INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

Autarquia associada à Universidade de São Paulo

**Monitoramento do Perfil Atmosférico na Região de Silos do Porto de Santos
pela Técnica Lidar**

Thais Corrêa

Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Mestre em Ciências na área de
Tecnologia Nuclear-Materiais

Orientador:
Prof. Dr. Eduardo Landulfo

**SÃO PAULO
2018**

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

Autarquia associada à Universidade de São Paulo

**Monitoramento do Perfil Atmosférico na Região de Silos do Porto de Santos
pela Técnica Lidar**

Thais Corrêa

Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Mestre em Ciências na área de
Tecnologia Nuclear-Materiais

Orientador:
Prof. Dr. Eduardo Landulfo

Versão Corrigida

**SÃO PAULO
2018**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho,
para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte

Como citar:

CORREA, T. ***Monitoramento do Perfil Atmosférico na Região de Silos do Port
de Santos pela Técnica LIDAR***. 2018. 85 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear),
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, São Paulo.
Disponível em: <www.teses.usp.br> (data de consulta no formato: dd/mm/aaaa)

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de geração automática da Biblioteca IPEN/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Correa, Thais

Monitoramento do Perfil Atmosférico na Região de Silos do
Porto de Santos pela Técnica LIDAR / Thais Correa; orientador
Eduardo Landulfo. -- São Paulo, 2018.
85 p.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em
Tecnologia Nuclear (Materiais) -- Instituto de Pesquisas
Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2018.

1. LIDAR. 2. Grãos . 3. Material Particulado. 4. Perfil
Atmosférico. I. Landulfo, Eduardo, orient. II. Título.

Dedico esse trabalho aos meus filhos Yago e Igor que abriram mão de atenção e carinho para que eu pudesse concluir essa jornada. Dedico ao meu pai Carlos Eduardo que deu todo o suporte necessário para concluir essa etapa, a minha tia Neide que sempre esteve ao meu lado. E por último e não menos importante a minha mãe Maria de Fátima (in memoriam) que me ensinou que a melhor maneira de tornarmos o nosso mundo melhor é com estudo.

Thais Corrêa

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por possibilitar essa jornada, a minha família e a toda minha equipe de trabalho (grupo LEAL), pois sem eles não teria concluído essa pesquisa. Agradeço a CAPES e a Eletronuclear que possibilitaram a minha dedicação na pesquisa, disponibilizando um auxílio financeiro. A Associação de Amigos do Lar do Menor Assistido (ALMA) que cedeu o local para o posicionamento do equipamento. A SANTOS PILOTS (Praticagem de Santos) que deu suporte ao estudo fornecendo transporte e informações para que a pesquisa se desenvolvesse com maior confiabilidade.

Agradeço as minhas amigas que se tornaram minha família Maria Helena Gonçalves de Andrade Salani, Izabel da Silva Andrade, Elaine Cristiana Araújo Fernanda de Mendonça Macedo sendo parte fundamental no desenvolvimento dessa pesquisa.

*“Temos o destino que merecemos. O nosso destino está de acordo
com os nossos méritos”.*

Albert Einstein

RESUMO

Corrêa, Thais. Monitoramento do Perfil Atmosférico na Região de Silos do Porto de Santos pela Técnica LIDAR. 2018. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares-IPENCNEN/SP. São Paulo.

O manuseio de grãos durante as operações de carga e descarga geram materiais particulados que são liberados para a atmosfera interferindo na qualidade do ar da região. Essa pesquisa identificou a presença de material particulado proveniente de grãos na cidade de Santos utilizando dados disponibilizados pelos satélites da NASA, índices de qualidade do ar fornecidos pela CETESB e dados obtidos pela técnica LIDAR.

Palavras-chave: LIDAR, grãos, material particulado, perfil atmosférico.

ABSTRACT

Correa, Thais. Monitoring of the Atmospheric Profile in the Silos Region of the Port of Santos by the LIDAR Technique. 2018. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares-IPENCNEN/SP. São Paulo.

Grain handling during loading and unloading operations generates particulate materials that are released into the atmosphere by interfering with the air quality of the region. This research identified the presence of particulate matter from grain in the city of Santos using data provided by NASA satellites, air quality indexes provided by CETESB and data obtained by the LIDAR technique.

Keywords: LIDAR, grains, particulate material, atmospheric profile.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	11
OBJETIVO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 Funcionamento Sistema Lidar	15
2.1.2 Princípios físicos da técnica LIDAR.....	17
2.1.3 Interações entre a Luz e Partículas Atmosféricas.....	19
2.1.4 Sinal do LIDAR na Atmosfera	21
2.1.5 Equação de LIDAR.....	23
2.2 MODIS.....	24
2.2 Giovanni.....	27
2.4 Material Particulado	29
2.3 Município De Santos.....	31
2.4 Movimentação De Grãos No Porto De Santos	33
2.5 Composições Dos Grãos.....	35
2.6 Armazenagem E Transporte Dos Grãos.....	36
2.7 Monitoramento da Qualidade Do Ar	38
3 METODOLOGIA.....	43
3.2 Aquisição de Dados.....	44
3.2 Dados de Satélite.....	45
3.4 Cálculos De Emissões Fugitivas De Material Particulado.....	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	49
5 CONCLUSÃO.....	74
REFERÊNCIAS	75
APÊNDICE A.....	79

1 INTRODUÇÃO

As alterações climáticas e o controle da qualidade do ar passaram a ser uma preocupação em muitas partes do mundo. Durante a última década, os cientistas fizeram significativos avanços na compreensão das causas e os impactos causados pelas alterações ambientais. No entanto, muitos aspectos atmosféricos permanecem incertos e não totalmente compreendidos. (LAJ et al. 2009)

As emissões de poluentes a partir de fontes naturais e antropogênicas, combinados com uma mudança na temperatura atmosférica, podem elevar as emissões de aerossóis na atmosfera e gerar aerossóis orgânicos secundários, com consequências importantes ao clima, à saúde humana, podendo levar a impactos imensuráveis ao ciclo hidrológico e ecossistemas e consequentemente a evolução econômica da região. (MONKS et al. 2009)

A atmosfera pode apresentar Materiais Particulados, que são formados por partículas sólidas ou líquidas, cuja suspensão constitui um aerossol. As partículas finas (10^{-2} a $5\ \mu\text{m}$) são muito leves, permanecendo em suspensão por muito tempo e percorrendo longas distâncias, as mais pesadas sedimentam rapidamente. (MOUVIER, 1995).

A exposição prolongada à poluição do ar tem uma forte associação com câncer de pulmão e doenças cardíacas, especialmente quando esta poluição é apresentada na forma de material particulado e substância gasosa (FAJERSZTAJN et al., 2013).

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (sigla em francês para *Organisation de coopération et de développement économiques*, (OCED) estima que em 2050 a exposição à poluição do ar será uns dos problemas ambientais principais em relação a mortalidade prematura global.

A Cidade de Santos abriga o maior porto da América Latina, sendo o responsável pela exportação de uma grande parcela da produção de grãos do Brasil. O país vem a alguns anos batendo recorde de produção de grãos, tornando-se um líder mundial da agroindústria, aumentando assim a presença desse insumo na região. (CODESP, 2017).

A manipulação dos grãos durante os processos de carga e descarga no porto de Santos aumentam a concentração de material particulado na atmosfera da região de estudo.

A técnica LIDAR será utilizada para determinar a presença de material particulado na região do porto de Santos, essa técnica é bem eficiente, pois ele faz a leitura da concentração sem a necessidade de coletar amostras para serem analisadas em laboratório, de forma que podemos obter o comportamento das partículas e traçar seu perfil. (EICHINGER; KOVALEV, 2004).

O perfil atmosférico obtido com a técnica lidar será complementado com dados disponibilizados pela CETESB, órgão governamental responsável pelo monitoramento da qualidade do ar no estado de São Paulo, e dados fornecidos pelos satélites da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), ampliando as possibilidades de discussões sobre a presença de partículas potencialmente poluidoras na região.

OBJETIVO

Identificar a presença material particulado proveniente da estocagem e manipulação de grãos nos terminais da região portuária de Santos.

Analisar o perfil atmosférico da região realizando correlações entre os dados obtidos pela técnica LIDAR, valores de qualidade do ar oferecidos pelas estações de monitoramento da CETESB e os dados disponibilizados pelo sistema de satélites da NASA.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A técnica LIDAR ainda não foi utilizada para analisar o perfil óptico de material particulado proveniente da manipulação de grãos.

O LIDAR é uma técnica de sensoriamento remoto embasada na emissão de um feixe de radiação eletromagnética com o objetivo de obter medidas a distância através da captação do sinal espalhado que retorna em direção ao sistema. A técnica é a mesma utilizada pelo radar, porém com a utilização de diferentes comprimentos de onda. Enquanto o radar opera com comprimentos de onda na faixa sonora, o lidar utiliza radiação luminosa. Nos sistemas modernos, a luz polarizada ou laser é a utilizada (COSTA, 2011).

O comprimento de onda a ser utilizado é definido pelas medidas que se deseja obter e pode variar dentro de toda a faixa espectral eletromagnética.

Essa técnica é utilizada para inúmeras finalidades científicas, como medidas de profundidade oceânicas, aplicações militares, na engenharia, no mapeamento de florestas e na biologia. (EICHINGER; KOVALEV, 2004).

Os LIDARS atuais são monostáticos, têm o transmissor e o receptor na mesma localização, esses LIDARS podem ainda ser subdivididos em coaxiais e biaxiais. Nos coaxiais, a fonte de laser e o campo de visão do receptor estão dispostos no mesmo eixo. Nos biaxiais, eles estão dispostos em eixos paralelos e adjacentes como o apresentado na figura 1.

Figura 1-Diferença entre tipos de LIDARs monostático e biestático.

Fonte: Weitkamp, 2005

O sistema LIDAR possui uma alta resolução vertical e temporal e sua principal característica é não interferir diretamente no objeto de estudo. Além disso,

apresenta alta sensibilidade detectando moléculas em uma concentração de até 0,1 ppb, em altitudes de 0 a 30 km. Como a camada que foi observada nesse estudo em geral varia de 50 metros até 1,5 km de altitude, a sensibilidade do equipamento adotado foi suficiente.

Observamos ao longo do tempo em que são efetuadas as medidas, uma previsão do comportamento das partículas em relação à dispersão. Conjuntamente com dados de satélites e de programas específicos, pode-se ainda estudar a trajetória das plumas. Esse procedimento ajuda compreender porque aerossóis originados no continente africano atingem o continente americano (BAARS et al, 2011).

2.1 Funcionamento Sistema Lidar

A técnica LIDAR consiste na emissão de uma fonte laser que pode ser enviada de uma base terrestre móvel ou fixa ou ainda de plataformas não terrestres tais como aeronaves, helicópteros ou satélites.

A radiação emitida interage com os componentes presentes na atmosfera, essa técnica está classificada como sensoriamento remoto ativo, diferente dos meios passivos que interage com a radiação natural na atmosfera proveniente da energia Solar.

As interações entre a radiação eletromagnética e a atmosfera são divididas em três métodos extinção, emissão e espalhamento (STEPHENS, 1994).

A extinção é a quantidade de radiação atenuada ou perdida no feixe, essa perda é transmitida para um sensor (detector), podendo determinar os constituintes atmosféricos presentes no caminho entre a fonte e o sensor.

No método de emissão, é a fonte que emite radiação que é medida para obter informação da estrutura atmosférica e outras propriedades correlatas.

O espalhamento ocorre quando a energia emitida pela fonte do LIDAR interage com as partículas presentes na atmosfera que estão no caminho do feixe, e as mesmas irradiam a energia em um ângulo que será captado em seu caminho de volta pelo telescópio acoplado no equipamento. Isto ocorre porque a partícula e o meio possuem índices de refração diferentes.

A energia que interagiu com as partículas podem gerar vários fenômenos, como absorção, transmissão, refração, fluorescência, mas apenas a energia retroespalhada é relevante no caso do LIDAR, pois é ela que será captada e amplificada produzindo dados. (MEASURES, 1984).

A energia retroespalhada é coletada em um sistema de detecção e transmitida para um fotodetector, produzindo um sinal elétrico proporcional à intensidade óptica recebida.

Como a velocidade da luz é conhecida, a distância dos constituintes atmosféricos responsáveis pelo espalhamento produz o sinal LIDAR pode ser determinada através do intervalo de tempo desde a transmissão do feixe e a sua detecção.

A magnitude do sinal recebido é determinada pelas propriedades de retroespalhamento da atmosfera nas sucessivas distâncias e também pela extinção atmosférica. (EICHINGER; KOVALEV, 2004).

O sinal elétrico do fotodetector contém informações sobre a presença e distância dos espalhadores e absorvedores atmosféricos. Estes sinais podem ser apresentados e armazenados através de um dispositivo registrador, permitindo uma visualização da intensidade do sinal em função da distância.

A evolução quantitativa do sinal LIDAR apresenta uma certa complexidade, entretanto deve ser observado que tanto na representação qualitativa quanto na evolução quantitativa, o fator limitante para o sinal detectável é o nível de ruído em virtude de várias fontes de radiação adicionais, tais como ruído térmico de circuitos elétricos, ruído do fotodetector e, provavelmente o mais importante, o ruído causado pela energia óptica, normalmente de origem solar, presente como luz de fundo.

