

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

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

MODELAGEM DE DISPERSÃO DE POLUENTES EM UMA AVENIDA DE ARACAJU-SE

**Fernanda de Souza Stingelin⁽¹⁾; Karla Betyna Oliveira Silva⁽²⁾; Máira Feitosa Menezes Macêdo⁽³⁾;
André Luis Dantas Ramos⁽⁴⁾**

⁽¹⁾ Estudante; Núcleo de Engenharia Ambiental e Sanitária; UFS; Aracaju, Sergipe; stingelin.f@gmail.com ⁽²⁾
Estudante; Núcleo de Engenharia Ambiental e Sanitária; UFS; Aracaju, Sergipe; karlabetynaa@gmail.com; ⁽³⁾
Estudante; Núcleo de Engenharia Ambiental e Sanitária; UFS; Aracaju, Sergipe; mairamacedo17@gmail.com; ⁽⁴⁾
Professor; Núcleo de Engenharia Ambiental e Sanitária; UFS; Aracaju, Sergipe; aldramos@gmail.com

Eixo temático: Saúde, segurança e meio ambiente.

RESUMO – Visando garantir uma boa qualidade do ar, foi analisado neste estudo, a concentração de CO em uma Avenida de Aracaju nos horário de intenso fluxo de veículos, utilizando o software AERMOD View. Foram gerados mapas de dispersão deste poluente e a concentração do mesmo na avenida, assim foi possível comparar com a Resolução CONAMA 03/90 e constatar que a concentração deste índice, nesta avenida, está abaixo da máxima permitida por tal resolução, isto é possível por esta cidade ter um relevo plano, mas não a elimina do perigo da poluição atmosférica e da necessidade de medidas de controle da poluição atmosférico, juntamente com sua gestão.

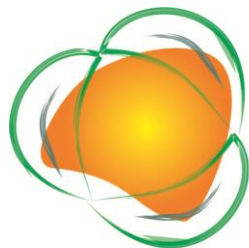
Palavras-chave: Atmosfera. AERMOD. Monóxido de Carbono. Qualidade do Ar.

ABSTRACT - In order to ensure good air quality was analyzed in this study , the concentration of CO in an avenue of Aracaju in the heavy flow of vehicles hours using AERMOD View software . It was generated this pollutant dispersion maps and the concentration of the right on the promenade , so it was possible to compare with CONAMA Resolution 03/90 and found that the concentration of this index, this avenue is below the maximum allowed for such a resolution , that is possible through this city have a plan relief, but does not eliminate the danger of air pollution and the need for atmospheric pollution control measures along with its management.

Keywords: Atmosphere. AERMOD . Carbon monoxide. Air quality.

Introdução

Desde a antiguidade observam-se efeitos que são ocasionados em detrimento da poluição, mas somente após a Revolução Industrial, os processos produtivos se intensificaram, ocorrendo um maior consumo de energia e matéria prima e



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

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

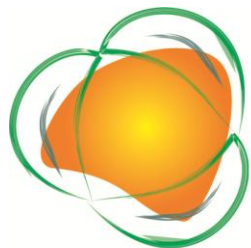
consequentemente uma maior geração de poluentes. Dentre estes poluentes gerados, os que causam maior preocupação são os poluentes atmosféricos devido a sua fácil dispersão e dificuldade de retenção. Estes compostos emitidos vêm ocasionando diversos impactos ambientais e danos à saúde, que acarretam consequências muitas vezes irreversíveis. Diante disto, percebe-se que aumentou a preocupação em relação ao controle desta poluição que altera a qualidade do ar em escala local, regional e global.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2016), a poluição atmosférica pode ser definida como qualquer forma de matéria ou energia com intensidade, concentração, tempo ou características que possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso da propriedade e à qualidade de vida da comunidade. As emissões gasosas provenientes de atividades industriais, veículos automotores e queimas são as principais causas da introdução de substâncias poluentes na atmosfera e, de acordo, com Macedo (2012), estas emissões são crescentes e diretamente proporcional ao desenvolvimento urbano, logo a poluição do ar é um fenômeno característico de grandes centros urbanos e regiões industrializadas.

Vicentini (2011) afirma que no Brasil, o setor de transportes tem uma participação significativa no avanço da poluição atmosférica dos grandes centros urbanos, onde boa parte do transporte de bens é conduzida em caminhões e o transporte de pessoas é realizado por ônibus, automóveis e motocicletas; fatos estes que justificam o aumento expressivo na quantidade de veículos anualmente, vinculado ao crescimento econômico e ao déficit dos transportes públicos o que vem intensificando cada vez mais a poluição atmosférica.

