

INICIAÇÃO CIENTÍFICA, RELATÓRIO FINAL

Período: 10/Jul/2018 a 31/Dez/2018 (6 meses)

Título do Projeto:	Distribuição vertical da pluma de poluição de Manaus durante o IOP1 do experimento GoAmazon
Instituição:	Universidade de São Paulo
Endereço:	Rua do Matão, 1371, São Paulo-SP 05508-090
Orientador:	Henrique M. J. Barbosa +55 (11) 3091-8985 hbarbosa@if.usp.br
Aluno:	Amanda Vieira dos Santos (nº usp 8941710) amanda.vieira.santos@usp.br
Chamada:	Fluxo contínuo, bolsa de iniciação científica

1. Resumo	2
2. Objetivos.....	2
3. Síntese do relatório parcial.....	3
4. Resultados.....	3
4.1 <i>Coeficiente de retroespalhamento de aerossóis médio (método 1)</i>	<i>5</i>
4.2 <i>Ciclo diurno (método 1)</i>	<i>6</i>
4.3 <i>Coeficiente de retroespalhamento de aerossóis médio (método 2)</i>	<i>8</i>
4.4 <i>Ciclo diurno (método 2)</i>	<i>9</i>
5. Discussão	10
6. Etapas do Cronograma	11
7. Trabalhos	11
8. Reserva técnica	12
9. Referências bibliográficas.....	12

Orientador: _____

Bolsista: _____

1. Resumo

Aerossóis são importantes agentes do sistema climático global por poderem alterar significativamente o balanço de radiação, afetando assim o sistema atmosférico em escalas de tempo que variam de minutos até de mudanças climáticas. Alguns tipos de aerossóis refletem a radiação solar, resfriando o planeta, enquanto outros absorvem esta radiação, aquecendo-o. Neste sentido, compreender como as emissões de poluição alteram a distribuição natural dos aerossóis é de significativa importância.

Neste projeto de iniciação científica a aluna irá estudar a distribuição vertical dos aerossóis na região central da Amazônia. Isso será feito utilizando os dados observacionais do tetômetro (ceilometer) operado durante o experimento GoAmazon2014/15 no sítio experimental T3-Manacapuru. Este sítio experimental, vento abaixo da cidade de Manaus, recebeu alternadamente massas de ar poluídas (vindas da cidade) e massas de ar limpas (vindas da floresta). O período de estudo será o IOP1 (Fev-Mar 2014) do experimento GoAmazon, quando não havia influência de queimadas. A detecção dos aerossóis será feita aplicando o método Klett para obtenção da distribuição vertical do coeficiente de retroespalhamento dos aerossóis a partir do sinal de espalhamento elástico do tetômetro. Os perfis verticais serão agrupados de acordo com a origem da massa de ar, seguindo a classificação já disponível baseada no modelo Hysplit. Com estes dados, a aluna fará uma análise estatística descritiva da distribuição vertical dos aerossóis, e irá contrastar os casos limpo e poluído.

2. Objetivos

O experimento GoAmazon 2014/15 realizou observações contínuas com alta resolução temporal e espacial para resolver os processos físicos que controlam os aerossóis e as nuvens, produzindo uma rica base de dados que já está sendo explorada pela comunidade científica. O principal objetivo deste projeto de iniciação científica é utilizar esta base de dados para investigar as diferenças na distribuição vertical de aerossóis nas situações poluída e pristina. Para isso, a aluna irá utilizar os dados do tetômetro do ARM localizado no sítio T3-Manacapuru, entre Jan/2014 e Dez/2015.

Os seguintes objetivos específicos deverão ser alcançados ao longo deste projeto:

- Continuar estudando a técnica de radar laser (LIDAR) para se aprofundar no princípio de funcionamento dos tetômetros (em inglês: *ceilometer*) – a aluna já está trabalhando com este instrumento na sua atual IC com bolsa Fapesp;
- Estudar o método de inversão Klett-Sazano-Fernald (Klett, 1981; Fernald; 1984; Sasano et al., 1985) para obtenção do perfil vertical de retro-espalhamento a partir do sinal de retorno elástico medido pelo sistema lidar – já temos o algoritmo implementado (Barbosa et al., 2014a; 2014b), e é preciso apenas modificar o comprimento de onda;
- Processar os dados referentes ao IOP1 (Fev-Mar, 2014), obtendo perfis de retro-espalhamento em médias de 30min, e dividi-los em períodos limpo e poluídos, de acordo com a classificação desenvolvida no LFA-IF-USP com base em retro-trajetórias e medidas in-situ de aerossóis (Cirino, 2015; Barbosa et al., 2015);
- Investigar as diferenças na distribuição vertical de aerossóis nas situações poluída e pristina.

