

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
CURSO TÉCNICO DE METEOROLOGIA

Carine Santos Albano
Daiane de Fátima Cardoso
Katherin Rosa Silva

ESCURECIMENTO GLOBAL

Florianópolis, dezembro de 2011

*A todos aqueles que se interessam
pelo amanhã, buscam conhecer o meio
onde vivem e não se conformam em
permanecer na escuridão.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter posto em nosso caminho professores tão dedicados e capacitados. Especialmente ao professor Daniel, nosso querido orientador, por nos conduzir na construção deste trabalho; ao professor Michel, por dispor de seu tempo e conhecimento; e à professora Eliane, por sua paciência ao tirar todas nossas dúvidas.

Obrigada a todos que estiveram conosco, nos instruindo com seus ensinamentos.

*“A escuridão nos envolve a todos,
mas enquanto o sábio tropeça em alguma parede,
o ignorante permanece tranquilo no mesmo lugar.”*
Anatole France

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é analisar o fenômeno do escurecimento global pouco debatido pela comunidade científica, apontando suas causas e a linha que levou a sua descoberta além de mostrar seus possíveis efeitos sobre o clima, como alterar as propriedades das nuvens diminuindo a radiação solar que chega à superfície, tornando-a mais fria. Relacionando o escurecimento com o aquecimento global, esta pesquisa também busca encontrar maneiras de minimizar os impactos destas mudanças climáticas.

Palavras-chave: Escurecimento global. Mudanças climáticas. Aerossóis

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- AIE - Agência Internacional de Energia
- BBC - British Broadcasting Corporation (Corporação Britânica de Radiodifusão)
- CERN - Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (Organização Européia para Pesquisa Nuclear)
- CO₂ - Dióxido de Carbono
- USP - Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 EFEITO DOS AEROSSÓIS NA FORMAÇÃO DE NUVENS.....	9
2.1 Cinzas vulcânicas.....	9
2.2 Queimadas.....	10
2.3 Combustíveis fósseis.....	10
2.4 Trilhas de condensação das aeronaves.....	11
3 CICLO SOLAR.....	12
3.1 Clareamento Global.....	12
4 DESCOBERTA DO ESCURECIMENTO GLOBAL.....	13
4.1 Taxa de evaporação.....	13
4.2 Experimento nas Ilhas Maldivas.....	14
4.3 Diminuição das trilhas de condensação após o 11 de setembro.....	14
4.4 Queimadas na Amazônia.....	15
5 CONSEQUÊNCIAS DO ESCURECIMENTO GLOBAL.....	16
5.1 Fotossíntese.....	16
5.2 Monções.....	16
5.3 Relação com o aquecimento global.....	17
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	19
REFERÊNCIAS.....	20

1 INTRODUÇÃO

O escurecimento global é um fenômeno caracterizado pela diminuição da radiação solar que incide sobre a superfície terrestre, causado pelo aumento de aerossóis suspensos na atmosfera. Esses aerossóis são lançados de forma natural, como por cinzas vulcânicas e queimadas; ou por atividade humana, como por combustíveis fósseis (SCHEIDT, 2008).

O pesquisador David Travis (*apud* RUIZ, 2010) traz ainda a hipótese da influência das trilhas de condensação deixadas por aeronaves neste fenômeno.

Observado pela primeira vez - e batizado de 'escurecimento global' - por Gerry Stanhill, em Israel (*apud* SCHEIDT, 2008), foi comprovado mais tarde por estudos independentes de Beate Liepert nos Alpes da Bavária, Vereradrán Ramanathan com o projeto Indonex, Graham Farquhar e Michael Roderick observando a taxa de evaporação, como mostrado no documentário exibido pela BBC "Mundo nas sombras" (2006). Este fenômeno interfere nos padrões de temperatura, afeta a fotossíntese e pode ter causado a falta de monções na África subsaariana. Além de estar levando os cientistas a subestimar o verdadeiro poder do aquecimento global.

Esta monografia propõe-se a explorar os fatores, tanto meteorológicos como por intervenção humana, relacionados com a ocorrência do escurecimento global.