Segundo Branco (2010), os principais poluentes que se destacam nas emissões dos centros urbanos são as partículas sólidas em suspensão, gotículas de óleo expelidas pelos motores automotivos, concentração de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), compostos de enxofre (SO₂) e compostos de flúor e cloro, que causam danos à saúde humana, levando até a morte. Em relação ao CO, a hemoglobina do sangue possui maior afinidade por esta molécula do que pelo O₂, combinando-se rapidamente, formando a carboemoglobina, tomando o lugar do oxigênio, causando asfixia, aumentando cada vez mais a preocupação em relação à emissão desse poluente.

Visando ações de controle vinculadas ao cumprimento das legislações vigentes, como a Resolução CONAMA nº 03 de 1990 que estabelece os limites dos poluentes na atmosfera, é essencial a avaliação da qualidade do ar realizada pelo monitoramento e diagnóstico da situação atual na área em estudo. Entretanto, a cidade de Aracaju não possui uma rede de monitoramento que propicie um diagnóstico e uma avaliação da situação da área em termos de qualidade do ar, portanto, outros instrumentos, como modelos numéricos de estimativas são explorados.



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

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Para Vicentini apud Velloso (2011), a escolha de um modelo de qualidade do ar está diretamente ligada à escala, juntamente com a diversidade do problema a ser resolvido, e ao conhecimento da área de estudo, tanto do ponto de vista geográfico e meteorológico, como das fontes poluidoras presentes.

Um modelo matemático recomendado pela Agência Ambiental Americana (EPA,2005) para analisar a qualidade do ar é o AERMOD, que utiliza características meteorológicas, do terreno e informações tanto das fontes quanto dos poluentes emitidos. Este modelo matemático gera curvas de distribuição gaussiana, permitindo, assim, a análise da dispersão da pluma obtendo estimativas das concentrações de poluentes sobre uma malha de receptores, podendo ser utilizado para fontes de área e de linha, como avenidas com intenso tráfego de veículos.

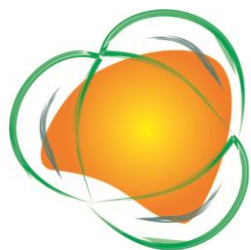
Diante de tais fatos e visando uma gestão eficiente da qualidade do ar na cidade de Aracaju, este trabalho objetiva realizar, através de simulações matemáticas com o software *AERMOD View*, uma análise da qualidade do ar e a contribuição dos fontes móveis veicular na mesma, em uma região de volumosa circulação de veículos e alta densidade populacional, verificando a emergência de criação de uma política de prevenção à degradação da qualidade do ar, incluindo ações de controle da poluição para garantir uma boa qualidade de vida aos cidadãos, com um meio ambiente ecologicamente equilibrado e garantia do mesmo para as presentes e futuras gerações, direito esse, existente no Artigo 225 da Constituição Federal (1988).

Material e Métodos

Neste trabalho, foi utilizado o *software AERMOD View* para realizar a simulação matemática da emissão do monóxido de carbono, produzido por veículos automotores no Município de Aracaju-SE, na Avenida Beira Mar, localizada no Bairro Farolândia. Esta área foi escolhida por apresentar um alto fluxo de veículos no horário de pico e por ser uma das principais avenidas desta cidade, ao lado de áreas residenciais e comerciais ilustrada na figura 1, onde é possível visualizar as duas vias analisadas, via 01 (sentido bairro-centro) e via 02 (sentido centro-bairro).

Após definição da área em estudo foi fornecido dados: meteorológicos, topográficos e os da fonte de emissão. Além disso foi considerada velocidade média de 36 km/h para todos os veículos contabilizados nas vias, onde o *Google Maps* foi o instrumento utilizado para determinar o tempo médio para percorrer a área de estudo, cuja rota foi de 1,8 km com tempo de 3 min.

A contagem de veículos foi realizada a partir da filmagem de videomonitoramento fornecido pela Superintendência Municipal de Transporte e Trânsito – SMTT, da avenida no cruzamento com a Av. Murilo Dantas no dia 25/04/2016 (segunda-feira), nos horários de picos das 7h às 8h, 11h às 13h e 18h às 19h, sendo as categorias contabilizadas na contagem foram motocicletas, ônibus, que englobou micro-ônibus e caminhões, e veículos de passeio, que englobou as demais categorias de veículos, sem considerar as emissões evaporativas.