3. Síntese do relatório parcial

É possível calcular o perfil vertical do coeficiente de retroespalhamento de aerossóis aplicando o método de inversão Klett-Fernald-Sasano a dados do sinal de retorno medidos por um lidar elástico. Para isso, os perfis usados na análise não devem ter a presença de nuvens. O objetivo deste projeto é filtrar os perfis com nuvens corretamente, aplicar o algoritmo de inversão aos dados restantes e investigar a distribuição vertical de aerossóis.

Na seção 3.2 do relatório anterior, usamos os dados simulados disponibilizados pela Earlinet para a Lalinet para realizamos testes do algoritmo de inversão, onde vimos que em casos onde a razão sinal/ruído é ruim, é necessário degradar a resolução temporal para melhorá-la. Vimos que isso também é necessário para os dados reais do ceilometer. Na seção 3.3, excluímos os perfis com nuvens da análise e aplicamos uma média de 30 minutos nos perfis restantes. Usamos esses perfis com média de 30 minutos para fazer um teste preliminar do algoritmo de inversão Klett-Fernald-Sasano aplicado aos dados brutos do ceilometer.

Vimos que é possível calcular o perfil vertical do coeficiente de retroespalhamento β dos aerossóis, entretanto, mostramos na seção 3.3.2 que existem casos onde o perfil não apresenta o comportamento esperado, devido a presença de nuvens que não foram retiradas do perfil. Existem também casos onde o perfil calculado apresenta muito ruído.

4. Resultados

Uma vez que detectamos os aerossóis através da aplicação do método Klett, podemos agrupar os perfis verticais do coeficiente de retroespalhamento dos aerossóis, β_{aer} , através da classificação feita por Thalman et al. (2017). Thalman e coautores classificaram as massas de ar como tendo como origem a pluma de poluição da cidade de Manaus, queimadas, ou como massas de ar pristinas, que chamaremos nesse relatório de “pluma”, “queimada” e “limpo”, respectivamente.

Vimos no relatório parcial que a razão sinal/ruído ainda é ruim aplicando uma média temporal de 30 minutos aos dados. Portanto, aumentamos a média para 60 minutos para a continuação da análise. Foi feita a inversão do sinal dos dados obtidos nos meses de fevereiro e março de 2014 e, com a classificação, temos a informação de quais perfis possuem a presença de queimadas, pluma de poluição ou tem condição de fundo pristina. Os perfis foram classificados apenas de 5 em 5 minutos, e os dados do ceilômetro têm resolução temporal original de 16 segundos. Portanto, para fins de análise, classificamos o perfil médio de 60 minutos como “pluma”, “queimada” ou “limpo” quando pelo menos 50% dos perfis contidos dentro do intervalo de tempo escolhido tiveram essa classificação, e como sem classificação os demais perfis.

Após retirarmos os perfis com nuvens, sobram 1085 perfis de uma hora (equivalente a 45.2 dias) no IOP1. Entretanto, para muitos desses perfis encontramos valores negativos do coeficiente de retroespalhamento ao aplicar o algoritmo Klett, o que não faz sentido fisicamente. Retirando esses perfis da análise, sobram 503 perfis de 1 hora (21.0 dias).

Pluma urbana	Queimada	Limpo	Sem classificação	Total
235	10	31	227	503

Tabela 1: Número de perfis de 1 hora classificados como “pluma urbana”, “queimada”, “limpo” (em pelo menos 50% dos perfis no intervalo), sem nenhuma classificação e número total de perfis.

Para exemplificar, a figura 1 mostra uma comparação entre perfis verticais do coeficiente de retroespalhamento calculados para os perfis classificados como “queimada”, “pluma” e “limpo”. Cada curva corresponde a algum perfil de 1 hora diferente, sendo as curvas de “Queimada” e “Pluma” do dia 30/03/14 e a curva “BG limpo” do dia 28/03/14. Não encontramos um dia em que tivemos as três classificações. O coeficiente de retroespalhamento de aerossóis foi calculado aplicando o método Klett-Fernald-Sasano às médias de 1 hora. Vemos no quadro da esquerda que a curva com os maiores valores médios do coeficiente de retroespalhamento é a classificada como “Pluma”, enquanto as curvas classificadas como “Queimada” e “BG limpo” têm valores mais baixos. No quadro da direita, vemos a média do sinal de *attenuated backscatter* (sinal do ceilômetro).