2 EFEITO DOS AEROSSÓIS NA FORMAÇÃO DE NUVENS

As nuvens são conjuntos de minúsculas gotículas de água que se encontram suspensas na atmosfera. O tamanho dessas gotículas depende de impurezas (aerossóis) também presentes na atmosfera. É ao redor dessas partículas, que atraem o vapor d'água, que a umidade se condensa, e se inicia o processo de formação das nuvens (DECICINO, 2011).

Recentemente pesquisadores dinamarqueses e britânicos demonstraram mediante experimentos que raios cósmicos - “partículas rapidíssimas que provêm do espaço exterior e bombardeiam constantemente a terra, de todos os lados” (TURTELLI, 2003) - estimulam a formação de nuvens. Eles demonstraram que os raios cósmicos ionizam as moléculas na atmosfera, até que se forme uma estrutura suficientemente grande para servir como núcleo de condensação (Inovação Tecnológica, 19/05/2011).

A primeira simulação computadorizada, feita pelo laboratório do Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire - CERN - Organização Europeia para Pesquisa Nuclear, confirma que a ionização gerada pelos raios cósmicos acelera em até 10 vezes a formação de aerossóis e, conseqüentemente, de nuvens. Porém, também mostrou que nem mesmo o efeito dos raios cósmicos é capaz de gerar a quantidade observada de aerossóis (Inovação Tecnológica, 29/08/2011).

Isso significa que há outras fontes que liberam essas impurezas na atmosfera, e aumentam ainda mais a formação de nuvens. Os aerossóis podem ser formados naturalmente, porém com as emissões por queimadas e combustíveis fósseis, a influência da ação antropogênica no aumento da concentração dessas partículas é evidente (PEREIRA, 2007).

2.1 Cinzas vulcânicas

Os gases vulcânicos são constituídos por elementos químicos, em sua maioria de hidrogênio, carbono, oxigênio, enxofre, nitrogênio, cloro, flúor e bromo. Durante grandes erupções os gases podem ascender dezenas de quilômetros na atmosfera. Os ventos, então deslocam as cinzas por centenas ou até milhares de quilômetros de distância do vulcão.

Essas cinzas podem bloquear a luz do Sol. O enxofre contido nas cinzas combinado com o vapor d'água formam nuvens densas contendo minúsculas gotas de ácido

sulfúrico, que levam alguns anos para precipitarem e podem diminuir a temperatura na troposfera devido a sua absorção da radiação solar.

Em 1980 o vulcão Santa Helena nos Estados Unidos diminuiu a temperatura média global em 0,1°. Em 1982 o vulcão mexicano El Chichon emitiu volume de gases 40 vezes mais ricos em enxofre e diminuiu a temperatura global de três a cinco vezes esse valor. Portanto a quantidade enxofre das cinzas é o melhor critério para medir os efeitos destas na atmosfera (CARAVACA, 2009)

2.2 Queimadas

O fogo das queimadas lança na atmosfera grande quantidade de pequenas partículas que agem como um escudo que absorve e devolve a radiação solar ao espaço, esfriando a superfície do planeta. Essas partículas também interferem na formação das nuvens, tornando mais difícil a transformação das moléculas de água em gotas de chuva (AMOS, 2011).

Existem vários efeitos importantes nas emissões das queimadas no equilíbrio climático e biogeoquímico do planeta. Para se obter resultados fisicamente consistentes, os modelos atmosféricos devem incorporar as emissões de queimadas e tratar o transporte e a interação destas emissões com o ambiente (FREITAS, 2005).

2.3 Combustíveis fósseis

Carvão mineral, petróleo e gás natural são exemplos de combustíveis de origem fóssil, que representam, segundo a Agência Internacional de Energia (AIE), 87% de todo combustível usado no mundo. São formados de compostos de carbono, que resultam da decomposição de matéria orgânica em um longo processo. Além de não serem renováveis, esses combustíveis são extremamente poluentes (CERQUEIRA, 2011).

A combustão destas fontes de energia não gera apenas gases responsáveis pelo efeito estufa como o dióxido de carbono, mas também lança na atmosfera pequenas partículas de fuligem, cinzas e compostos de enxofre (ZANATTA, 2006). O carbono negro que é produzido durante combustão incompleta de combustíveis fósseis é encontrado em aerossóis.