Em virtude do alto grau de monocromaticidade do laser, fontes adicionais de luz podem ser excluídas com o uso de filtros de bandas estreitas centrados na frequência do laser ou com o uso de sistemas mais sofisticados tais como monocromadores e grades de difração (SOUZA, 2004). Podemos observar como funciona o sistema LIDAR na figura 2.

Figura 2: Descrição do funcionamento do sistema LIDAR

Fonte: Adaptado de Souza, 2004.

2.1.2 Princípios físicos da técnica LIDAR

A radiação eletromagnética interage com os aerossóis e gases presentes na atmosfera através de diversos processos, dentre alguns estão o Espalhamento Rayleigh, o Espalhamento Mie, o Espalhamento Raman, a Fluorescência, a Absorção, produzindo diversos tipos de sinais LIDAR para o estudo da atmosfera.

Na literatura há uma vasta descrição dos princípios físicos envolvidos e técnicas experimentais de cada um desses processos.

Espalhamento Rayleigh – a radiação do laser é espalhada elasticamente por átomos e moléculas, não ocorrendo alteração na frequência da radiação incidente;

Espalhamento Mie – a radiação do laser é espalhada elasticamente por pequenas partículas (de tamanho comparável ao comprimento de onda da radiação) e também não há alteração na frequência da radiação incidente;

Espalhamento Raman – a radiação é espalhada inelasticamente por moléculas, ou seja, há uma mudança na frequência da radiação incidente;

Espalhamento Ressonante – a radiação espalhada é proveniente da absorção e reemissão da radiação por átomos devido a uma transição eletrônica, onde não há mudança na frequência da radiação incidente;

Fluorescência - a radiação espalhada é proveniente da absorção da radiação por átomos ocorrendo uma transição eletrônica e re-emitida numa frequência menor daquela que foi incidida;

Absorção – a radiação é absorvida devido às bandas de absorção de determinadas moléculas ou átomos;

Absorção e Espalhamento Diferencial – duas fontes de radiação de diferentes frequências são emitidas, onde uma das fontes possui frequência próxima de uma determinada banda de transição molecular enquanto que a outra fonte possui uma frequência diferente da banda de transição molecular; (COSTA, 2011).

A secção de choque para espalhamento Mie pode ser tão grande que os sinais gerados em outros processos seriam completamente mascarados, o que por outro lado implica na mensuração de concentrações muito baixas de aerossóis e material particulado.

Em termos práticos, vemos que as secções de choque chegam a valores tão baixos que refinamentos nas técnicas de medida se tornam extremamente sofisticados, principalmente no que se refere à relação sinal-ruído, chegando a um limitante. (EICHINGER; KOVALEV, 2004).

Outro aspecto importante se refere à resposta espectral, isto é, transmissão-absorção molecular da atmosfera, que revela que o vapor de água e dióxido de carbono são os principais absorvedores de radiação em uma atmosfera sem poluição.

Entre 300 nm e 1 μm há pouca absorção, e as condições de céu limpo favorecem a predominância de espalhamento Rayleigh-Mie, enquanto que nas regiões de maior comprimento de onda há maior competição com os processos Raman e de absorção de moléculas e átomos.

Assim, as características de transmissão na atmosfera da parte correspondente à região visível do espectro (400 a 700 nm) é determinada principalmente pelo espalhamento por particulados e moléculas gasosas, e a atenuação óptica aumenta gradativamente com o aumento de névoa, ou em função das condições de visibilidade.

2.1.3 Interações entre a Luz e Partículas Atmosféricas

Quando a luz entra em contato com a atmosfera ela é refletida, espalhada, refratada ou difratada pelas partículas atmosféricas, esses processos podem ocorrer individualmente ou em conjunto e são responsáveis pela maioria dos efeitos ópticos na atmosfera.

Figura 3: Interação da luz com a matéria.

Fonte: Seinfeld e Pandis, 1998

O espalhamento é definido como um processo no qual a partícula presente no caminho de propagação de uma onda eletromagnética, absorve energia dessa onda e irradia novamente para o meio. (MEASURES, 1984).

O espalhamento ocorre quando o índice de refração de uma partícula é diferente do índice de refração do meio. O espalhamento pode ser elástico (Rayleigh) e inelástico (Raman).

O espalhamento elástico ocorre quando o comprimento de onda que é reirradiado pela partícula for igual ao comprimento de onda incidente nela, logo a energia do fóton espalhado é igual à do fóton incidente (MEASURES, 1984).

O inelástico ocorre quando o comprimento de onda reirradiado é diferente do comprimento de onda incidente causando uma diferença entre a energia do fóton espalhado e a energia do fóton incidente (MEASURES, 1984).

As partículas que são responsáveis pelo espalhamento na atmosfera variam de tamanho, composição e estado físico, assim variando também o comportamento óptico do meio que compõem. O espalhamento e a absorção de luz também são influenciados pelo comprimento de onda incidente (SEINFELD E PANDIS, 1998).

Além do processo de espalhamento, as partículas também podem absorver a energia de um feixe de luz que se propaga por um meio. A atenuação da energia do feixe é conhecida como extinção. (SEINFELD E PANDIS, 1998).

O coeficiente de extinção (α) é a medida de atenuação do feixe de radiação ao atravessar um meio, sua unidade no SI é m^{-1} . A atenuação ocorre devido a processos de espalhamento ou absorção devido à presença de aerossóis e gases que compõem a atmosfera. (SEINFELD E PANDIS, 1998).

Expoente de Angstrom de um aerossol é calculado a partir de valores obtidos de coeficiente de extinção das partículas que os constituem em função do comprimento de onda (equação 1).

$$\dot{a} = - \frac{\log\left(\frac{b_{ext1}}{b_{ext2}}\right)}{\log\left(\frac{\gamma_1}{\gamma_2}\right)} \quad (1)$$

De acordo com a literatura quando o valor de expoente de Angstrom apresenta valor elevado pode ser indicativo da interação do comprimento de onda com partícula de diâmetros pequenos como o demonstrado na figura 4. (SEINFELD E PANDIS, 1998)

Figura 4: Expoente de Angstrom relacionado com o tamanho de partícula.

Fonte: (Seinfeld e Pandis, 1998)

2.1.4 Sinal do LIDAR na Atmosfera

A atmosfera determina o sinal LIDAR através de dois fatores: o coeficiente de retroespalhamento elástico β e o coeficiente de extinção (ou atenuação) α . A energia do laser atenuada pela atmosfera é expressa pelo coeficiente de extinção, sendo o resultado dos fenômenos de absorção molecular, espalhamento molecular, absorção por partículas e espalhamento por partículas.

O LIDAR detecta o retroespalhamento elástico, ou seja, o espalhamento na direção contrária àquela de propagação do feixe do laser.

As medidas do LIDAR podem fornecer informações de ambos os parâmetros atmosféricos, retroespalhamento elástico e extinção, desde que estes dois efeitos possam ser de alguma forma relacionados.

Quando um feixe de luz atravessa a atmosfera ele sofre extinção devido ao espalhamento e a absorção. A redução na intensidade da luz incidente sobre o caminho percorrido dz pode ser expressa como:

$$dI = -\alpha_{ext} I dz \quad (2)$$

onde α_{ext} é o coeficiente de extinção, em unidades de m^{-1} , dado por:

$$\alpha_{ext} = \sigma_{ext} N \quad (3)$$

N é o número total de concentração das partículas (partículas. m^{-3});

σ_{ext} : seção de choque de extinção (m^2)

Integrando a Equação 1 temos:

$$\frac{I}{I_0} = \exp(-\alpha_{ext} z) \quad (4)$$

O produto $\alpha_{ext} \cdot z$ é chamado de espessura óptica e denotado por τ e a equação acima é chamada de Lei de Lambert-Beer. A espessura óptica indica a quantidade de material absorvedor e espalhador opticamente ativo encontrado no caminho percorrido pelo feixe de radiação, sendo adimensional. A Equação 5 pode ser escrita como:

$$I = I_0 \exp(-\tau) \quad (5)$$

Equação 5 mostra que um feixe de radiação ao atravessar um meio sofrerá atenuação exponencial. (SEINFELD, 1997).

A Espessura Óptica de Aerossóis, definida a partir deste momento como AOD, na região visível do espectro para aerossóis troposféricos pode assumir valores menores que 0,05 em atmosferas limpas até valores próximos de 1 para

atmosferas próximas de intensa emissão de material particulado. (MEASURES, 1984).

A lei de Lambert-Beer pode ser utilizada para cálculo da transmissão atmosférica. Ela apresenta uma relação entre vários parâmetros, sendo estes a radiação incidente, a radiação atenuada e a AOD, a qual pode ser decomposta em espalhamento e absorção por componentes. Desse modo, o coeficiente de extinção pode ser escrito como uma soma de quatro termos:

$$\alpha = \alpha_m^{abs} + \alpha_m^{esp} + \alpha_p^{abs} + \alpha_p^{esps} \quad (6)$$

Onde cada uma das incógnitas representa consecutivamente, coeficiente de extinção devido à absorção por moléculas; coeficiente de extinção devido à absorção por partículas, coeficiente de extinção devido ao espalhamento por moléculas, coeficiente de extinção devido ao espalhamento por partículas. (KLETT, 1985)

2.1.5 Equação de LIDAR

A atmosfera determina o sinal de LIDAR elasticamente espalhado por meio de dois fatores: o coeficiente de retroespalhamento β e o coeficiente de atenuação (ou extinção) α .

Em geral, as medidas com LIDAR fornecem informações a respeito das características de retroespalhamento e atenuação, desde que os dois processos possam ser separados.

A relação entre β e α será melhor explorada mais adiante, por enquanto é importante mencionar que a partir dos valores desses parâmetros, juntamente com os do LIDAR em uso, pode-se caracterizar a composição de aerossóis na atmosfera, lembrando que a equação de LIDAR em função do alcance máximo R poder ser escrita da seguinte forma:

$$P_r(R) = P_0 \left(\frac{c\tau}{2} \right) \beta(R) A_r R^{-2} \exp \left[-2 \int_0^R \alpha(r) dr \right] \quad (7)$$

Onde P_r é a potência recebida num instante t , P_o é a potência transmitida no instante t_o , c é a velocidade da luz, τ é a duração do pulso, R é a distância, A_r é a área efetiva do receptor. Uma observação deve ser feita sobre a equação acima que não prevê situações de espalhamento múltiplo.

Como pode-se perceber, a equação LIDAR apresenta dois parâmetros desconhecidos: $\beta(\lambda, R)$ e $\alpha(\lambda, R)$. Assim, é necessário estabelecer uma relação entre esses parâmetros a fim de tornar a equação solucionável. Desse modo, algumas considerações devem ser feitas: admite-se uma relação simples entre $\beta(\lambda, R)$ e $\alpha(\lambda, R)$, que é chamada de razão de LIDAR (RL) ou extinção- retroespalhamento.

Essa razão depende de vários parâmetros físico-químicos inerentes aos tipos de aerossóis a serem inspecionados, tais como, índice de refração dos aerossóis, distribuição dos tamanhos e formatos dos aerossóis. Além disso, há uma forte dependência da RL com o perfil de temperatura e umidade na atmosfera que pode causar variações nos parâmetros ópticos dos aerossóis (Klett, 1985), e também na presença de turbulência no volume atmosférico amostral (Measures, 1984).

2.2 MODIS

A necessidade de realizar estudos sobre as alterações climáticas de forma globalizada e integrada foram desenvolvidos novos instrumentos para a coleta de dados, como exemplo o sensor MODIS (NASA, 2002).

O comitê espacial Norte Americano – (NASA) opera um programa de pesquisas de observação da superfície terrestre, oceanos e atmosfera, e suas interações, incluídas nas medições do “*Earth Observing System*” (EOS), financiado pelo programa da NASA “*Earth Science Enterprises*” (ESE). Tem como principal objetivo determinar como as mudanças terrestres e suas consequências.

Os produtos oferecidos referentes à Terra permitem um monitoramento de longa duração da superfície, necessários para determinar as alterações globais (JUSTICE et al., 2002).

Dentro do projeto EOS, estão previstos os lançamentos de diversos satélites, o primeiro foi o satélite TERRA, foi lançado em dezembro de 1999, começando a coletar dados em fevereiro de 2000. O segundo satélite lançado foi o AQUA, em maio de 2002. (JUSTICE et al., 2002) . Atualmente a NASA opera 11 satélites na órbita terrestre como o apresentado na figura 5.

Figura 5: Satélites na órbita terrestre que monitoram as alterações globais.

Fonte: Using NASA's Giovanni Web Portal to Access and Visualize Satellite-Based Earth Science Data in the Classroom 2008.

Estas plataformas espaciais juntas ajudarão os cientistas a desvendar os processos climáticos e de mudanças ambientais, podendo dar um parâmetro de seus impactos.

A principal ferramenta desses satélites é o instrumento MODIS que apresenta diversas características entre elas, ampla cobertura espacial e espectral;

continuidade nas tomadas de medidas, em regiões espectrais mais finas que as disponíveis em outros sistemas sensores até o momento, vindo complementar estas informações.