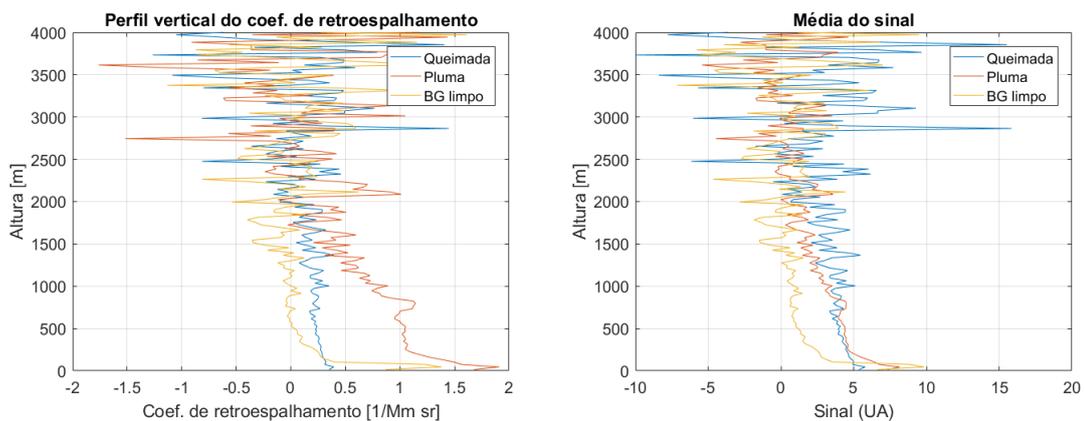


Figura 1: (esquerda) Média do coeficiente de retroespalhamento ($\text{Mm}^{-1} \text{sr}^{-1}$) em função da altura (m) para perfis de 1-h classificadas como ‘Queimada’, ‘Pluma’ (ambos em 30-mar) e ‘BG limpo’ (em 28-mar). (direita) o mesmo mas para a média do sinal do ceilômetro (unidades arbitrárias) em função da altura.

Na figura 2, comparamos individualmente dois dias. Para isso, usamos o dia que teve mais classificações de “limpo” e o que teve mais classificações de “Pluma”. Na figura estão representados o perfil vertical do coeficiente de retroespalhamento médio calculado para todos os perfis classificados como “limpo” do dia 02/02/14 (4 horas) e o calculado para todos os perfis classificados como “Pluma” do dia 17/03/14 (15 horas). Vemos que a média do perfil com classificação de pluma novamente apresenta maiores valores de coeficiente de retroespalhamento, com valores acima de $1 \text{ Mm}^{-1} \text{sr}^{-1}$ próximo à superfície. A diferença entre os valores “limpo” e “pluma” é menor neste caso (média do dia) do que na figura 1 (média de 1h). Isto indica uma possível contaminação da classificação de 1h a partir da classificação de 5-min (com mínimo de 50%).