Esses aerossóis, como estão suspensos, possuem alta mobilidade intercontinental. Eles absorvem e refletem a luz solar de volta ao espaço, o que pode ter causado uma redução

de 4% de radiação que chegou à superfície nas décadas de 60 a 90, em nível mundial. (SEIBT, 2009)

2.4 Trilhas de condensação das aeronaves

As trilhas de condensação são formadas pelo vapor de água. O nível em que a aeronave está voando, a tropopausa, se encontra com temperatura de -50°C a -60°C . As aeronaves com uma temperatura de 300°C provocam o processo de sublimação, do estado líquido para o gasoso (SCHIMIDT, 1994).

As trilhas de condensação deixadas pelas aeronaves poderiam também estar afetando o clima? Com um aumento no tráfego aéreo, aumentou também a poluição na atmosfera, porém nenhuma medida foi tomada. Os aviões são responsáveis por 3% das emissões de dióxido de carbono (CO_2) e outros gases de efeito estufa, além de gases como oxidonitrico e o dióxido de nitrogênio, o que aumenta a camada de ozônio na troposfera.

Apesar dos estudos sobre as influências das trilhas nas mudanças climáticas não serem conclusivos, e de ainda haver incertezas sobre os efeitos dos gases sobre as mudanças climáticas, estima-se que o impacto da aviação seja duas a quatro vezes maior que a emissão de CO_2 sozinho (Natureza ecológica, 2011)

3 CICLO SOLAR

O Sol apresenta variações de maior e menor intensidade em sua atividade. Seus ciclos duram, normalmente, cerca de 11 anos. O momento em que as atividades solares atingem seu pico é conhecido como máxima solar. Depois essas atividades decrescem e o Sol passa por um período de calma. No século 17 uma grande calma, que durou 70 anos, resultou em uma “mini era do gelo” (REBOUÇAS, 2009).

Estudar a superfície solar é uma forma de poder controlar o seu ciclo. Satélites e observatórios coletam constantemente dados a partir do Sol. As manchas solares, causadas por intensa atividade magnética, por meio de sua frequência e quantidade, agem como indicadores de período máximo ou mínimo solar. Essas manchas representam poderosas tempestades solares que, na direção da Terra, poderiam bombardear seu campo magnético, interrompendo redes de energia ou até expulsando satélites em órbita ao redor do planeta.

Atualmente, o Sol está caminhando para o máximo solar em 2013, porém, nos últimos anos, um longo período de atividade moderada intriga os especialistas, que procuram desenvolver melhores modelos de previsão do ciclo solar. Resultados dos últimos estudos sobre manchas solares mostram que no próximo ciclo a atividade pode ser reduzida significativamente (ROMANZOTI, 2011).

3.1 Clareamento Global

Martin Wild, em Zurique, comandou um grupo de investigação pelo Programa de medição de dados e imagens de satélites que, na última década, a luminosidade do planeta aumentou em 4% (ZANATTA, 2006), ou seja, a refletividade da Terra, o seu albedo, está aumentando.

Portanto, mesmo se o Sol estivesse em um período de menor atividade, é possível afirmar que a diminuição da radiação que chega na superfície terrestre resulta de outro fenômeno. O que pode ser explicado, de acordo com Water Guido Lazzarini (2011), pelo aumento de partículas contaminantes na atmosfera, que formam nuvens mais brancas, que funcionam como grandes espelhos, refletindo a luz de volta ao espaço.

4 DESCOBERTA DO ESCURECIMENTO GLOBAL

O pesquisador japonês Atsumu Ohmura foi o primeiro a publicar um estudo, em 1989, onde cita a diminuição de 10% em 30 anos da radiação solar, porém foi ignorado pela comunidade científica (SCHEIDT, 2008).

Em Israel, há 40 anos, Gerry Stanhill mediu a irradiação solar durante um ano para ajudar a projetar um sistema de irrigação. Vinte anos depois, ao refazer a análise, ele se deparou com uma queda de 22% da luz solar (SEIBT, 2009).