O MODIS é um dos cinco instrumentos do satélite TERRA, formalmente conhecido como EOS-AM.

O sensor MODIS foi projetado para fornecer dados em de três campos de estudos: atmosfera, oceano e terra, com bandas de resolução espectral e espacial selecionadas para estes objetivos e uma cobertura global quase diária (a cada 1-2 dias) (JUSTICE et al., 2002a).

As 36 bandas espectrais estão localizadas em comprimentos de onda, que visam observar as propriedades das nuvens; a dinâmica e as propriedades da vegetação na cobertura terrestre; e a temperatura da superfície dos oceanos no mundo e foram projetadas para evitar as bandas de absorção atmosféricas, (SALOMONSON E BARKER, 1992).

Os dados MODIS são enviados para estações terrestres em *White Sands*, Novo México, através de um sistema denominado *Tracking and Data Relay Satellite System* (TDRSS). Os dados são enviados para os sistemas de operações (EDOS) no *Goddard Space Flight Center*.

Neste centro começam os processamentos dos dados que são divididos em cinco níveis (0 a 4), que irão variar em função do grau de processamento realizado. Vale ressaltar que, após o processamento do nível zero pelo sistema operacional, o centro de arquivos denominado *Goddard Space Flight Center Earth Sciences Distributed Active Archive Center* (GES DAAC) irá produzir os níveis 1A e 1B e os produtos de geolocalização.

Os produtos de níveis mais elevados são, inicialmente, produzidos pelo Sistema de Processamento Adaptativo do sensor MODIS (*MODIS Adaptive Processing System* - MODAPS), e então distribuídos entre três outros centros (JUSTICE et al., 2002).

O *EOS Data Information System* (EOSDIS) é o responsável para o suporte computacional de todas as atividades de pesquisa do EOS, incluindo o processamento, a distribuição e arquivamento dos seus dados, além do intercâmbio de informações e resultados entre as comunidades científicas (JUSTICE et al., 2002).

Um dos objetivos do EOS é identificar e suspeitar de dados de baixa qualidade, antes que estes sejam disponibilizados para o público. Essa técnica garante a qualidade dos dados fornecidos pelo MODIS (MODLAND).

A validação primária dos produtos do MODLAND se baseia na avaliação de seus produtos de nível 2 a 4. Para isso, é utilizada uma variedade de métodos, que incluem:

- Comparações com dados coletados em campo sobre um conjunto definido de testes de validação;
- Comparações com dados e produtos de outros sensores;
- Análise de tendências nos dados;
- Análise dos resultados dos modelos de processos dirigidos para os produtos

O objetivo dos produtos gerados por estes sistemas (MODIS) se baseia na quantificação e detecção das mudanças da cobertura terrestre, e nos processos naturais e antropomórficos, auxiliando assim, nos diversos modelos regionais e globais existentes (STRAHLER et al., 1999).

2.2 Giovanni

Um fator limitante na exploração total de informações sobre a ciências da Terra disponíveis é o tempo necessário para baixar os dados, entender os formatos, estruturas de dados, informações de qualidade e os algoritmos empregados.

O *Goddard Earth Sciences Data*, Centro de Serviços de Informação (GES DISC) no National Aeronáutica e Administração Espacial (NASA) desenvolveram a Navegação online de Goddard Online e infraestrutura de análise. (BERRICK et al, 2009).

Giovanni emprega algoritmos cientificamente válidos para fornecer parâmetros de dados, os usuários geram visualizações de um único ou multiparâmetros. Mais de 1200 medições, modelos e parâmetros de dados são obtidos por sensoriamento remoto da atmosfera e superfície terrestre (figura 6).

O site Giovanni condensa todos os dados gerados pelos instrumentos acoplados nos satélites, facilitando o acesso ao público alvo.

Figura 6: Descrição do Giovanni quanto à disponibilização dos dados e suas aplicações.

Fonte: Using NASA's Giovanni Web Portal to Access and Visualize Satellite-Based Earth Science Data in the Classroom 2008.

Devido ao fato de não ter que trabalhar com múltiplos conjuntos de dados com estruturas variadas, resoluções, formatos e indicadores de qualidade, os usuários conseguem obter resultados perspicazes muito rapidamente.

Giovanni também suporta interoperabilidade múltipla de protocolos e formatos de dados que permitem o acesso aos dados de muitos provedores. Essas características distintas do Giovanni possibilitam pesquisadores obterem análises e comparações com dados de alta qualidade confiabilidade. (BERRICK et al, 2009).

Giovanni evoluiu a partir dos sucessos anteriores, versões que enfatizaram uma interface simples, imagem rápida e processamento cientificamente válido que corretamente contabilizaram os algoritmos empregados.

Com base na Interface de *Gateway Comum* (CGI) *Scripts Perl*, modelos de linguagem *HyperText Markup* e *Grid Sistemas* de análise e exibição (GrADS), no início as versões de Giovanni foram amplamente utilizadas por diferentes comunidades, e as implantações no GES DISC rapidamente proliferaram. Embora

bem sucedido, a arquitetura era baseada em tecnologia antiga (BERRICK et al, 2009).

Atualmente o Giovanni apresenta-se na versão 4 oferecendo boa extensibilidade, particularmente no que se refere aos requisitos científicos, custos mais baixos para mantê-lo, proporciona rapidamente aos usuários visualizações cientificamente válidas com base em padrões razoáveis e oferece opções avançadas para refinamentos.

Giovanni reúne muitos fluxos de dado como os processados pelo CloudSat dados do Instituto Cooperativo de Pesquisa no Atmosfera (CIRA), MODIS , *Aura Ozone Monitoring Instrument*, (OMI) dados do *Science Investigator-Led Processing System* (NASA / GSFC) , *Cloud-Aerosol Lidar e Infrared Pathfinder* (CALIPSO). (LEPTOUKH, 2007).

2.4 Material Particulado

São partículas sólidas ou líquidas cuja suspensão constitui um aerossol (HOBBS, 2006; MOUVIER, 1995). As partículas têm origem a partir de uma grande variedade de fontes naturais e antropogênicas. As naturais são poeiras de vento, spray marinho, e erupções vulcânicas e as antropogênicas compreendem a queima incompleta de combustíveis fósseis (SEINFELD E PANDIS, 1998).

As partículas geradas diretamente de sua fonte são consideradas primárias e as formadas na atmosfera por processos de conversão formam o aerossol secundário (SEINFELD E PANDIS, 1998; MONKS, 2009).

O tamanho das partículas variam de alguns nanômetros (nm) a dezenas de micrometros (μm) em diâmetro. As partículas menores $2,5 \mu\text{m}$ de diâmetro, são consideradas da moda fina e se subdividem em partículas de moda de acumulação com diâmetro entre $0,08 \mu\text{m}$ e $1 \mu\text{m}$ a $2 \mu\text{m}$, e partículas com diâmetro entre $0,01 \mu\text{m}$ e $0,08 \mu\text{m}$ chamadas de partículas da moda de núcleo de Aitken (SEINFELD E PANDIS, 1998).

A distinção entre o tamanho das partículas é fundamental em relação aos efeitos físicos, químicos, e de estimativa de tempo de vida (SEINFELD E PANDIS, 1998).

Na atmosfera, o material particulado possui uma variedade de efeitos sobre o meio ambiente, devido às partículas sofrerem transformações e interações físicas e químicas como mudança de tamanho, estrutura e composição (coagulação, reestruturação, transições de fase, absorção de gás e reações químicas).

As partículas com diâmetro menores que $1\mu\text{m}$ geralmente tem concentrações atmosféricas em torno de 10 a vários milhares por cm^3 , as que excedem $1\mu\text{m}$ de diâmetro são encontradas em concentrações inferiores a 1cm^3 (SEINFELD E PANDIS, 1998).

O tempo que um material particulado permanece na atmosfera depende de aspectos físicos, químicos e dinâmicos da atmosfera, das propriedades das partículas, da absorção e espalhamento da radiação solar, podendo variar de horas a semanas (MONKS, 2009; SEINFELD E PANDIS, 1998).

As partículas com diâmetro menores que $0,01\mu\text{m}$, tem geralmente tempo de residência maiores ou iguais há um dia, e os principais mecanismos de remoção dessas partículas são a difusão para partículas de nuvens e coagulação (HOBBS, 2006). As partículas da moda fina são muito leves permanecendo em suspensão por longo tempo, podendo percorrer longas distâncias, sendo que as mais pesadas (moda grossa) sedimentam mais rapidamente (MOUVIER, 1995).

O material particulado pode ser transportado pelos fluxos de ar que encontram durante o tempo de residência na atmosfera, podendo ser em escalas intercontinentais e até mesmo globais (HOBBS, 2006).

Uma vez transportadas pelo ar, as partículas podem sofrer alteração de tamanho e composição por condensação de espécies de vapor ou por evaporação, coagulando com outras partículas, por reação química ou por ativação na presença de excesso de saturação de água para se tornarem partículas de nevoa e nuvem (SEINFELD E PANDIS, 1998).

O transporte a longas distâncias por correntes de ar favorece a interferência na química e na física da atmosfera, não somente em escala local, mas também em escalas regionais (BARBOSA, 2016).

Em média as partículas são removidas da atmosfera aproximadamente à mesma taxa que entram (HOBBS, 2006). A remoção da atmosfera pode ocorrer a partir de dois mecanismos, deposição na superfície terrestre (deposição seca) e incorporação em gotas de nuvem durante a formação de precipitação (deposição

úmida), que atinge a superfície terrestre e outras partículas também são eliminadas e removidas da atmosfera (MONKS, 2009; SEINFELD E PANDIS, 1998).

A deposição úmida é o principal processo das partículas da moda de acumulação e a deposição seca, é altamente relevante em relação a escala local de qualidade do ar e efeitos à saúde (MONKS, 2009).

Em geral, os componentes químicos predominantes do material particulado são sulfatos, nitratos, amônia, sal marinho, metais de solo (alumínio, cálcio, ferro), metais pesados (chumbo, cobre, zinco entre outros), compostos orgânicos, elementos cristais e água (MONKS, 2009; SEINFELD E PANDIS, 1998).

Os sulfatos formados pela conversão de vapor do ácido sulfúrico devido à oxidação atmosférica do SO_2 e seus precursores para sulfato, são os principais componentes das partículas inorgânicas. Outro componente é o nitrato, formado pela conversão de vapor de ácido nítrico, devido à oxidação na atmosfera do N_2 para nitrato (MONKS, 2009).

As partículas podem absorver ou espalhar radiação solar, podendo atuar como núcleo de condensação de nuvens (CCN) e como núcleo de gelo (IN) o que pode afetar a microfísica das nuvens e do ciclo hidrológico (HOBBS, 2006).

2.3 Município De Santos

A cidade de Santos está localizada no litoral do estado de São Paulo, é um município portuário, com a maior participação econômica da região, abriga o maior porto da América Latina o principal responsável pela dinâmica econômica da cidade ao lado do turismo, da pesca e do comércio, citado como a 5ª não capital mais importante para a economia brasileira. (IBGE 2014)

Segundo o IBGE em 2012, a cidade de Santos foi considerada a 14ª mais rica do país, com produto interno bruto (per capita) de R\$ 89.198,17 reais. A maior cidade do litoral paulista apresenta estimativa populacional de 433 565 habitantes.

Santos é uma das cidades mais antigas do país e de grande valor histórico por acompanhar o crescimento e a evolução do Brasil em seus primeiros anos de colônia até os dias atuais, surgindo como um município de valor cosmopolita, portuário, ecológico e cultural. (IBGE 2014)

Em 1892 o porto foi inaugurado com as formas semelhantes das atuais, a partir disso o porto não parou de crescer, passando por todos os ciclos de crescimento econômico do país, aparecimento e desaparecimento de diversos tipos de carga, até chegar ao período atual com o amplo uso dos contêineres.

Os produtos que circulam pelo porto são bem variados como açúcar, café, laranja, algodão, carvão, trigo, sucos cítricos, soja, veículos, grãos líquidos diversos, fertilizantes.

Em 2013, o porto de Santos superou a marca dos 114 milhões de toneladas movimentadas, antecipando em um ano a projeção para 2014 que era de 112,6 milhões de toneladas demonstrando assim o avanço econômico nacional e consequentemente da região (CODESP 2015).

O grande incentivo que o governo brasileiro emprega na indústria do agronegócio tem uma enorme representatividade nesse alto fluxo de cargas. O complexo portuário de Santos é responsável pela movimentação da balança comercial nacional. (CODESP 2015).

O porto possui 66 berços de atracação distribuídos em 15 km de cais em suas duas margens.

O alto fluxo de cargas no porto de Santos pode acarretar em uma grande quantidade de material particulado na região. (CEZAR; MATOS; e CORREA, 2017).

A cidade de Santos está localizada no litoral do estado de São Paulo, (23°20'01"S 46°20'01" W) abrigando o Porto com a maior expressão nacional. O porto está localizado na Bacia Hidrográfica da Baixada Santista ele abrange o município de Santos, Guarujá e Cubatão. A principal característica do porto é seu canal extenso que chega também a cidade de Cubatão atendendo algumas multinacionais que estão instaladas na região. Podemos observar as características do porto na figura 7.