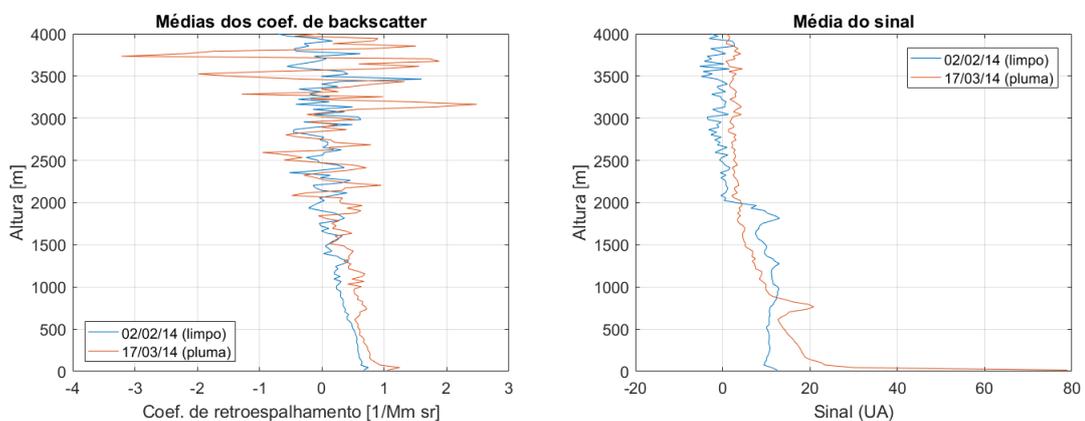


Figura 2: Média dos coeficientes de retroespalhamento para dois dias diferentes (esquerda). Média do sinal de *attenuated backscatter* para os mesmos dias (direita).

4.1 Coeficiente de retroespalhamento de aerossóis médio (método 1)

Na figura 3, comparamos as médias dos coeficientes de retroespalhamento calculados para todo o IOP1, com as classificações de pluma da cidade, limpo e queimada. Vemos que as curvas de “limpo” e “queimada” apresentam os valores mais baixos, tendo valores próximos à 0,6 /Mm sr e 0,4 /Mm sr, respectivamente, próximos à superfície, enquanto a curva de pluma de poluição é aquela com os coeficientes de retroespalhamentos mais elevados da comparação, tendo valores maiores que 1 Mm⁻¹ sr⁻¹. Como o IOP1 (fev-mar) é na estação chuvosa, não há queimadas de grande escala. Assim, o que a classificação de Thalman et al determina como queimada são massas de ar provenientes das pequenas olarias existentes entre Manaus (T1) e Manacapuru (T3). Ainda assim, esperávamos haver mais aerossóis nos perfis classificados como queimada do que como limpo. Uma dificuldade é justamente a quantidade de dados (Tabela 1): temos apenas 10 e 31 perfis com estas classificações respectivamente.

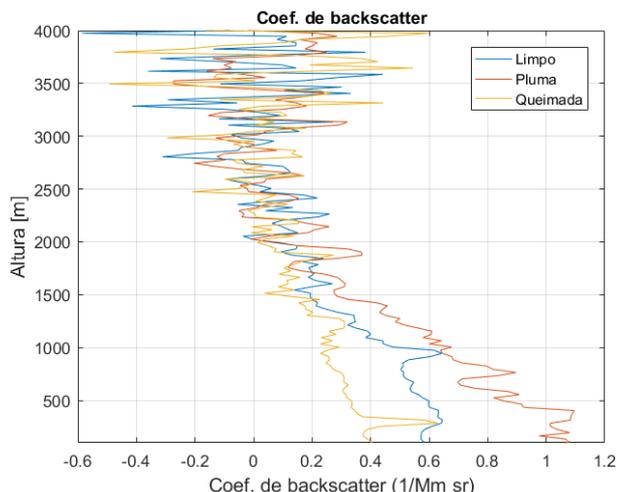


Figura 3: Média do coeficiente de retroespalhamento (Mm⁻¹ sr⁻¹) em função da altura (m) para todo o IOP1, calculada para os perfis classificados como 'Pluma', 'BG limpo', e 'Queimada'.

A Figura 4 mostra todos os perfis do coeficiente de retroespalhamento de aerossóis calculados com média de 1 hora durante o IOP1 (cores) e o perfil médio (preto), separados em suas classificações de acordo com a origem da massa de ar. A análise destes gráficos nos dá uma clara ideia da variabilidade em torno do valor médio. Vemos que novamente o valor encontrado para os perfis classificados como pluma da cidade foram maiores que o dos outros dois casos, sendo o valor médio do β_{aer} próximo à superfície aproximadamente 1 Mm⁻¹ sr⁻¹, e para os perfis classificados como limpos ou tendo massas de ar decorrentes de queimada, próximos à 0,5 Mm⁻¹ sr⁻¹. Contudo, também podemos perceber que alguns dos perfis incluídos como “limpo” parecem ser poluídos (pelos menos 5 perfis com valores maiores que 1 Mm⁻¹ sr⁻¹ abaixo de 1km). Também há muitos perfis incluídos como “limpo” que não tem aerossol (valores menores que 0,25 Mm⁻¹ sr⁻¹ abaixo de 1,5km).