Foi Stanhill quem primeiro chamou o fenômeno de “escurecimento global”. Juntamente com Shabtai Cohen, em 2001, Stanhill publicou sua pesquisa comparando dados de radiação. Os dados mostravam que a radiação que alcança a superfície terrestre diminuiu entre 0,23 e 0,32% a cada ano, entre 1958 e 1992, mas foi igualmente ignorado (ZANATTA, 2006).

Na mesma época, Beate Liepert, na Alemanha, registrou o mesmo ocorrendo nos Alpes da Bavária (SEIBT, 2009). Outros estudos paralelos indicaram decréscimos da radiação solar numa média de 2 a 3% a cada década, não apenas local, mas mundialmente, porém com variações (RUIZ, 2010). Entre as décadas de 50 e 90 os números referentes aos níveis de radiação observados foram de: -9% na Antártida, -10% nos Estados Unidos, -30% na Rússia e -16% em partes das Ilhas Britânicas (SEIBT, 2009).

4.1 Taxa de evaporação

Em uma das mais conceituadas revistas americanas, a Science, os cientistas Graham Farquhar e Michael Roderick, da Universidade Nacional da Austrália, publicaram um artigo onde relacionavam o escurecimento global com a taxa de evaporação (SCHEIDT, 2008).

Taxa de evaporação é simplesmente a quantidade de água necessária (em milímetros) para repor um recipiente aberto com água para que o mesmo retorne ao nível do dia anterior, ou seja, a quantidade de água que evapora de um dia para o outro (SEIBT, 2009).

Estudando estes simples dados, em diferentes lugares, como Europa, Estados Unidos e Rússia, descobriram que o valor da taxa vinha diminuindo cerca de 100 milímetros nas últimas 3 décadas, ao contrário do que se poderia pensar, já que a temperatura da Terra

está aumentando. Assim descobriu-se que o fator determinante para a evaporação não é o aumento da temperatura, e sim a presença fótons da luz solar que cedem às moléculas de água energia suficiente para que elas passem do estado líquido para o gasoso (RUIZ, 2010). Portanto, a conclusão a qual se chega é a de que, se a taxa de evaporação está caindo, é porque a quantidade de luz solar também está diminuindo (SEIBT, 2009).

4.2 Experimento nas Ilhas Maldivas

Ilhas maldivas são milhares de pequenas ilhas do oceano Índico onde o climatologista Vereradrán Ramanathan, começou a pesquisar o que estaria provocando o escurecimento global. Ramanatham notou um declínio na luz solar em algumas áreas no Oceano pacífico por volta dos anos 90. O cientista não sabia, naquele tempo, que se tratava de algo anormal em nível mundial, sua tarefa era descobrir o que estava acontecendo, mas de uma coisa estava certo: a diminuição dos raios solares que chegavam à superfície estava relacionada com as mudanças atmosféricas. Só havia uma condição evidente, a queima de combustíveis fósseis gera poluição que causa os gases invisíveis e visíveis.

Hamanathan pensou então que poderia ser essa poluição que estaria causando o escurecimento global. As ilhas maldivas eram um bom lugar para o pesquisador, pois pareciam estar livres da poluição, mas uma parte do ano uma parte a norte fica poluída devido a uma corrente de ar vinda da Índia, porém algumas ilhas do sul estavam limpas, por receberem correntes de ar da Antártica.

Comparando as do sul com as do norte, verificou que as do norte estavam refletindo 10% a mais do que as do sul que recebiam as correntes de ar limpo.

O projeto Indonex, monitorou por quatro anos as ilhas com todas as técnicas possíveis para catalogar e monitorar a atmosfera sobre as ilhas Maldivas, o resultado foi que a camada de poluentes tinha 3km de espessura, refletindo assim cerca de 10% dos raios solares dos oceanos. (Mundo nas sombras, 2006)

4.3 Diminuição das trilhas de condensação após o 11 de setembro

O dia posterior aos atentados de 11 de setembro de 2001 mostrava um tempo muito bom, de céu aberto e sem nuvens. O pesquisador David Traves, um climatologista da universidade de Winsonsin-Whitewater, há tempos questionava se os rastros de trilhas de condensação das aeronaves teriam alguma influência no clima, mas era impossível ter uma

precisão exata com o tráfego aéreo constante. Como consequência dos atentados todos os aviões dos Estados Unidos permaneceram em solo por 3 dias. O cientista, então, teve sua primeira oportunidade de constatar se de fato as trilhas influenciavam de alguma forma na variação de temperatura. David se surpreendeu com os resultados: em apenas três dias a temperatura média aumentou 1,8° C (Mundo nas sombras, 2006)

Um estudo conduzido pelo meteorologista da Universidade Texas A&M de College Station defende que as variações de temperatura em setembro de 2001 podem ser explicadas pelo tempo claro e seco nos dias cruciais, e que os resultados de uma modelagem climática não sustentam o argumento dos efeitos dos rastros defendido pelo grupo de Travis.