Figura 7: Estuário de Santos

Fonte: Google earth pro V 7.1.8.3036. (January 26, 2017). Santos, Brazil. 23°50'57.71"S, 46°23'19.80"W, Altitude do ponto de visão 6.24 km. Digital Globe 2016. <http://www.earth.google.com> [January 17, 2017].

2.4 Movimentação De Grãos No Porto De Santos

O Brasil é um dos principais líderes mundiais na produção e exportação de vários produtos agropecuários. É o primeiro produtor e exportador de café, açúcar, etanol e suco de laranja. Além disso, lidera o ranking das vendas do complexo de soja (grão, farelo e óleo), e o terceiro maior produtor mundial de milho, totalizando 53,2 milhões de toneladas na safra 2009/2010.

O cultivo do grão visa atender o consumo na mesa dos brasileiros, mas com baixa representatividade na produção brasileira. O principal destino da safra são as indústrias de rações para animais.

No início de 2010, um em quatro produtos do agronegócio em circulação no mundo eram brasileiros. A projeção do Ministério da Agricultura é que, até 2030 um terço dos produtos comercializados seja de origem brasileira, em função da crescente demanda dos países asiáticos.

No Brasil, nem 20% dos grãos que são produzidos são armazenados nas propriedades rurais. Comparando o índice nacional com o de outros grandes produtores, o país enfrenta uma imensa dificuldade, pois os produtores acabam perdendo a autonomia na hora da venda, comercializando seus produtos em períodos de safra, onde o preço normalmente é menor do que o de entressafra.

Além disso, acabam sofrendo com o transporte dos grãos, pois as unidades de recebimento podem ser longe da propriedade e isso causa um problema logístico (FERNANDES; ROSALEM, 2014).

A movimentação de grãos no porto bateu recorde pelo terceiro ano consecutivo. A presença de material particulado na região do porto é um problema constante.

Especula-se que o material particulado suspenso na atmosfera, é decorrente das operações de carga e descarga e armazenagem de farelo de trigo, soja, milho como podemos observar na figura 8 (CEZAR; MATOS; e CORREA, 2017).

Figura 8: Terminal portuário com falha na esteira de transporte de grãos.

Terminal portuário com falha na esteira de transporte de grãos durante o carregamento de navios
acidentes dessa natureza não ocorrem com muita frequência.
Fonte: A Tribuna, 2017.

O principal destino das safras são as exportações. No início de 2010, um em quatro produtos do agronegócio em circulação no mundo eram brasileiros.

A projeção do Ministério da Agricultura é que, até 2030, um terço dos produtos comercializados seja de origem brasileira, em função da crescente demanda dos países asiáticos. (CALLADO;SOARES,2014).

2.5 Composições Dos Grãos

O Brasil é um dos principais produtores de soja do mundo e essa produção é quase toda exportada para países orientais, passando pelo porto de Santos. (CODESP,2017)

O período de colheita da soja inicia em janeiro e vai até o mês de junho, devido à dificuldade dos produtores em estocar a produção, praticamente ela é colhida, transportada e embarcada para a exportação. (FIESP,2018)

A composição do grão de soja depende de diversos fatores, tipo de cultivo, localização da plantação, condições do ambiente e época do ano de plantio. O grão é formado basicamente por 8% de casca, 90% de cotilédones e 2% de hipocótilo. A composição química do grão seco é 60% de óleo e proteínas, (geralmente 20% de óleo e 40% de proteínas), os carboidratos 35% e 5% de fibras (POYSA; WOODROW; YU, 2006).

O grão de soja contém uma grande quantidade de lipídios (18-20%), sendo 15% de ácidos graxos saturados e 85% de ácidos graxos insaturados; entre os insaturados destacam-se os ácidos linoleico e linolênico. A soja contém 5% de minerais, com abundância de magnésio, fósforo, cálcio, enxofre, cloretos e sódio, cujos teores estão na faixa de 0,2% a 2%. Os micronutrientes (teores de 0,01 a 140 ppm), incluem o ferro, zinco, silício, cobre, manganês, molibdênio, flúor, cromo, selênio, cobalto, cádmio, chumbo, arsênio, mercúrio e iodo (LIU, 2015).

O milho é o cereal mais plantado e consumido no mundo e, dentro desse cenário o Brasil tem uma grande representatividade devido à disponibilidade de grandes áreas para o plantio, atualmente o país é o terceiro maior produtor do mundo, tendo uma grande representatividade na exportação. (FIESP,2018).

Os grãos do milho são amarelos ou brancos, podendo apresentar colorações variadas que podem ser desde o preto até o vermelho. O peso de cada grão varia entre 250 a 300mg e sua composição média em base seca é 72% de amido, 9,5% proteínas, 9% fibra e 4% de óleo. Conhecido botanicamente como uma cariopse, o grão de milho é formado por quatro principais estruturas físicas: endosperma, gérmen, pericarpo (casca) e ponta, onde essas estruturas se diferem em composição química e também na organização dentro do grão. (WEBWER,1983).

O endosperma compõe aproximadamente 83% do peso seco do grão, consistindo principalmente de amido (88%), organizado na forma de grânulos. O endosperma apresenta as proteínas de reserva (8%) do tipo prolaminas, chamadas zeínas. Essas proteínas formam os corpos protéicos que compõem a matriz que envolve os grânulos de amido dentro das células no endosperma. (WEBWER,1983).

O gérmen representa 11% do grão de milho e concentra quase a totalidade dos lipídeos (óleo e vitamina E) e dos minerais do grão, além de conter quantidades importantes de proteínas e açúcares. (YOUNG ; PELLETT ,1994).

O pericarpo representa, em média, 5% do grão, sendo responsável pela proteção das outras estruturas do grão da elevada umidade do ambiente, insetos e microrganismos. As camadas de células que compõem essa fração são constituídas de polissacarídeos do tipo hemicelulose e celulose, embora também contenha lignina.(YOUNG ; PELLETT ,1994).

A ponta é a menor estrutura, 2% do grão, e é responsável pela conexão do grão ao sabugo, sendo a única área do grão não coberta pelo pericarpo. Sua composição é essencialmente de material lignocelulósico. (YOUNG ; PELLETT ,1994).

2.6 Armazenagem E Transporte Dos Grãos

Na armazenagem a granel, em muitos casos, os grãos são estocados soltos em estruturas como silos, armazéns graneleiros de material metálico ou de concreto, conforme ilustrado na figura 9.

Figura 9: Imagem de um silo de estocagem Porto de Santos.

Fonte: Jornal Estadão (2016).

Os grãos são geralmente armazenados a céu aberto, em galpões que possuem abertura para permitir o ingresso de maquinários que fazem o transporte dos grãos. Isso gera grande poluição ambiental proveniente da ação dos ventos e chuvas, que pulverizam o material particulado presentes nesses locais, poluindo não só o ar como o solo e a água (BONFIM, 2014).

A presença de material particulado em excesso na atmosfera pode desencadear diversos problemas de saúde, não só aos trabalhadores portuários como também aos residentes nas proximidades do porto.

Os grãos sólidos são embarcados por gravidade pelos *shiploaders* (carregadores mecânicos), e então lançados nos porões dos navios, ou quando são descarregados, ocorre a operação inversa com a utilização dos *ship-unloaders*, os quais vencem a gravidade através de sistemas pneumáticos de sucção, ou por meios mecânicos. (YAMAGATA E DOMATO, 2001).

Entre 2002 e 2016, foram registradas 781 queixas da população, por conta da emissão de partículas. No final de janeiro de 2016, em poucos dias, três terminais foram autuados por operarem com níveis elevados de poeira em seus embarques (A TRIBUNA, 2016).

2.7 Monitoramento da Qualidade Do Ar

O controle da poluição atmosférica na cidade de Santos é realizado pela CETESB. Os padrões da qualidade do ar a serem seguidos no Estado de São Paulo seguem as indicações da Organização Mundial da Saúde, pois as que são estipuladas pela resolução CONAMA nº003/1990 possuem índices mais elevados de aceitação de poluentes na atmosfera. (SANTANA et al., 2012).

O monitoramento do ar foi introduzido no estado de São Paulo pela CETESB em 1972. Esse monitoramento foi estimulado pela necessidade de controlar os poluentes atmosféricos emitidos pelas indústrias. Os padrões da qualidade do ar foram instituídos em 1981, os valores foram estabelecidos pelo IBAMA embasados nas resoluções CONAMA que segue as recomendações da OMS (CETESB,2010)

As evoluções dos conhecimentos técnicos e científicos fizeram com que a OMS (Organização Mundial da Saúde) revisasse suas referências atualizando os valores adotados para padrões de qualidade do ar além de inserir novos parâmetros, sempre visando a saúde da população.

Em 2008 o estado de São Paulo iniciou o processo de revisão dos padrões de qualidade do ar norteando-se pelos padrões atualizados da OMS, estimulando uma redução gradativa e progressiva da poluição atmosférica. (SANTANA et al., 2012).

O monitoramento da qualidade do ar na cidade de Santos iniciou-se na década de 80, primeiramente com relação à poluição atmosférica decorrente de fumaça e dióxido de enxofre, e posteriormente com relação à presença de material particulado, sendo que desde 2011 realiza-se o monitoramento de forma contínua em dois pontos da cidade.

As duas estações automáticas possuem objetivos distintos, a estação do centro de Santos localizada no bairro do Boqueirão (figura 10), visa avaliar o ar da região central da cidade que predomina as atividades urbanas e as concentrações dos poluentes atmosféricos às quais a população nessa parte da cidade está exposta.

A estação Santos-Ponta da Praia (figura10) tem como objetivo avaliar os impactos das emissões de poluentes provenientes das atividades do porto nessa parte da cidade. (CETESB,2017).

Figura 10: Localização das estações de monitoramento da qualidade do ar na cidade de Santos

Fonte: Google earth pro V 7.1.8.3036. (January 26, 2017). Santos, Brazil. 23°50'57.71"S, 46°23'19.80"W, Altitude do ponto de visão 6.24 km. Digital Globe 2016. <http://www.earth.google.com> [January 17, 2017].

A região da cidade de Santos admite a presença de poluentes atmosféricos que se encaixam nos limites da coluna intermediária 1 (MI1) tabela 1, onde são apresentados valores de referência aplicados pela CETESB.

Tabela 1 - Índices da Qualidade do ar CETESB

Poluentes	Tempo de Amostragem	MI 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	MI 2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MI 3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PF
MP₁₀	24 Horas	120	100	75	50
	MAA1	40	35	30	20
MP_{2,5}	24 Horas	60	50	37	25
	MAA1	20	17	15	10
SO₂	24 Horas	60	40	30	20
	MAA1	40	30	20	—
NO₂	24 Horas	260	240	220	200
	MAA1	60	50	45	40
O₃	8 Horas	140	130	120	100
CO	8 Horas	—	—	—	9ppm
Fumaça	24 Horas	120	100	75	50
	MAA1	40	35	30	20
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 Horas	—	—	—	240
	MAA1	—	—	—	80
Chumbo	MAA1	—	—	—	0,5

Tabela com padrões de emissão de poluentes atmosféricos aplicados pela CETESB no Estado de São Paulo. Apresentando MAA1 que são médias anuais, médias diárias determinadas pela amostragem de 24 horas e PF são os padrões finais a serem alcançados.

Fonte: Adaptado de CETESB (2017)

A Organização Mundial Da Saúde (OMS) visa minimizar os impactos causados pela poluição atmosférica na população exposta, ela estabelece guidelines (valores de referência) para serem adotados pelos países, esses valores são apresentados na tabela 2. (CETESB,2017).

A CETESB adota os valores de referência da OMS em seus padrões finais (PF) quanto aos parâmetros de materiais particulados.

Tabela 2- Índices estipulados pela OMS para MP₁₀ e MP_{2,5}.

Fase	MP ₁₀ (μm^{-3})	MP _{2,5} (μm^{-3})	Fundamentação Para o nível indicado
IT-1	70	35	Associado com o risco de 15% maior de mortalidade em relação ao AQG
IT-2	50	25	Redução de cerca de 6% do risco de mortes prematuras em relação ao nível anterior
IT-3	30	15	Redução de cerca de 6% do risco de mortalidade em relação ao nível 2.
AQG	20	10	Os mais baixos níveis para os quais a mortalidade decai em resposta ao longo prazo de exposição ao MP _{2,5} .

Tabela apresenta valores a ser seguida para minimizar os impactos a população expostas. ITs são índices intermediários a serem implantados visando atingir o padrão final (AQG) médias anuais. Fonte: Adaptado de Padrões de Qualidade do Ar. Experiência comparada Brasil, EUA e União Europeia (2012).

Em algumas situações o estado de São Paulo permite valores acima praticados nas metas intermediárias, gerando uma flexibilidade de valores de emissão de para adequação das cidades de acordo com suas atividades. (CETESB,2017).

A OMS enfatiza que suas recomendações apesar de ter aplicações globais, orientam que cada país deve estabelecer seus próprios padrões de

qualidade do ar em função de suas características, os governos, ao determinar políticas, devem considerar suas próprias circunstâncias ao invés de empregar diretamente os guidelines como padrões. Variações podem decorrer em função do nível de desenvolvimento do país, dos riscos existentes à saúde, da viabilidade tecnológica, de considerações econômicas e de outros fatores sociais e políticos (WHO, 2005).