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

www.meioambientepocos.com.br

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

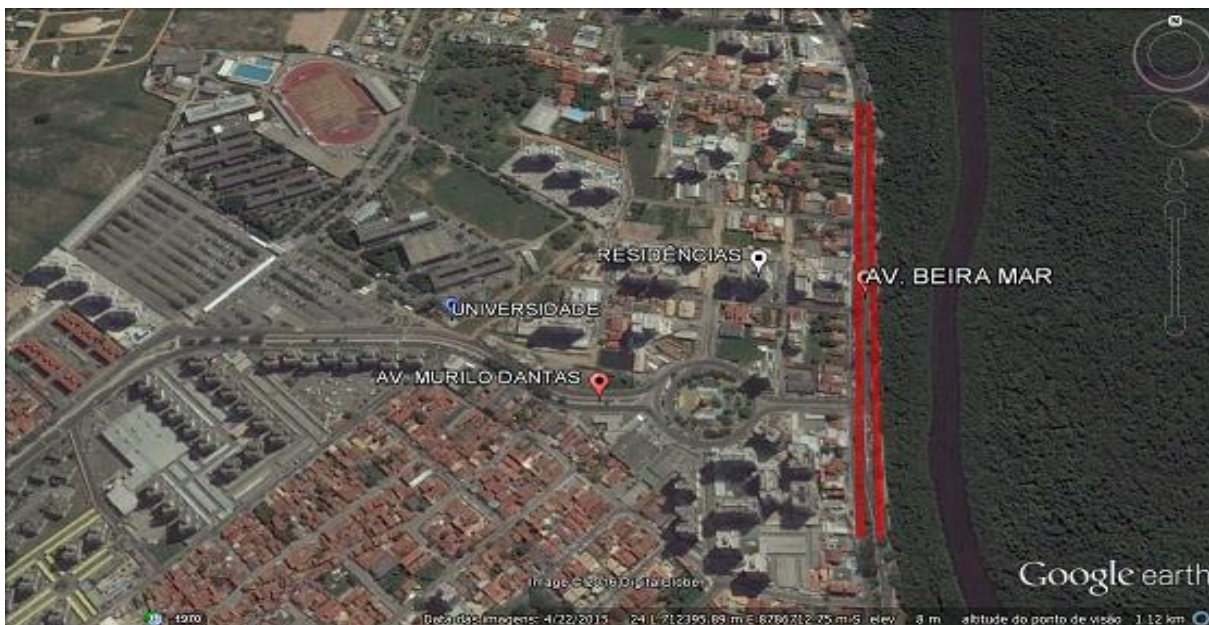


Figura 1: Avenida Beira Mar, trecho do cruzamento com a Avenida Murilo Dantas. Em destaque as duas vias analisadas. Fonte: Google Earth, 2016.

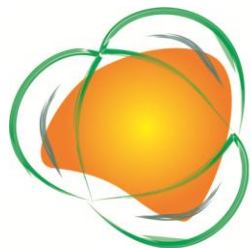
A taxa de emissão do poluente foi determinada a partir da metodologia utilizada por Macêdo (2012) em que o fator de emissão, obtido no Relatório Anual de Qualidade do ar da CETESB de 2014, é multiplicado pela velocidade média dos veículos, obtendo a taxa de emissão em g/s, conforme mostra a equação abaixo:

$$\text{Taxa de Emissão } \left(\frac{\text{g}}{\text{s}}\right): \frac{\text{Fe} \left(\frac{\text{g}}{\text{km}}\right) \cdot V_m \left(\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)}{3600}$$

Algumas considerações são adotadas para realizar a modelagem, como: área de de 3,5 km x 3,5 km; utilização do Grid cartesiano uniforme; relevo sem ondulações significativas, ou seja terreno plano, cuja altura não excede a elevação da base do terreno, fonte não está elevada; que o total de veículos leves e motocicletas contabilizados foram considerados movidos à gasolina e os veículos pesados (ônibus e caminhões) a diesel, por não ser possível por inspeção visual a identificação do combustível utilizado por cada veículo; a emissão de poluentes por toda a via, proporcional à quantidade de veículos por categoria em um intervalo de tempo.

Por seguinte, foi gerada a curva de distribuição gaussiana, que permite avaliar a dispersão da pluma do contaminante, obtendo estimativas das concentrações.

Resultados e Discussão



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

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

De posse dos dados de entrada e meteorológicos foi executada uma modelagem no *software AERMOD*, estimando a concentração do poluente gerado, possibilitando a obtenção do Mapa de Dispersão, as quais representam a distribuição da concentração da substância, servindo para comparar os dados obtidos com a legislação vigente, avaliando a qualidade do ar.