Travis, no entanto, enfatiza que nunca assumiu a premissa de que a ausência da trilha dos aviões tenha sido a única causa das largas variações de temperatura, e sim que foi a combinação da falta de aviões com as condições climáticas naturais (BARNETT, 2009).

4.4 Queimadas na Amazônia

Aqui no Brasil, uma pesquisa da Universidade de São Paulo (USP) foi a primeira a medir o impacto das queimadas na Bacia Amazônica. No período de agosto a outubro, estação de seca na região, registrou-se uma queda de 3°C na temperatura média.

Nas áreas que sofrem com as queimadas, a radiação total diminuiu cerca de 40%, e foi observado o declínio de 30 % nas precipitações (ARTAXO *apud* AMOS, 2011).

5 CONSEQUÊNCIAS DO ESCURECIMENTO GLOBAL

Além de interferir na quantidade de nuvens, o aumento de aerossóis também altera as propriedades ópticas das mesmas (SCHEIDT, 2008), transformando-as em ‘espelhos’, capazes de refletir muito mais a luz solar e diminuindo, assim, a quantidade de radiação solar que chega à superfície terrestre, o que resulta num efeito de esfriamento (ZANATTA, 2006). Os aerossóis possuem alta mobilidade intercontinental, já que estão suspensos na atmosfera (SEIBT, 2009). Desta forma, com a circulação da atmosfera dispersando essas partículas o efeito torna-se não local, mas global.

5.1 Fotossíntese

A diminuição da luz solar que chega na superfície da Terra afeta diretamente a fotossíntese de toda vegetação, considerando o escurecimento como um fenômeno global (ZANATTA, 2006).

Primeiramente, como a radiação fica difusa a fotossíntese aumenta, já que essa forma de irradiação é melhor para as plantas. Porém quando a radiação é bloqueada totalmente pela grande presença de aerossóis, a capacidade de fotossíntese da planta diminui consideravelmente (PEREIRA, 2007).

5.2 Monções

As monções são ventos alternantes que partem do continente para o mar no inverno e do mar para o continente no verão (FARIA, 2011).

Fernando Rebouças (2010) fez uma comparação entre a monção asiática e a do Oeste africano, que apresentam diferentes aspectos. Quando decorre pela Índia, a monção possui fluxo mais complexo, enquanto que na África ela é um fenômeno equilibrado de parte do oeste para o leste em larga escala.

No Hemisfério Norte, a terra aquece consideravelmente na Ásia Central durante o verão e origina um centro de baixas pressões que se contrapõe aos núcleos de altas pressões sobre os oceanos Índico e Pacífico, cuja temperatura da superfície é relativamente menor, originando uma circulação típica, com ventos soprando do oceano para o continente.

No inverno, a circulação se inverte, pois a superfície do oceano se mantém mais aquecida que a do continente. Os ventos, então, passam a soprar do continente para o mar.

A monção africana também pode ser chamada de monção do Golfo da Guiné. Ela surge devido ao sobreaquecimento das planícies centrais da África. O clima na África Ocidental apresenta variabilidade temporal, e sua monção é considerada um efeito de uma circulação térmica gerada entre o contraste de fatores meridionais de energia estática e seca.

O escurecimento, além de seu efeito local, bloqueando a irradiação direta do sol, pode estar causando grandes mudanças climáticas (LAZZARINI, 2011). Segundo Leon D. Rotstayn e Ulrike Lohmann (2002 apud RUIZ, 2010) a falta de monções na África subsaariana nas décadas de 70 e 80 e também a seca do Sahel que levou grande fome para a região podem ser consequência do escurecimento: A contaminação no hemisfério norte poderia estar causando um esfriamento no oceano Atlântico, impedindo, assim, a evaporação suficiente para levar a chuva a essas regiões.