A classificação da qualidade do ar aplicada pela CETESB obedece aos valores aplicados na tabela 3.

Tabela 3 – Índices de qualidade do ar

Qualidade	MP₁₀ µg/m³ 24 h	MP_{2,5} µg/m³ 24 h	O₃ µg/m³ 8h	CO Ppm 8h	NO₂ µg/m³ 1 h	SO₂ µg/m³ 24 h
Boa	0-50	0-25	0-100	0-9	0-200	0-20
Moderada	>50-100	>25-50	>100-130	>9-11	>200-240	>20-40
Ruim	>100-150	>50-75	>130-160	>11-13	>240-320	>40-365
Muito Ruim	>150-250	>75-125	>160-200	>13-15	320-1130	>365-800
Péssima	>250	>125	>200	>15	>1130	>800

Tabela apresenta valores de poluentes atmosféricos que serão utilizados para aplicar índices de qualidade do ar

Fonte: Adaptado CETESB (2017).

Podemos observar que a classificação da qualidade do ar segue o valor de referência da OMS do índice intermediário 2 (IT2).

3 METODOLOGIA

Essa pesquisa foi dividida em três etapas, na primeira foi realizada uma varredura na atmosfera da região portuária da cidade de Santos utilizando equipamento LIDAR portátil e articulado biaxial desenvolvido pela Raymetrics *Lidar Systems*.

O sistema de transmissão desse LIDAR trabalha com um laser pulsado comercial Nd:YAG da *Quantel S.A.*, modelo CFR 200, operando nos comprimentos de onda de 1064, 532 e 355 nm, sendo que a energia do pulso é de 120 mJ com uma taxa de repetição do laser de 20 Hz e a largura do pulso é de 20 ns, dando ao sistema uma resolução espacial de 3,75 m. O pulso laser emitido que sai do sistema de transmissão possui uma divergência de menos de 0,5 mrad.

O sistema de recepção é composto de um telescópio cassegraniano com 200 mm de diâmetro, de razão focal igual a 4,5 e com um campo de visão de 2 mrad. Essa configuração oferece um overlap completo entre o campo de visão do sistema e o feixe do laser numa altura de aproximadamente 180 m.

O sistema de detecção utiliza um fotodiodo para o canal de detecção 1064 nm e duas fotomultiplicadoras comerciais (*Hamamatsu R7400U*), uma para o canal de detecção 532 nm e outra para o 355 nm. Os três canais foram acoplados a filtros de interferência de banda estreita com uma FWHM de 0,1 nm e operam no modo photon counting (contador de fótons) e analógico.

O modo analógico (AN) é geralmente utilizado para distâncias menores (até 2000 m) e o modo photoncounting para distâncias maiores (UEHARA, 2009). O sinal que chega às fotomultiplicadoras e no fotodiodo é alocado em um registrador transiente chamado Licel e armazenado em um computador. Esse registrador está conectado em rede ao computador e a aquisição do sinal é interfaceada por um software que utiliza a linguagem de programação gráfica *LabVIEW*.

O software *LabView* pertence à National Instruments e seu acrônimo vem de *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*. Antes da coleta foi realizada uma única medida de corrente escura para avaliar o comportamento eletrônico do sistema de detecção, correção do sinal, do ruído de fundo, com vinte aquisições, utilizando o ângulo 205° em direção a Sudoeste.

3.1 LabVIEW

Os dados obtidos na varredura foram posteriormente analisados com o uso da ferramenta *LabVIEW*, um programa criado para utilização de engenheiros e cientistas que converte os dados obtidos no sistema binário.

Essa conversão é feita tanto para o modo analógico (AN) como para o modo photocounting (PC). Os dados convertidos são arquivados em pastas específicas identificadas pela data que foram gerados. Cada arquivo salvo corresponde a uma medida que é a média das medidas do número de shots escolhidos.

Ao copiar estes arquivos para o ambiente do *LabVIEW*, obtemos o gráfico, visualizando a altura (eixo y) e intensidade do sinal (eixo z) ao longo do tempo (eixo x), em que os dados foram colhidos. Assim, é visualizada a correspondente gráfica à camada de aerossóis detectada pelo sistema lidar.

3.2 Aquisição de Dados

Foi realizado no dia 16 de maio de 2017, três aquisições de dados em três horários diferentes (11hrs, 14hrs e 16hrs), utilizando o sistema de varredura que consiste em posicionar o equipamento e ir deslocando de um e um grau com duração de 30 segundos em cada ângulo.

O equipamento foi posicionado dentro da Associação de Amigos do Lar do Menor Assistido (ALMA) que gentilmente cedeu o espaço, localizada na margem esquerda do porto de Santos na Avenida Castelo Branco, 731, Vicente de Carvalho, Guarujá-SP. ($23^{\circ}56'00.71''$ S $46^{\circ}18'17.46''$ O), podendo ser observada na figura 11.

Na data da aquisição dos dados ocorreu uma chuva que teve uma duração de alguns minutos que não interferiu de forma contundente, mas pode ter diminuído a presença de material particulado na atmosfera.

Figura 11- Local do posicionamento do equipamento LIDAR

Fonte: Google earth pro V 7.1.8.3036. (January 26, 2017). Santos, Brazil. 23°50'57.71"S, 46°23'19.80"W, Altitude do ponto de visão 6.24 km. Digital Globe 2016. <http://www.earth.google.com> [January 17, 2017].

Essa metodologia de varredura possibilita acompanhar o deslocamento do material particulado pela região, ofertando um panorama da presença desse poluente na atmosfera.

3.2 Dados de Satélite

O Giovanni GES-DISC (Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center) Interactive Online Visualization and Analysis Infrastructure é um site de livre acesso disponível (<http://giovanni.gsfc.nasa.gov/>), disponibilizado pela NASA onde é possível obter inúmeros dados científicos que são produzidos pelas ferramentas a bordo de diversos satélites da NASA, que orbitam ao redor de todo o planeta.

Através da plataforma geramos vários gráficos que utilizam dados médios ou acumulados para áreas retangulares, séries temporais, seções

transversotemporais para latitude escolhida, assim possibilitando um comparativo com os dados obtidos pela técnica LIDAR. Ao final dessa dissertação encontra-se um memorial descritivo para obtenção de dados do Giovanni.

3.4 Cálculos De Emissões Fugitivas De Material Particulado

Operações com milho e soja geram material particulado durante o processo estocagem e carregamento (RODRIGUES, 2016).

Para determinar essas emissões fugitivas de material particulado provenientes de operações portuárias com grãos, foi utilizada uma metodologia indicada em estudos da EPA 2006 (*Emission Factor And Inventory Group-EFIG* da US EPA (AP-42, cap.13.2.4, p.3, 2006). O cálculo do fator de emissão (FE) do poluente foi aplicado a Equação 8:

$$FE = K \times 0,0016 \times 10^{-3} \times \left[\frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}} \right] \quad (8)$$

Onde:

FE (kg/t) = fator de emissão do poluente.

K (adm) = fator de tamanho da partícula.

U (m/s) = velocidade do vento.

M (%) = umidade do material.

De acordo com estudos da AP-42 fator de emissão (FE) é um valor representativo que tenta relacionar a quantidade de um poluente liberado para atmosfera com uma atividade associada à liberação desse poluente.

A estimativa da taxa de emissões (TT) por material fugitivo leva em consideração a quantidade de partículas geradas por quilograma de material

transferido, o volume de carga movimentada, velocidade do vento, umidade do material e fator de tamanho das partículas.

Considerando o volume de carga movimentada, velocidade do vento, umidade do material e tamanho das partículas, os dados obtidos foram aplicados na Equação 9.

$$TT = FE \times Q \times \frac{(100 - ER)}{100}$$

(9)

Onde:

TT (kg/h) = taxa de emissão do poluente devido às transferências.

FE (kg/t) = fator de emissão do poluente.

Q (t/h) = quantidade de carga movimentada.

ER (%) = eficiência do controle de emissão

Os dados para o cálculo da taxa de emissão de material particulado proveniente de fontes fugitivas estão demonstrados nas Tabelas 4 e 5 para cada tipo de material.

Tabela 4- Dados para cálculo da taxa de emissão de Material Particulado fugitivo da operação de grãos para o mês de maio.

Material	Q (t/h)	K (adm)	U (m/s)	FE (kg/t)	M (%)
Soja em grãos	3.925,1	0,74	4,7	$2,083 \cdot 10^{-4}$	14
Farelo de soja	586,95	0,74	4,7	$2,44 \cdot 10^{-4}$	12,5
Milho	0	0,74	4,7	0	13

Fonte: Próprio autor.

Tabela 5- Dados para cálculo da taxa de emissão de Material Particulado fugitivo da operação de grãos para o mês de agosto.

Material	Q (t/h)	K (adm)	U (m/s)	FE (kg/t)	M (%)
Soja em grãos	520,45	0,74	4,83	$2,15 \cdot 10^{-4}$	14
Farelo de soja	614,50	0,74	4,83	$2,52 \cdot 10^{-4}$	12,5
Milho	3.913,94	0,74	4,83	$2,39 \cdot 10^{-4}$	13

Fonte: Próprio autor

A quantidade de carga movimentada para soja, farelo de soja e milho no mês de maio e agosto de 2017 foi obtida através do site da CODESP (Companhia Docas do Estado de São Paulo, 2017), utilizando relatório Mensário estatístico de Santos disponível no site.

A eficiência do controle de emissão (ER), não possui informações de medidas de controle para o porto de Santos, sendo considerada nula.

O fator de tamanho da partícula (K), utilizou o indicado pela EPA (2006). A velocidade do vento para o mês de estudo foi obtida pela Praticagem Santos.

Os dados de umidade do material (M), foram extraídos do site da CISOja para umidade da soja, Indústrias de Óleos IMCOPA para o farelo de soja e EMBRAPA para o milho.

Para o cálculo da quantidade de carga movimentada em tonelada por hora, consideraram que o porto de Santos manteve as operações de carga e descarga durante os trinta e um dias do mês de maio e agosto de 2017 durante 24h por dia.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O crescente aumento da agroindústria nacional eleva o trânsito de grãos nos portos nacionais. O porto de Santos é um dos principais portos escolhidos para embarcar esse insumo para a exportação, principalmente a soja e o milho como está demonstrado na figura 12, seguidos pelos portos do Rio Grande do Sul e Paranaguá.

Figura 12: Representatividade do porto de Santos na exportação de milho e soja.

Fonte: CODESP, 2018.

Essa característica faz a com que a região apresente grandes volumes de grãos, sendo um dos principais produtos operacionalizados na região portuária (Figura 13).

Figura 13: Movimentação de grãos no porto de Santos

Fonte: CODESP, 2018

Diariamente tem navios realizando carregamento de grãos, pois quando finaliza o carregamento da safra de soja inicia de milho (Figura 14).

Figura 14: Comparativo do período de carregamento de soja e milho referente a 2017.

Fonte: CODESP, 2018

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) é a responsável por verificar e quantificar a presença de Material Particulado (MP) na cidade de Santos é o órgão responsável pela verificação do cumprimento das normas ambientais determinadas na legislação vigente, mantendo duas estações de monitoramento na cidade.

Os dados sobre a qualidade do ar é disponibilizado no site da instituição. Nos últimos anos (2015, 2016 e 2017) observamos um declínio nos valores detectados de material particulado nas estações de monitoramento. Figuras 15, 16 e 17.

Figura 15: Médias anuais para $MP_{2,5}$ ($\mu\text{g.m}^{-3}$).

Valores obtidos na estação de monitoramento Ponta da Praia, Santos-SP.
Fonte: QUALAR (CETESB 2017).

Figura 16: Médias anuais para MP_{10} ($\mu\text{g.m}^{-3}$).

Valores obtidos na estação Santos/Centro.
Fonte: QUALAR (CETESB 2017)

Figura 17: Médias anuais para MP_{10} ($\mu g.m^{-3}$).

Valores obtidos na estação de monitoramento Ponta da Praia, Santos-SP.
Fonte: QUALAR(CETESB 2017).

Comparando os valores do parâmetro MP_{10} apresentados nas figuras 16 e 17 observa-se que a presença de material particulado na estação Ponta da Praia é mais representativa que na estação do Centro /Santos. O $MP_{2,5}$ somente é analisado na estação Ponta da Praia, não proporcionando uma perspectiva desse poluente na região central da cidade.

O Material particulado de origem de grãos (milho e soja) apresentam diâmetros de partículas variáveis, mas se encaixam entre a faixa de 2,5 nm a 10 nm, apresentando classificação de materiais particulados inaláveis.

Segundo os cálculos realizados, utilizando a modelagem indicada pela EPA, onde os dados da tabela 4 são aplicados nas equações 8 e 9 possibilitam estimar valores de materiais particulados que escapam durante o processo de armazenamento e estocagem dos grãos que são apresentados na tabela 5.

