₆. As características desses equipamentos deverão ser avaliadas de acordo com as ferramentas de cálculo descritas no item 2.2.

2.3.1 Motores a combustão interna.

Os equipamentos que utilizam motores a combustão interna deverão ser avaliados considerando os fatores de cálculo apresentados na tabela 2. Dentre esses equipamentos, observa-se que os veículos leves utilizam o etanol como combustível e, portanto, sua emissão deverá ser desconsiderada dos cálculos. Os equipamentos, juntamente com suas características, estão listados na tabela 3:

Tabela 3:Equipamentos que utilizam motores de combustão interna

Equipamento	Quantidade	Combustível	Consumo anual em litros	Consumo anual em Kg
Automóveis	20	Etanol	NA	NA
Utilitários	150	Etanol	NA	NA
Caminhões	20	Diesel	200.000	160.000
Grupos geradores	10	Diesel	20.800	16.640

As emissões resultantes da utilização destes equipamentos, quando calculadas através dos critérios aqui expostos, estão apresentadas na tabela 4:

Tabela 4: Emissões dos equipamentos de combustão interna

Equipamento	Emissão anual (Kg de CO ₂)
Automóveis	0
Utilitários	0
Caminhões	440.000
Grupos geradores	45.760
Emissão Total	485.760

De acordo com a tabela 4, as emissões de GEEs em CO₂ equivalente decorrentes da utilização de motores a combustão interna resulta em **485,76** Toneladas anuais.

2.3.2 Equipamentos isolados a SF₆.

As emissões relativas aos equipamentos isolados a SF₆ deverão ser calculadas exclusivamente através de seu balanço de massas. De acordo com os pressupostos já referidos anteriormente, a ETEX opera dentro dos padrões comuns às empresas de energia dos países desenvolvidos no período anterior à edição dos regulamentos sobre o manuseio de SF₆. As perdas médias da ETEX, devem ser consideradas como o somatório dos fatores mencionados no item 2.2, a saber:

- Vazamentos existentes nos equipamentos em operação.
- Perdas em serviços de manutenção: gás lançado na atmosfera, vazamentos nos sistemas de transferência, etc.
- Estoques não contabilizados.
- Gás remanescente nos cilindros esgotados.
- Gás contaminado em operações de manutenção ou transvase.

Considerando que o somatório dos fatores acima estará dentro dos padrões já assumidos, a ETEX perderá anualmente 15% da massa instalada de SF₆. Para obtenção da massa equivalente de CO₂, deve-se utilizar o GWF de 22.900 conforme já exposto. A tabela 5 mostra as perdas por equipamento e totais em massa de SF₆ e no equivalente em CO₂.

Tabela 5 :Equipamentos isolados a SF₆: Perdas/Emissões

Equipamento	Quantidade	Massa de SF ₆	Perda de SF ₆ (Kg)	Equivalente em CO ₂ (kg)
Disjuntores classe 440 KV	20	2340	351	8.037.900
Disjuntores classe 245	16	384	57,6	1.319.040
Disjuntores classe 138 KV	14	112	16,8	384.720
Disjuntores classe 15 KV	50	250	37,5	858.750
Ses Blindadas Classe 145 KV	2	3000	450	10.305.000
Totais		6.086	912,9	20.905.410

Conforme se observa na tabela 5, o total de emissões de GEEs em equivalente de CO₂ resultante da operação e manutenção de equipamentos isolados a SF₆ é de **20.905,41** toneladas anuais.

3.0 - CONCLUSÃO

Conforme o exposto neste trabalho, torna-se fácil perceber a importância do gás SF₆ no impacto ambiental devido às empresas do setor elétrico. Embora o produto apresente excelentes características operacionais, sendo por isso imprescindível na operação de um sistema eficiente e econômico, sua estabilidade na natureza e sua capacidade de retenção de calor o tornam um poluente de alto potencial de aquecimento global. A avaliação dos resultados obtidos, mostra que o impacto gerado pela utilização do SF₆ é cerca de 43 vezes maior do que o causado pela utilização de combustíveis fósseis em motores a combustão interna. Se considerarmos uma empresa transmissora de energia, constata-se facilmente que o gás SF₆ é a maior preocupação do ponto de vista ambiental e, indiscutivelmente a maior ameaça à sustentabilidade do negócio.