A baixa incidência de chuva na monção africana também se faz presente no nordeste do continente. A região afetada pela monção africana não recebe previsões absolutas, e o sistema de socorro às populações locais é muito lento. Há ainda regiões com baixa produção de alimentos, forçando-as a depender de importações.

Na região do Sahel, na África, a seca persiste desde a década de 1990, enquanto que na Índia, durante todo o século XX, nunca houve dois anos consecutivos de seca (REBOUÇAS, 2010).

5.3 Relação com o aquecimento global

A principal consequência do escurecimento global, no entanto, seria que seu efeito de esfriamento tem levado os pesquisadores a subestimar os efeitos do aquecimento global. A vulnerabilidade da Terra diante do efeito estufa pode ser bem maior do que o imaginado (SEIBT, 2009).

Apesar da causa desses fenômenos ser praticamente a mesma (combustíveis fósseis) eles possuem efeito contrário. Enquanto um aquece, o outro esfria, e, assim, estariam aparentemente em equilíbrio (RUIZ, 2010). Porém, a temperatura global em 100 anos aumentou 0,6°C, o que significa que o aquecimento global é ‘mais forte’ que o escurecimento (SEIBT, 2009). Na era do gelo, por exemplo, com um aumento similar na quantidade de CO₂, a temperatura se elevaria não 0,6 °C, como o observado, mas sim 6°C. Por isso, anteriormente, cientistas acreditavam que o clima atual do planeta estaria menos sensível à

presença do dióxido de carbono. Porém, sabendo que o efeito de esfriamento do escurecimento global pode ter neutralizado os gases do efeito estufa, percebe-se que o planeta é muito mais sensível aos gases do efeito estufa, do que se pensava (SCHEIDT, 2008).

Desta forma, se forem reduzidas as emissões de partículas que causam o escurecimento, as consequências do aquecimento seriam desastrosas. Na Europa, por exemplo, onde algumas medidas impostas conseguiram melhorar a qualidade do ar, os verões tiveram temperaturas altíssimas, especialmente no ano de 2003, que teve número recorde de mortalidade, devido ao calor, na França. Incêndios, secas e inundações foram outras consequências observadas principalmente na Península Ibérica (ZANATTA, Piero. 2006).

Para solucionar o problema, então, é preciso combater os dois fenômenos em conjunto, para que a ausência de um não intensifique os efeitos do outro.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente liberação de aerossóis na atmosfera, principalmente pela combustão incompleta de combustíveis fósseis, tem bloqueado e diminuído a irradiação solar que alcança a superfície terrestre. Este fenômeno denominado escurecimento global - ou clareamento global, já que a refletividade (albedo) da Terra está aumentando - tem como consequência um efeito de esfriamento.

O aquecimento global, ironicamente também causado em parte por combustíveis fósseis, por outro lado vem aumentando a temperatura mundial.

De certa forma o escurecimento tem ajudado a minimizar os efeitos do aquecimento, porém ele também tem suas consequências negativas, como sua interferência na fotossíntese das plantas e no ciclo da água, dificultando as chuvas em regiões mais secas e intensificando nas regiões mais úmidas - por ser necessária uma maior quantidade de gotículas de vapor d'água condensado ao redor das partículas suspensas na atmosfera para que essa precipite.

Para reverter os efeitos do escurecimento é necessário, ao mesmo tempo, combater o aquecimento; tendo em vista que tratando apenas um destes fenômenos, o outro se agravaria. Deve-se, então, olhar com mais atenção fontes de energia renováveis para poder deixar de lado a geração de energia pela queima de combustíveis fósseis.