Tabela 6- Resultados das emissões fugitivas emitidas no porto de Santos

Produto	Maio (kg/mês)	Agosto (kg/mês)
Soja em grãos	256,71	83,58
Farelo de Soja	44,98	115,66
Milho em grãos	0	697,33

No mês de coleta de dados pela técnica LIDAR o porto de Santos operacionalizava grãos de soja em maior quantidade, emitindo assim uma maior quantidade de material particulado se comparada com farelo de soja. O milho não foi avaliado no mês de maio, pois não ocorreram operações com esse tipo de grão como observamos na figura 14. No mês de agosto podemos observar a estimativa de emissão de material particulado emitido pelo grão de milho (tabela 6), nesse mês o porto movimentou em torno de três milhões de toneladas de grãos de milho, emitido para atmosfera quase 700 Kg de material particulado.

No mês de maio observamos que durante os dias 06/05/2017, 25/05/2017 e 26/05/2017 o índice da qualidade do ar foi classificado como moderado, valores apresentados nas tabelas 7 e 8 dados obtidos nos relatórios da CETESB de índice da qualidade do ar no mês de maio para a estação de monitoramento da Ponta da Praia.

Tabela 7- Índice da qualidade do ar para MP₁₀.

Data	Valor Diário($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nº de Amostra	Qualidade do Ar
01/05/2017	23	24	N1-BOA
02/05/2017	41	24	N1-BOA
03/05/2017	52	24	N1-BOA
04/05/2017	40	24	N1-BOA
05/05/2017	27	24	N1-BOA
06/05/2017	19	24	N2-MODERADA
07/05/2017	16	24	N1-BOA
08/05/2017	23	24	N1-BOA
09/05/2017	37	24	N1-BOA
10/05/2017	19	24	N1-BOA
11/05/2017	19	24	N1-BOA
12/05/2017	28	24	N1-BOA
13/05/2017	40	24	N1-BOA
14/05/2017	24	24	N1-BOA

Continuação			
Data	Valor Diário ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	Nº de Amostra	Qualidade do Ar
15/05/2017	26	24	N1-BOA
16/05/2017	35	24	N1-BOA
17/05/2017	27	24	N1-BOA
18/05/2017	19	24	N1-BOA
19/05/2017	17	24	N1-BOA
20/05/2017	26	24	N1-BOA
21/05/2017	40	24	N1-BOA
22/05/2017	13	24	N1-BOA
23/05/2017	21	24	N1-BOA
24/05/2017	31	24	N1-BOA
25/05/2017	46	24	N1-BOA
26/05/2017	61	24	N2-MODERADA
27/05/2017	41	24	N1-BOA
28/05/2017	15	24	N1-BOA
29/05/2017	32	24	N1-BOA
30/05/2017	20	24	N1-BOA
31/05/2017	19	24	N1-BOA

Dados referente ao mês de maio de 2017 na estação Ponta da Praia, Santos-SP.
Fonte: QUALAR CETESB)

Tabela 8- Índice da qualidade do ar para $\text{MP}_{2,5}$.

Data	Valor Diário($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nº de Amostra	Qualidade do Ar
01/05/2017	13	24	N1-BOA
02/05/2017	17	24	N1-BOA
03/05/2017	25	24	N1-BOA
04/05/2017	22	24	N1-BOA
05/05/2017	16	24	N1-BOA
06/05/2017	12	24	N1-BOA
07/05/2017	10	24	N1-BOA
08/05/2017	11	24	N1-BOA
09/05/2017	22	24	N1-BOA
10/05/2017	10	24	N1-BOA
11/05/2017	7	24	N1-BOA
12/05/2017	11	24	N1-BOA

Continuação Data	Valor Diário($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nº de Amostra	Qualidade do Ar
13/05/2017	19	24	N1-BOA
14/05/2017	13	24	N1-BOA
15/05/2017	13	24	N1-BOA
16/05/2017	15	24	N1-BOA
17/05/2017	13	24	N1-BOA
18/05/2017	7	24	N1-BOA
19/05/2017	10	24	N1-BOA
20/05/2017	11	24	N1-BOA
21/05/2017	16	24	N1-BOA
22/05/2017	7	24	N1-BOA
23/05/2017	8	24	N1-BOA
24/05/2017	15	24	N1-BOA
25/05/2017	27	24	N2-MODERADA
26/05/2017	30	24	N2-MODERADA
27/05/2017	23	24	N1-BOA
28/05/2017	8	24	N1-BOA
29/05/2017	19	24	N1-BOA
30/05/2017	13	24	N1-BOA
31/05/2017	9	24	N1-BOA

Dados referente ao mês de maio de 2017 na estação Ponta da Praia, Santos-SP.

Fonte: Adaptado de QUALAR (CETESB)

Observando o relatório de distribuição apresentados na tabela 7 e 8 observamos que apenas três vezes no mês de maio a qualidade do ar não foi declarada como boa, isso se deve ao fato da CETESB trabalhar com os valores de maior segurança para a saúde da população indicados pela OMS, como descrito na tabela 2.

Foi realizado um levantamento de dados obtidos através dos instrumentos acoplados nos satélites da NASA, disponibilizados pelo site público Giovanni, a escolha de variáveis nos permite estimar valores da presença de aerossóis na atmosfera da região de Santos nos proporcionando uma visão geral do comportamento das emissões de $\text{MP}_{2,5}$ e MP_{10} . Na Figura 18 demonstramos a região selecionada para aquisição de dados no site Giovanni.

Figura 18 - Área selecionada na região de Santos no site Giovanni.

Fonte: Google earth pro V 7.1.8.3036. (January 26, 2017). Santos, Brazil. 23°50'57.71"S, 46°23'19.80"W, Altitude do ponto de visão 6.24 km. Digital Globe 2016. <http://www.earth.google.com> [January 17, 2017].

A área selecionada abrange uma macro região que engloba as cidades de São Vicente, Cubatão e Guarujá, pois o sistema Giovanni tem dificuldade de calcular valores para áreas muito pequenas.

A primeira variável a ser analisada foi à umidade presente na região, segundo a EPA quando o grão é recém-processado as emissões de material particulado são mais volumosas, pois o material não apresenta uma compactação sendo carregado por qualquer movimentação de massa de ar.

A umidade do ar aumenta a agregação desse material assim diminuindo o transporte, a chuva também tem um papel importante, pois ela embebece o interior da pilha de grãos e assim a umidade permanece por mais tempo mantendo o material particulado compactado.

A Umidade do ar apresenta a mesma oscilação característica da região sudeste. O estado de São Paulo durante o período do inverno apresenta uma queda significativa da umidade, mas se correlacionarmos os gráficos da região de Santos com a região da cidade de São Paulo (figuras 19, 20 e 21) observa-se que a cidade de Santos apresenta umidade do ar superior a umidade da cidade de São Paulo.

Figura 19: Média de vapor de água total precipitável (2016).

Dados referentes à média de vapor de água total precipitável (2016) para a cidade de Santos.

Fonte: Giovanni MERA-2 MODEL M2IMNXINT v.5.12.4 Região 47.9221 W 23.6138 S, 46.03224 W, 22.4603 S.

Figura 20: Média de vapor de água total precipitável (2017)

Dados referente à média de vapor de água total precipitável 2017 na região de Santos.

Fonte: Giovanni MERA-2 MODEL M2IMNXINT v.5.12.4 Região 47.9221 W 23.6138 S, 46.03224 W, 22.4603 S.

Figura 21: Média de vapor de água total precipitável (2010/2017)

Dados referente a média de vapor de água total precipitável/2010 2017 na região de Santos.

Fonte: Giovanni MERA-2 MODEL M2IMNXINT v.5.12.4 Região 47.9221 W 23.6138 S, 46.03224 W, 22.4603 S.

No dia da aquisição de dados pela técnica LIDAR a umidade do ar apresenta valores padrões para o período, mas na data em questão ocorreu uma breve precipitação que pode ter causado a decantação de partículas presentes na atmosfera.

Podemos observar que na data a quantidade de água precipitável na região estava em torno de 30 kg.m⁻², mas no início e no final do dia observamos um declínio nos valores. (figura 22)

Figura 22: Média de vapor de água total (16/05/2017).

Dados referente a 16 de maio de 2017 no período da tomada de dados na região de Santos.

Fonte: Giovanni MERA-2 MODEL M2IMNXINT v.5.12.4 Região 47.9221 W 23.6138 S, 46.03224 W, 22.4603 S.

Foram obtidos valores de espalhamento de partícula para a atmosfera de Santos na região portuária da cidade utilizando a técnica LIDAR, essa aquisição de dados foi realizada em horários diferenciados como já foi descrito na metodologia.

O Horário que apresenta a maior relevância quanto à presença de material particulado na atmosfera, é à aquisição realizada às 14 horas. Os gráficos são apresentados sobrepostos à figura do Google Earth para dar uma melhor noção da região observada e leitura dos dados adquiridos.

O sinal retroespalhado (RCS) coletados as 14hrs indica a presença de material particulado principalmente na região próxima a superfície, podendo indicar uma ressuspensão ou proximidade das fontes de emissão.

Também detectamos possível presença de material particulado em volumes variados nas áreas superiores da atmosfera principalmente na região acima dos silos, podendo ser observado nas figuras 23 e 24.

Figura 23- Canal 355 apresentando valores de RCS adquiridos às 14 horas.

Fonte: Google earth pro V 7.1.8.3036. (January 26, 2017). Santos, Brazil. 23°50'57.71"S, 46°23'19.80"W, Altitude do ponto de visão 6.24 km. Digital Globe 2016. <http://www.earth.google.com> [January 17, 2017].

Figura 24- Canal 1064 apresentando de RCS. Aquisição 14hrs

Fonte: Google earth pro V 7.1.8.3036. (January 26, 2017). Santos, Brazil. 23°50'57.71"S, 46°23'19.80"W, Altitude do ponto de visão 6.24 km. Digital Globe 2016. <http://www.earth.google.com> [January 17, 2017].

Os dados disponibilizados pelo site Giovanni para os parâmetros de profundidade ótica (AOD) demonstram uma variabilidade ao longo do ano, com declínio de valores nos meses de abril a junho. (Figuras 25 e 26)

Figura 25- Valores de AOD nos anos de 2010/2012 na região da cidade de Santos obtidas no site Giovanni.

Fonte: Giovanni MODIS-Aqua MYD 08_M3 v6.region 46.406W, 24.074S, 46.288W, 23.794S

Figura 26- Valores de AOD nos anos de 2010/2011 na região da cidade de Santos obtidas no site Giovanni.

Fonte: Giovanni MODIS-Terra MOD 08_M3 v6.1mregion 46.406W, 24.074S, 46.288W, 23.794S

Os valores apresentados na figura 25 e 26 podem ser indicativos da presença de aerossol marinho em conjunto com aerossol de características urbanas. Essa correlação entre valores de Expoente de Angstrom e AOD possibilitando determinar o tipo de aerossol, é apresentada na figura 27. Os meses que demonstram essa característica de AOD urbana são os meses que possuem maior representatividade de carregamento de milho na região.

Figura 27- Valores de AOD correlacionados com EA estimando tipo de aerossol.

Fonte: *Aerosol climatology dependence of the Angstrom exponent on wavelength over four AERONET*. (2007)

O coeficiente de extinção (Alfa) apresentados nas figuras 28 e 29 indicam uma interação com material particulado em varias altitudes da atmosfera, no canal 1064 uma interação mais intensa nas camadas superiores da atmosfera, bem acima do canal do porto, indicando a presença de aerossóis na região.

Nessa região do porto é onde ficam os armazéns responsáveis pelo armazenamento e carregamento dos grãos nos navios graneleiros que levam o insumo até o destino final.

Figura 28- Canal 355 apresentando valores de Alfa. Aquisição de dados 14 horas

Fonte: Google earth pro V 7.1.8.3036. (January 26, 2017). Santos, Brazil. 23°50'57.71"S, 46°23'19.80"W, Altitude do ponto de visão 6.24 km. Digital Globe 2016. <http://www.earth.google.com> [January 17, 2017].

Figura 29- Canal 1064 apresentando valores de Alfa. Aquisição 14 Horas

Fonte: Google earth pro V 7.1.8.3036. (January 26, 2017). Santos, Brazil. 23°50'57.71"S, 46°23'19.80"W, Altitude do ponto de visão 6.24 km. Digital Globe 2016.
<http://www.earth.google.com> [January 17, 2017].

O carregamento de grãos que ocorrem nessa região é realizado com esteiras que conduzem os grãos até porões dos navios, essas operações provocam a suspensão de nuvens de materiais particulados como demonstrado. (Figura 30).

Figura 30 – Carregamento de Grãos no porto de Santos na região dos silos.

Fonte: Próprio autor

O expoente de Angstrom (AE) estima o tamanho de partículas presentes na atmosfera, essa variável indica valores para a correlação entre o coeficiente de extinção e o comprimento de onda, esse valor obtido é inversamente proporcional ao tamanho de partícula (EICHINGER; KOVALEV, 2004).

Valores para o AE foram gerados para a região portuária de Santos (figuras 31, 32 e 33).

Observamos que no canal 355 (figura 31) o AE indica uniformidade no tamanho de partículas em quase todas as camadas da atmosfera, mas na região dos silos nas camadas superiores da atmosfera, observamos a ocorrência de variabilidade de tamanhos das partículas.

Figura 31 - Canal 355 apresentando valores de AE aquisição realizada 14 horas.