É ainda muito importante considerar que caso a nossa empresa hipotética ETEX empreendesse um programa de redução de emissões de SF₆ para adequar-se aos níveis atualmente praticados internacionalmente, isto é, baixando suas perdas anuais de 15% para 5%, conseguiria uma redução de cerca de 14.000 Toneladas equivalentes de CO₂ em suas emissões de GEEs. Tendo em conta que o Brasil é elegível para comercialização de créditos de carbono através de projetos MDL, a ETEX poderá comercializar em bolsa esta redução. A recente tragédia envolvendo usinas nucleares no Japão ocasionou a revisão dos investimentos em energia nuclear de vários países, levando estes investimentos necessariamente para a utilização de combustíveis fósseis. Assim, a cotação da tonelada equivalente de carbono nos mercados internacionais atingiu o valor de 17 Euros no último dia 18/03 (13). Dessa forma, a comercialização dos créditos obtidos com a redução da ETEX geraria rendimentos de cerca de R\$ 560.000,00 pelas cotações vigentes em 18/03/2011.

Esta redução pode ser obtida através de medidas simples e a maioria de baixo custo, sendo as principais (6):

- Os equipamentos novos isolados a SF₆ devem ter um nível máximo de vazamentos admissível de acordo com o tipo de situação, conforme descrito na tabela 6.

Tabela 6. Vazamento máximo admissível para diferentes situações em que se encontra o gás SF₆.

Situação	Vazamento máximo admissível (% do total instalado por ano)
Desenvolvimento, fabricação e testes	1,5 %
Instalação e comissionamento	0,1%
Operação, incluindo manutenção e reparos para equipamentos fabricados antes de 2004	Alta tensão: 0,6% até 2020
Operação e manutenção para equipamentos fabricados após 2004	Média tensão: 0,1% Alta tensão: 0,5%

- Todo o pessoal em contato com o SF₆ deverá ser informado e treinado.
- O trabalho de manutenção deverá ser executado por pessoal treinado por instituição qualificada.
- Todos os equipamentos contendo gás SF₆ deverão ser monitorados quanto à degradação do gás e aos níveis de vazamento.
- Deverá ser implementado um programa de manutenção preventiva que evite as perdas desnecessárias de gás.
- O gás deve ser reusado e reciclado conforme métodos aprovados.

- Todos os equipamentos isolados a SF₆ deverão ser devidamente rotulados.

Por fim é ainda importante mencionar que a adoção deste conjunto de medidas proporcionará ganhos adicionais resultantes da diminuição das aquisições de gás, da diminuição de intervenções nos equipamentos e da redução dos desligamentos não programados devidos a falhas em equipamentos.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Organização das Nações Unidas, Protocolo de Kioto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
- (2) SISTEMAS & GESTÃO, v.3, n. 1, p.15-26, 2008
- (3) National Oceanic and Atmospheric Administration, Earth System Research Laboratory, monthly report, Jul 27 2009.
- (4) European Environmental Organization, EG directive on Fluor gases 842/2006.
- (5) United States Environmental Protection Agency, USEPA - 1999 (January 13): **SF₆ Emissions Survey**
- (6) United States Environmental Protection Agency, USEPA – SF₆ Emission Reduction: Partnership for Electric Power Systems (2009)
- (7) Ministério da Relações Exteriores, Ministério de Ciência e Tecnologia, Ministério do Meio Ambiente, Ministério das Minas e Energia e Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio; Contribuição do Brasil para Evitar a Mudança do Clima, 2007.
- (8) Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT: NBR 10004 Resíduos Sólidos – Classificação.
- (9) Figueiredo, S de A, Emissão veicular de gases de efeito estufa devida ao tipo de combustível; Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2003
- (10) Kioto Protocol, Reference Manual on Accounting of Emissions and Assigned Amount.
- (11) “*GHG Protocol - The Greenhouse Gas Protocol*”; World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) e World Resources Institute (WRI).
- (12) International Council on Large Electric Systems, CIGRÉ: Publicação 234/2003
- (13) Miller, Fernanda B; Lipinski, J; página eletrônica do Instituto Carbono Brasil, 18/03/2011.

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Paulo de Oliveira Fernandes

Nascido no Rio de Janeiro em 1954

Técnico em Química pela Escola Técnica Federal do Rio de Janeiro, Engenheiro Químico pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Mestre em Ciência e Tecnologia de Polímeros pelo Instituto de Macromoléculas da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Pesquisador, do CEPEL de 1978 a 1985, Gerente da Divisão de Dielétricos do LAC-COPEL de 1985 a 1987; Gerente da Divisão de Serviços de Meio Ambiente e Análise de materiais da Westinghouse do Brasil de 1987 a 1996; Diretor Gerente da WPA Ambiental de 1996 a 2004, atualmente Gerente do Diagnóstico Laboratório de materiais e Meio Ambiente e Consultor do Ministério do Meio Ambiente para o desenvolvimento do Sistema Brasileiro de Gestão de PCBs em atendimento à Convenção de Estocolmo.