REFERÊNCIAS

AMOS, Jonathan. Queimadas. **Amazonialegal**. Disponível em: <http://www.amazonialegal.com.br/textos/meio_ambiente/Queimadas%20.htm>. Acesso em: 16 de agosto de 2011

BARNETT, Anna. Traduzido por Amy Traduções. Estudo questiona se rastros de aviões podem afetar o clima. **Terra**. 19 de janeiro de 2009. Disponível em: <<http://noticias.terra.com.br/ciencia/interna/0,,OI3457816-EI238,00.html>> Acesso em: 10 de novembro de 2011

CARAVACA, Gerson. Gases vulcânicos. **Vulcanoticias**. 15 de Setembro de 2009. Disponível em: <<http://vulcanoticias.com.br/portal/vulcanologia/gases-vulcanicos>> Acesso em: 16 de agosto de 2011

CERQUEIRA, Wagner de. Combustíveis Fósseis. **Brasil Escola**. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/combustiveis-fosseis.htm>> Acesso em: 11 de novembro de 2011

DECICINO, Ronaldo. Nuvens. **UOL educação**. Disponível em: <<http://educacao.uol.com.br/geografia/Nuvens.jhtm>> Acesso em: 2 de outubro de 2011

FARIA, Caroline. Monções. **Infoescola**. 31 de outubro de 2011. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/geografia/moncoes-moncao/>> Acesso em: 12 de novembro de 2011

FREITAS, Saulo R.; LONGO, Karla M.; DIAS, M. A. F. Silva; DIAS, P. L. Silva. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. **SciELO Brasil**. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142005000100011&script=sci_arttext> Acesso em: 10 de novembro de 2011

LAZZARINI, Walter Guido. ¿Que es el oscurecimiento global? **Lareserva**. 6 de maio de 2011. Disponível em: <http://www.lareserva.com/home/oscurecimiento_global> Acesso em: 16 de agosto de 2011

MUNDO NAS SOMBRAS (Global Dimming). BBC production manager:Yolanda Aires. Editor Mike Curd. 2006 (45 min) Documentário.

Nuvens e raios cósmicos: a mudança climática que vem do céu. **Inovação Tecnológica**. 29 de agosto de 2011. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=raios-cosmicos-formacao-nuvens-temperatura-terra&id=010125110519>> Acesso em: 6 de setembro de 2011

PEREIRA, Murilo Alves. Impacto dos aerossóis sobre o clima ainda é pouco conhecido. **Inovação Tecnológica**. 07 de novembro de 2007. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010125071107>> Acesso em: 5 de setembro de 2011

Poluição das aeronaves. **Natureza ecológica**. Disponível em: <<http://naturezaecologica.com/poluicao-de-aeronaves/>> Acesso em: 12 de novembro de 2011

Raios cósmicos induzem formação de nuvens e influenciam temperatura na Terra. **Inovação Tecnológica**. 19 de maio 2011. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=raios-cosmicos-formacao-nuvens-temperatura-terra&id=010125110519>> Acesso em: 6 de setembro de 2011

REBOUÇAS, Fernando. Monções africanas. **Infoescola**. 16/03/2010. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/clima/moncao-africana/>> Acesso em: 13/10/2011

RUIZ, Jose Manuel. Oscurecimiento global. **Ventana de la Ciencia**. 10 de abril de 2010. Disponível em: <<http://josemanuelruiz.wordpress.com/category/ecologia/>> Acesso em 9 de setembro de 2011

SCHEIDT, Paula. Escurecimento Global. **CarbonoBrasil**. 11 de março de 2008. Disponível em: <<http://progressoverde.blogspot.com/2008/03/escurecimento-global.html>> Acesso em: 19 de agosto de 2011

SCHIMIDT, Roberto. **Você e a Meteorologia**: acertos, erros e dicas. 1.ed Porto Alegre: Sagra Luzatto, 1994

SEIBT, Taís Carolina. A auditoria ambiental face ao escurecimento global. **eco21**. 2009. Disponível em: <<http://www.eco21.com.br/textos/textos.asp?ID=1618>> Acesso em: 10 de agosto de 2011

TURTELLI, Armando. O que são raios cósmicos. **Comciencia**. 10 de maio de 2003. Disponível em:
<<http://www.comciencia.br/reportagens/cosmicos/cos08.shtml>> Acesso em: 4 de outubro de 2011

ZANATTA, Piero. Oscurecimiento global. **Natural**. 30 de maio de 2006. Disponível em:
<<http://www.revistanatural.com/articulo.asp?id=676>> Acesso em: 15 de agosto de 2011