Fonte: Google earth pro V 7.1.8.3036. (January 26, 2017). Santos, Brazil. 23°50'57.71"S, 46°23'19.80"W, Altitude do ponto de visão 6.24 km. Digital Globe 2016. <http://www.earth.google.com> [January 17, 2017].

Figura 32 - Canal 532 apresentando valores de AE aquisição realizada 14 horas.

Fonte: Google earth pro V 7.1.8.3036. (January 26, 2017). Santos, Brazil. 23°50'57.71"S, 46°23'19.80"W, Altitude do ponto de visão 6.24 km. Digital Globe 2016. <http://www.earth.google.com> [January 17, 2017].

O Canal 532 indica maior variabilidade no tamanho de partículas presente na região do porto. Esse comprimento de onda realiza interações com partículas de tamanhos semelhantes ao apresentado por MP_{10} e $MP_{2,5}$. (EICHINGER;KOVALEV,2004).

A região que apresenta uma maior interação da onda com partículas é novamente a região acima dos silos, consolidando os resultados indicados no canal 355. Com o aumento da altitude da atmosfera medida, observamos que as partículas diminuem seu tamanho nas camadas superiores podendo ser indicativo de alteração na sua composição da atmosfera.

O canal 1064 apresenta valores de AE inferiores aos canais apresentados anteriormente demonstrando, que a atmosfera apresentava partículas de diâmetros grandes (figura 34).

Analisando os gráficos 33, 35 e 36 gerados com dados obtidos no site Giovanni, observamos o comportamento do Expoente de Angstrom durante os anos de 2016 e 2017.

Figura 33- Valores de Expoente de Angstrom no ano de 2017 na região da cidade de Santos obtidas no site Giovanni.

Fonte: Giovanni MODIS-Aqua MYD 08_M3 v6.region 46.406W, 24.074S, 46.288W, 23.794S

Figura 34 - Canal 1064 apresentando valores de AE aquisição realizada 14 horas.

Fonte: Google earth pro V 7.1.8.3036. (January 26, 2017). Santos, Brazil. 23°50'57.71"S, 46°23'19.80"W, Altitude do ponto de visão 6.24 km. Digital Globe 2016. <http://www.earth.google.com> [January 17, 2017].

Figura 35: Valores de Expoente de Angstrom no ano de 2017/2018 na região da cidade de Santos obtidas no site Giovanni

Fonte: Giovanni MODIS-Terra MOD 08_M3 v6.1mregion 46.406W, 24.074S, 46.288W, 23.794S

Figura 36: Valores de Expoente de Angstrom no ano de 2017/2018 na região da cidade de Santos obtidas no site Giovanni

Fonte: Giovanni MODIS-Terra MOD 08_M3 v6.1mregion 46.406W, 24.074S, 46.288W, 23.794S

Observamos que os tamanhos de partículas presentes na atmosfera da região de Santos, demonstram características de partículas com diâmetros grandes,

pois apresenta AE entre 1.4 e 1.56 sem grande variabilidade ao longo do ano dando uma perspectiva que possam ter origem de um material particulado, pois segundo a literatura (EICHINGER;KOVALEV,2004), uma atmosfera que apresenta somente um espalhamento molecular deve apresentar um AE próximo ao 4, indicando ausência de partículas grandes.

Os valores de AE obtidos pela técnica LIDAR no dia 16/05/2017 estão superiores aos valores obtidos pela media anual (2016 / 2017) no site Giovanni na Região de Santos.

Se correlacionarmos os valores de AE obtidos no site Giovanni, o adquirido pela técnica LIDAR e a estimativa de OAD e AE (figura 27) que sinaliza características de aerossóis, podemos sugerir que na região da cidade de Santos predomina a existência de aerossóis marinhos e urbanos.

5 CONCLUSÃO

Os dados obtidos pela técnica LIDAR demonstraram a presença de material particulado na região de silos no porto de Santos.

A profundidade óptica (AOD) dos aerossóis da região sugere uma atmosfera marítima com atividades urbanas. Oscilações durante determinados períodos do ano com predominâncias de partículas marinhas durante os meses de maio, junho e julho e as demais meses partículas com características urbanas.

Observou-se que a atmosfera analisada pela técnica LIDAR apresenta uma maior variabilidade no tamanho de partículas, podendo ser um indicativo que a proximidade das fontes emissoras possa levar a uma melhor caracterização do tamanho da partícula presente no meio.

Utilizando os relatórios fornecidos pela CETESB observamos que a região de Santos apresenta uma atmosfera com concentrações elevadas de material particulado. Utilizando os padrões da organização Mundial da Saúde para MP_{10} e $MP_{2,5}$, os valores da região da ponta da praia apresenta-se fora dos níveis seguros para a população da região na maior parte do ano. Mas devemos ressaltar que após o ano de 2016 esses valores tiveram uma queda acentuada.

A modelagem indicada pela EPA para determinar a fuga de material particulado na operação de embarque e desembarque de grãos estima que no mês de maio mais de 301 kg de material particulado de origem da soja tenham sido introduzidos na atmosfera da região da portuária. Já no mês de agosto a emissão de partículas com origem de grãos foi de 896 kg onde a maior representatividade foi dos grãos de milho.

REFERÊNCIAS

A TRIBUNA. **Gerente da Cetesb explica como é feito o combate a emissão de poluentes no porto.** Disponível em: < <http://www.atribuna.com.br/noticias/noticias-detalle/porto&mar/gerente-da-cetesb-explica-a-fiscalizacao-contra-poluente-no-porto/?cHash=9095f348febdee70cfe08ba4ac7c2a01>>. Acesso em 04 setembro 2017.

BAARS, H.; ANSMANN, A.; ALTHAUSEN, D.; ENGERMANN, R.; HEESE, B.; MÜLLER, D.; ARTAXO, P.; PAIXAO, M.; PAULIQUEVIS, T.; SOUZA, R. **Aerosol profiling with lidar in the Amazon Basin during the wet and dry season.** Journal of Geophysical Research, v. 117, n. D21201, p. 1-16, 2012.

BERRICK, D.J.; LEPTOUKH, G.; FARLEY, D.J.; HUALAN, R. **Giovanni: A Web Service Workflow-Based Data Visualization and Analysis System.** Disponível em : <<https://ieeexplore.ieee.org/document/4689359/>> Acesso em: 03 dezembro 2017.

BONFIM, J.C. **A Atividade Portuária de Transporte e Armazenagem de Granel no Porto de Santos, a Poluição Atmosférica por Material Particulado e a Responsabilização pelo dano.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora da Universidade Católica de Santos (Unisantos) como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Direito – 2014. Disponível em: <<http://biblioteca.unisantos.br:8181/handle/tede/2382>>. Acesso em 30 julho 2017.

CALLADO, A.L.C.; SOARES, R.K. **Análise da utilização de indicadores de desempenho no contexto das agroindústrias.** disponível em: <<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero2v10/Artigo%2013%20Aldo.pdf>>. Acesso em :30 maio de 2017.

CETESB. **Qualidade do Ar.** Disponível em: < <http://ar.cetesb.sp.gov.br> >. Acesso em 20 junho 2017.

CETESB. **Cetesb interdita terminal de grãos no porto de Santos.** Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/2016/01/20/cetesb-interdita-terminal-de-graos-no-porto-de-santos>>. Acesso em 19 agosto 2017.

CEZAR, R.C.M.; MATOS, J.C.; CORREA, S.Q. **Poluição por Material Particulado decorrente da Movimentação de Granel Sólido no Porto de Santos.** Disponível em: <file:///C:/Users/corre_000/Downloads/01505413835.pdf>. Acesso em de março 2018

CODESP. **Área de Influência Comercial.** Disponível em: <<http://www.portodesantos.com.br/estatisticas.php>>. Acesso em 28 abril 2017.

CODESP. **Mensário Estatístico 2016/2017.** Disponível em: <<http://www.portodesantos.com.br/mercado.php>>. Acesso em 10 janeiro 2018.

COSTA, R. F.; **Sensoriamento Remoto a Laser de Aerossóis em uma Refinaria de Petróleo;** Tese (Doutorado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear-Materiais); Instituto de Pesquisas

Energéticas e Nucleares-IPEN, Universidade de São Paulo; São Paulo, SP; 117p.; 2015. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses.>> Acesso em: 12 de outubro de 2016

FAJERSZTAJN, L., VERAS, M., BARROZO, L. V., SALDIVA, P. "**Air pollution: a potentially modifiable risk factor for lung cancer.**" *Nature Reviews Cancer* 13 (2013): 674-78.

FERNANDES,S.; ROSALEM, V. **O cenário da armazenagem no Brasil, novembro de 2014.** Disponível em: Acesso em 18 de março. 2016

FIESP. **Safra Brasileira de Grãos 2017/2018 7º Levantamento da CONAB.** Disponível em:<<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-de-graos-brasil/attachment/file-20180410150345-safra-graos-brasil-2017-187-levantamento/>> Acesso em 25 janeiro 2018

HOBBS, P. V. **Aerosol-Cloud Interactions.** In: *Hobbs, Peter V. (Ed.). Aerosol-Cloud-Climate Interactions.* Londres: Academic Press, 1993. v. 54, p. 33-73.

IBGE, 2014. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=sp>

JUSTICE, C. O.; GIGLIO, B.; KORONTZI, S.; OWENS, J.; MORISETTE, J.T.; ROY, D.P.; DESCLOITRES, J.; ALLEAUME, S.; PETITCOLIN, F.; KAUFMAN, Y. 2002b). **The MODIS fire products. Remote Sens. Environ.** Disponível em : < : <https://digitalcommons.unl.edu/nasapub>> Acesso em : 12 de setembro 2017

KASKAOUTIS D. G., KAMBEZIDIS H. D., HATZIANASTASSIOU N., KOSMOPOULOS P. G., BADARINATH. K. V. S. **Aerosol climatology: dependence of the Angstrom exponent on wavelength over four AERONET sites.** *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 7, 7347–7397, 2007

KLETT, J.; **LIDAR inversion with variable backscatter/extinction ratios, Appl. Opt.**, 24, 1638-1643 (1985).

KOVALEV, W. A.; EICHINGER, W. E.; **Elastic Lidar: theory, practice and analysis methods.** 1st. Ed. New Jersey: Wiley-Interscience Publication, 2004.

LAJ, P.; **Atmospheric Environment; Measuring Atmospheric Composition Change;** Elsevier, 2009. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/atmosenv>> Acesso em: 27 de dezembro 2015

LEPTOUKH, G. *et al.*, "**NASA NEESPI data and services center for satellite remote sensing information,**" *Environ. Res. Lett.*, vol. 2, pp. 045 009– 045 015, 2007.

LIU, M., *et al.* **Preparation of organic tofu using organic compatible magnesium chloride incorporated with polysaccharide coagulants.** *Food Chem.*, v. 167, p. 168- 174, 2015.

MAGALHÃES, P.S.B. **Transporte Marítimo: cargas, portos e terminais.** São Paulo: Aduaneiras, 2011.

MEASURES, R. R.; **Laser Remote Sensing Fundamentals and Applications.** 1 st. Ed. Florida: Krieger Publishing Company, 1984.

MONKS, P. S.; **Atmospheric Composition Change**; Global and Regional Air Quality; Atmospheric Environment; 2009.

MOUVIER, G. A. **A poluição Atmosférica**; Biblioteca Básica da Ciência e Cultura. 1.ed. São Paulo, 1996.

NASA, (2002). MODIS web. <[Http://tpwww.gsfc.nasa.gov/MODIS/index.html](http://tpwww.gsfc.nasa.gov/MODIS/index.html)> Acesso em 10 dezembro 2017.

POYSA, Vaino; WOODROW, Lorna. Stability of soybean seed composition and its effect on soymilk and tofu yield and quality. Food Res. Int., v. 35, n. 4, p. 337- 345, 2002.

RODRIGUES, J. P.; **Modelagem Matemática de Dispersão de Poluentes Atmosféricos como Etapa de Pré Seleção de Locais para Instalação de Estações de Monitoramento da Qualidade do Ar em Paranaguá-PR**; Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental); Universidade Tecnológica Federal do Paraná; Curitiba, PR, 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1850/1/CT_PPGCTA_M_Rodrigues%2C%20Juli%20Pilato_2016.pdf> Acesso em: 17 de outubro de 2017.

SALOMONSON, V. V.; BARKER, J. L. (1992). **EOS Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer: phase C/D status and comments on calibration and georeferencing approaches**, 15th Annual AAS Guidance and Control Conference, Paper AAS 92-004, Keystone, CO, Feb. 8-12.

SANTANA 22,E.;CUNHA,K.B;FERREIRA,A.L;ZAMBONI.A. **Padrões de Qualidade do Ar**. Disponível em:< <http://www.energiaeambiente.org.br/2012/09/padroes-de-qualidade-do-ar-experiencia-comparada-do-brasil-eua-e-uniao-europeia/>> Acesso em :28 abril 2017

SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N.; **Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change**; 2 ed., published by Willey & Sons, Inc.; New Jersey, USA, 1998.

STEPHENS, G. L.; **Remote Sensing of the Lower Atmosphere, Oxford University Press**, 1994.