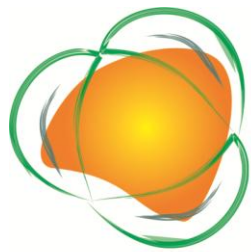
Segundo Resolução CONAMA 03/1990, a exposição ao monóxido de carbono deve concentração máxima de 10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar, deve ser de até 8 horas, se for uma exposição de 1 hora a concentração máxima que o indivíduo pode ser exposto é de 40.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar, vale ressaltar que não devem ser excedidos esses limites mais de uma vez por ano.

A tabela 1, apresenta as categorias dos veículos contabilizados, a quantidade do mesmo e o fator de emissão e a taxa de emissão de cada categoria, com relação ao poluente em análise. É possível verificar nesta tabela que o número total de veículos que passam na referida avenida nos horários de maior movimento é, no total, de 5.423, e que 95% destes são os veículos leves, logo o de maior taxa de emissão.

Categoria de veículos	Nº de veículos contabilizados	Fator de emissão (g/km)	Taxa de emissão (g/s)
Veículos Leves	5.168	0,216	11,1629
Motocicletas	208	0,820	1,7056
Ônibus	47	0,539	0,2533
TOTAL	5.423		13,1218

Tabela 1: Categoria e número de veículos, fator e taxa de emissão do CO, na avenida estudada. Fonte: Autores.

Na área ponderada, a máxima concentração de CO, foi aproximadamente 13.400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 7.200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para 1 hora e 8 horas, respectivamente, como visto nas figuras 2 e 3. Tais valores estão abaixo da concentração máxima da Resolução CONAMA 03/90 em virtude da cidade de Aracaju possui um relevo plano, sem montanhas e os dados meteorológicos apresentam boa dispersão dos poluentes, por ser uma região costeira, a velocidade dos ventos está diretamente ligada a determinadas característica, além disso, este valor está aliado as tecnologias automobilística, que fabricam veículos que emitem uma concentração cada vez menor de poluentes.



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

www.meioambientepocos.com.br

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

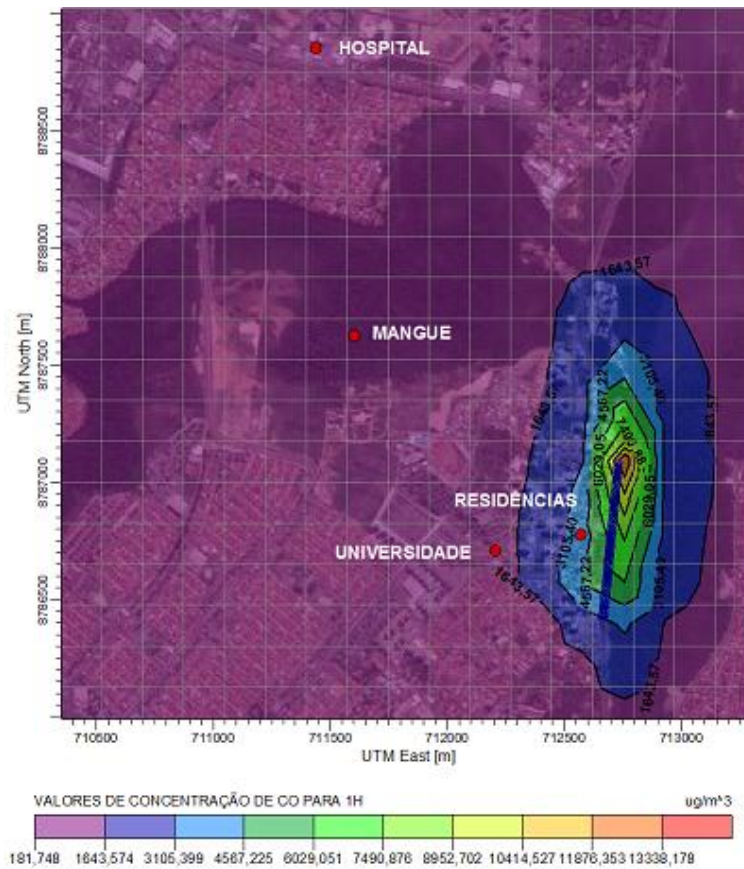
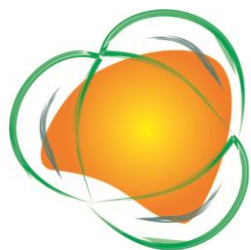


Figura 2: Mapa de dispersão do CO para 1 hora. Fonte: AERMOD, 2016.