STRAHLER, A.; MUCHONEY, D.; BORAK, J.; FRIEDL, M.; GOPAL, S.; LAMBIN, E.; MOODY, **AMODIS Land Cover and Land-Cover Change products algorithm theoretical basis document (ATBD)**. Version 5.0, Center for Remote Sensing, Department of Geography, Boston University, May. (1999).

SOUZA, R. F DE: **Estudo do Perfil Vertical de Aerossóis na Troposfera Utilizando a Técnica de LIDAR**, Dissertação de Mestrado, IPEN, 2004.

UEHARA, S. T.; **Análise de Dados do Sistema Lidar de Retroespalhamento Correlacionada com Dados Meteorológicos**; Dissertação (Mestre em Ciências na área de Tecnologia Nuclear-Materiais); IPEN/USP; São paulo, SP; 149p.; 2009. Disponível em: <<http://teses.usp.br/teses> > Acesso em: 2 de abril de 2016

US-EPA, U. S. E. P. A.; **AP 42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factors**, vol. 1: Stationary Point and Area Sources, cap. 13.2.4-3, Miscellaneous Sources, novembro, 2006.

Disponível em: < www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s0204.pdf>. Acesso em: 23 de outubro de 2017.

WEBER E. J. ***Variation in corn (Zea mays L.) for fatty acid compositions of triglycerides and phospholipids. Biochemical Genetics***, New York, v. 21, p. 1-13, 1983.

WEITKAMP, C. ***Lidar Range-Resolved Optical Remote Sensing of the Atmosphere***. [S.l.]: Springer, 2005.

WHO ***AIR QUALITY GUIDELINES GLOBAL UPDATE - REPORT ON A WORKING GROUP MEETING***. Germany, 18-20 October 2005.

YAMAGATA, S.; DOMATO, M.; ***Controle da Poluição Ambiental em Portos***; Gestão Ambiental Portuária vol.2, 85p.; Ministério dos Transportes, São Paulo, SP; Ministério do Meio Ambiente, ANTAQ, 2001. Disponível em: <<http://www.web.antaq.gov.br>> Acesso em: 13 de janeiro de 2016.

YOUNG V. R.; PELLETT P. L. ***Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. American Journal of Clinical Nutrition***, New York, v. 59, p.1203S-1212S, 1994. Suplemento.

APÊNDICE A

Metodologia aplicada nessa pesquisa como já descrita anteriormente foi à utilização dos dados gerados pelos satélites da NASA disponibilizados no Giovanni. Para melhor compreensão da metodologia foi realizado um memorial descritivo da utilização dessa ferramenta.

O site publico Giovane é de fácil utilização, primeiramente deve acessar a pagina <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>

Apêndice 1- Apresentação site Giovanni

The screenshot displays the Giovanni web interface, titled "The Bridge Between Data and Science v 4.28". The interface includes a navigation bar with links for "EARTH DATA", "Data Discovery", "DAACs", "Community", and "Science Disciplines". A yellow banner at the top contains a message from the AIRS Project. Below the banner, the "Select Plot" section offers options for "Maps", "Time Averaged Map", "Comparisons", "Vertical", "Time Series", and "Miscellaneous". The "Select Date Range (UTC)" section features input fields for "YYYY-MM-DD" and "HH:mm", with a "Valid Range: 1948-01-01 to 2018-10-12" note. The "Select Region (Bounding Box or Shape)" section includes a text input field and a "Format: West, South, East, North" label. The "Select Variables" section is divided into "Disciplines" and "Measurements", each with a list of categories and their respective counts. A "Keyword" search bar is also present. At the bottom, there is a "Reset" button and a "Plot Data" button.

Fonte: Giovanni 2018

A segunda etapa é realizar as coletas de dados dentro do ambiente virtual . Nessa etapa devemos estipular as datas que serão utilizadas e a região , essas variáveis podem ser definida rapidamente e se necessário trocá-las de forma rápida.

Para selecionar as datas preestabelecidas para a aquisição dados, devemos localizar na região esquerda da pagina o local para seleção, em seguida

selecionar a área de estudo utilizando o mapa que o site disponibiliza ou digitando as coordenadas geográficas. (Apêndice 2)

Apêndice 2- Seleção de datas e área de estudo.

Fonte: Giovanni 2018

A terceira etapa é seleção dos parâmetros que deve ser selecionados de acordo com o foco do estudo a ser desenvolvido, é aconselhável realizar uma pesquisa para definir qual parâmetro utilizar pois alguns itens apresentam características bem semelhantes. O próprio site fornece a descrição dos parâmetros quando clicamos em cima do item escolhido.

Para a escolha utilizamos o menu que se encontra no lado inferior esquerdo (apêndice 3), as possibilidades são extensas se clicar em um parâmetro ele irá abrir uma listagem de possibilidades. (Apêndice 4)

Apêndice 3- Seleção de parâmetros de estudo.

Selecionar a variáveis de estudo

Number of matching Variables: 0 of 1932 Total Variable(s) included in Plot: 0

Keyword: Search Clear

Disciplines

- ☐ Aerosols (188)
- ☐ Atmospheric Chemistry (3)
- ☐ Atmospheric Dynamics (4)
- ☐ Cryosphere (13)
- ☐ Hydrology (1138)
- ☐ Ocean Biology (59)
- ☐ Oceanography (61)
- ☐ Water and Energy Cycle (222)

Measurements

- ☐ Aerosol Index (6)
- ☐ Aerosol Optical Depth (8)
- ☐ Air Pressure Anomaly (1)
- ☐ Air Pressure (57)
- ☐ Air Temperature Anomaly (2)
- ☐ Air Temperature (102)
- ☐ Albedo (25)
- ☐ Altitude (8)
- ☐ Angstrom Exponent (20)
- ☐ Atmospheric Moisture (100)
- ☐ Black Carbon (5)
- ☐ Buoyancy (2)
- ☐ CH4 (8)
- ☐ CO2 (22)

Reset Plot Data

Fonte: Giovanni 2018

Apêndice 4- Selecionando os parâmetros.

Selecionar a variáveis de estudo

Number of matching Variables: 88 of 1932 Total Variable(s) included in Plot: 1

Keyword: Search Clear

Disciplines

- ☐ Aerosols (86)
- ☐ Atmospheric Chemistry (7)
- ☐ Atmospheric Dynamics (2)
- ☐ Hydrology (6)
- ☐ Ocean Biology (2)
- ☐ Oceanography (2)
- ☐ Water and Energy Cycle (2)

Measurements

- ☒ Aerosol Index (6)
- ☒ Aerosol Optical Depth (88)
- ☐ Air Pressure Anomaly (1)
- ☐ Air Pressure (57)
- ☐ Air Temperature Anomaly (2)
- ☐ Air Temperature (102)
- ☐ Albedo (25)
- ☐ Altitude (8)
- ☐ Angstrom Exponent (20)
- ☐ Atmospheric Moisture (120)

Variable	Units	Source	Temp.Res.	Spat.Res.	Begin Date	End Date
☒ Aerosol Optical Depth 555 nm (MIL3DAE v4)	-	MISR	Daily	0.5 °	2000-02-25	2017-05-31
☐ Aerosol Optical Depth 550 nm (SWDB_L305 v004)	-	SeaWiFS	Daily	0.5 °	1997-09-03	2010-12-11
☐ Aerosol Optical Depth 550 nm (Land-only) (SWDB_L305 v004)	-	SeaWiFS	Daily	0.5 °	1997-09-03	2010-12-11
☐ Aerosol Optical Depth 550 nm (Ocean-only) (SWDB_L305 v004)	-	SeaWiFS	Daily	0.5 °	1997-09-03	2010-12-11
☐ Aerosol Optical Depth 550 nm (SWDB_L310 v004)	-	SeaWiFS	Daily	1 °	1997-09-03	2010-12-11
☐ Aerosol Optical Depth 550 nm (Land-only) (SWDB_L310 v004)	-	SeaWiFS	Daily	1 °	1997-09-03	2010-12-11
☐ Aerosol Optical Depth 550 nm (Ocean-only) (SWDB_L310 v004)	-	SeaWiFS	Daily	1 °	1997-09-03	2010-12-11
☐ Aerosol Optical Depth 550 nm (SWDB_L3M05 v004)	-	SeaWiFS	Monthly	0.5 °	1997-09-01	2010-12-31
☐ Aerosol Optical Depth 550 nm (Land-only) (SWDB_L3M05 v004)	-	SeaWiFS	Monthly	0.5 °	1997-09-01	2010-12-31
☐ Aerosol Optical Depth 550 nm (Ocean-only) (SWDB_L3M05 v004)	-	SeaWiFS	Monthly	0.5 °	1997-09-01	2010-12-31
☐ Aerosol Optical Depth 550 nm (SWDB_L3M10 v004)	-	SeaWiFS	Monthly	1 °	1997-09-01	2010-12-31

Reset Plot Data

Fonte: Giovanni 2018

Caso necessite de maiores informações sobre o parâmetro a ser utilizado o próprio site disponibiliza as descrições dos parâmetros. Clicando em cima do parâmetro selecionado que o usuário será encaminhado ao memorial descritivo do parâmetro. (Apêndice 5)

Apêndice 5- Descrição dos parâmetros no site do Earth Data

Fonte: Giovanni 2018

Logo após a definição do parâmetro devemos escolher o tipo de análise que será utilizada, o site disponibiliza algumas possibilidades de observação dos dados fazendo comparativos e séries temporais entre outras possibilidades (apêndice 6). O site permite o comparativo entre variáveis diferentes, interpolação de dados e séries temporais.

Para a seleção devemos utilizar a parte superior da página como o apresentado na figura apêndice 6.

Apêndice 6- Seleção da análise.

The screenshot shows the GIOVANNI web interface. At the top, there's a navigation bar with 'EARTHDATA', 'Data Discovery', 'DAACs', 'Community', and 'Science Disciplines'. Below this is the 'GIOVANNI' logo and the tagline 'The Bridge Between Data and Science v 4.28'. A yellow banner at the top states 'AIRS Project recommends not to use total column'. The main section is titled 'Select Analysis' and contains several radio button options: 'Maps: Time Averaged Map' (selected), 'Comparisons: Select...', 'Vertical: Select...', 'Time Series: Select...', and 'Miscellaneous: Select...'. A red circle highlights the 'Maps: Time Averaged Map' option, and a red text label 'Seleciona o tipo de análise' points to it. Below this, there are fields for 'Select Date Range (UTC)' (2016-08-23 to 2018-09-13) and 'Select Region (Bounding Box or Shape)' (47.0325, -23.9832, 45.0659, -22.7307). The 'Select Variables' section shows a list of disciplines and measurements, with 'Aerosol Optical Depth (88)' selected. At the bottom, there's a 'Plot Data' button and a 'Reset' button.

Fonte: Giovanni 2018

Após todos os itens definidos é só clicar em Plot Data que os dados serão processados e enviados ao usuário como observamos nas próximas figuras (Apêndice 7 e 8.)

Apêndice 7- Gráficos gerados no site.

Fonte: Giovanni 2018

Apêndice 8 - Gráficos gerados no site.

Fonte: Giovanni 2018

Para baixar os dados e utilizar em outros programas ou outras finalidades escolhidas pelo pesquisador, é necessário realizar uma login no Earthdata, esse processo é simples e rápido basta clicar em download e o usuário será encaminhado ao site.

Apêndice 9- Login Earthdata.

Fonte: Giovanni 2018

Depois de logado será possível fazer o download dos arquivos. Para isso basta clicar em download e será disponibilizado o arquivo de forma automática.

Apêndice 10- Dados disponibilizados para download.

The screenshot shows the Giovanni web interface. The top navigation bar includes 'EARTHDATA', 'Data Discovery', 'DAACs', 'Community', and 'Science Disciplines'. The main header features the 'GIOVANNI' logo with the tagline 'The Bridge Between Data and Science v 4.28', along with links for 'Feedback', 'Help', and 'Log out (correathais)'. On the left, a 'Browse History' sidebar lists three items: '6. Time Series, Area-Averaged', '2. Time Series, Area-Averaged', and '1. Time Averaged Map', each with sub-links for 'User Input', 'Plots', 'Downloads', and 'Lineage'. The main content area displays download links for a dataset: 'MYD08_M3_6_1_Deep_Blue_Aerosol_Optical_Depth_550_Land_Mean_Mean 20160801-20180930.47W_23S_45W_22S.nc'. Below this, it lists file formats: 'NetCDF:', 'PNG:', 'GEOTIFF:', and 'KMZ:', each followed by a corresponding download link. A footer section includes the NASA logo, 'Responsible NASA Official: Angela Li', 'Web Curator: M. Hegde', 'Powered By' with a triangle icon, 'Contact Us', 'Acknowledgment Policy', and a 'Back to Data Selection' button.

Fonte: Giovanni 2018

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Diretoria de Pesquisa, Desenvolvimento e Ensino
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária CEP: 05508-000
Fone/Fax(0XX11) 3133-8908
SÃO PAULO – São Paulo – Brasil
<http://www.ipen.br>

O IPEN é uma Autarquia vinculada à Secretaria de Desenvolvimento, associada à Universidade de São Paulo e gerida técnica e administrativamente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, órgão do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.