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

www.meioambientepocos.com.br

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

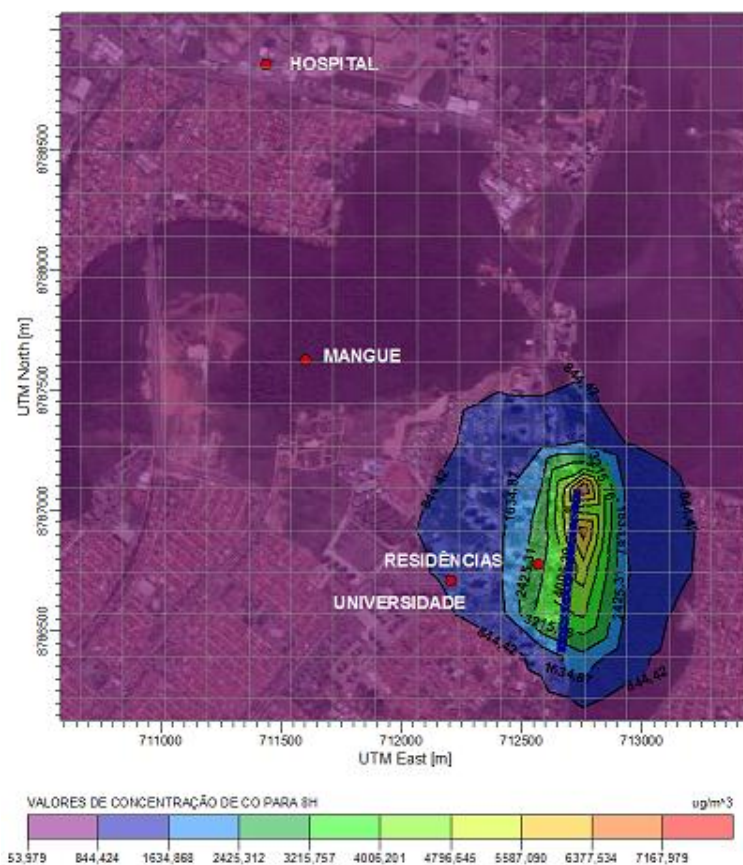


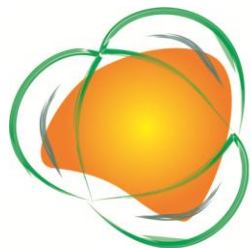
Figura 3: Mapa de dispersão do CO para 8 horas. Fonte: AERMOD, 2016.

Conclusões

Diante das simulações matemáticas realizadas com o AERMOD View, foi possível analisar a dispersão do monóxido de carbono e fazer uma comparação com Resolução CONAMA 03/90, constatando, assim, que a concentração do poluente liberado pelos veículos é de baixa magnitude, portanto menor que o padrão de qualidade do ar, estabelecido na Resolução em comparação.

Entretanto, tal análise não qualifica a cidade de Aracaju como uma cidade com bons níveis de qualidade do ar, pois é necessário repetir o procedimento em outros pontos da cidade, com redes de monitoramento da qualidade do ar.

Este monitoramento frequente da qualidade do ar em uma cidade visa garantir uma boa qualidade de vida para toda a população, Aracaju já foi eleita a capital da qualidade de vida em 2008 pelo IBGE, logo é importante que a mesma continue com esta boa imagem, logo incentivar medidas de gestão como a criação de uma política de



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

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

prevenção à degradação da qualidade do ar, incluindo ações de controle da poluição para garantir uma boa qualidade de vida aos cidadãos, com um meio ambiente ecologicamente equilibrado, é uma ação necessária na cidade.

Referências Bibliográficas

BRANCO, S. M, MURGEL, E. **Poluição do ar**. 2º Edição. São Paulo. Editora Moderna. 2010.

BRASIL. Constituição da República Federativa de 1988, capítulo VI. **Do meio ambiente**. Brasília.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 03 de 28 de junho de 1990. **Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR**. Brasília. Publicação DOU de 22 de agosto de 1990.

EPA - **Environmental Protection Agency**. Guideline. Estados Unidos da América, 2005.

MACEDO, R. L. **Qualidade do ar em Campo Grande/MS: Estudo das emissões por fontes móveis e sua dispersão**. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande-MS, 2012.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Qualidade do ar**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar>>. Acessado em 17 de abril de 2016, às 20:00h.

VICENTINI, P. C. **Uso de modelos de qualidade do ar para a avaliação do efeito do proconve entre 2008 e 2020 na região metropolitana do Rio de Janeiro**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ, 2011.