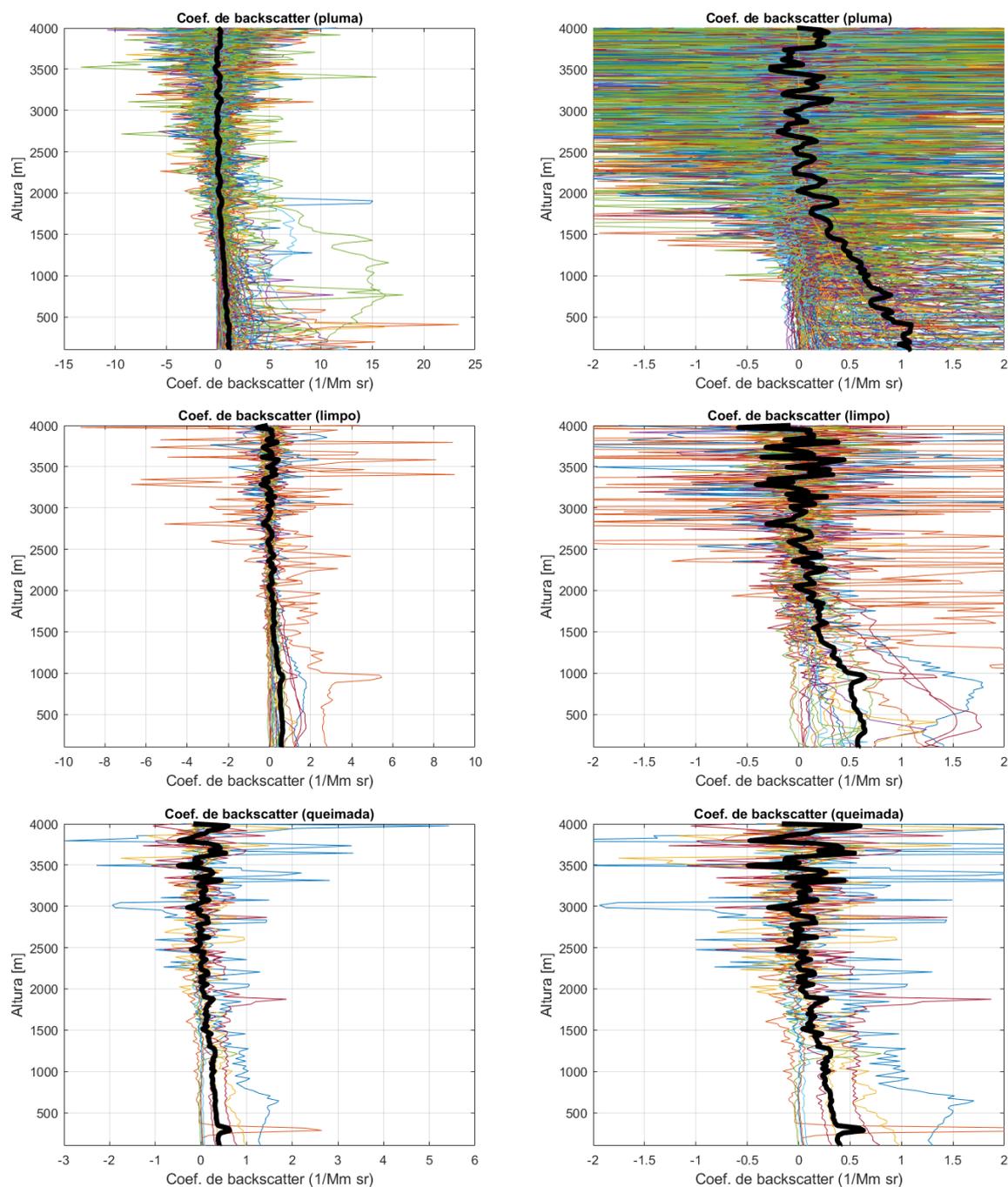


Figura 4: Perfis de coeficiente de retroespalhamento de aerossóis calculados, e suas médias em linha preta espessa, para as classificações de pluma de poluição, queimada, e fundo limpo durante o IOP1.

4.2 Ciclo diurno (método 1)

A figura 5 mostra o ciclo diurno do coeficiente de retroespalhamento para todo o IOP1. Vemos que em geral os maiores valores do coeficiente de retroespalhamento estão abaixo de 2 km. Também há valores altos acima de 5 km, mas esta região é dominada pelo ruído (notar que também há valores muito baixos).

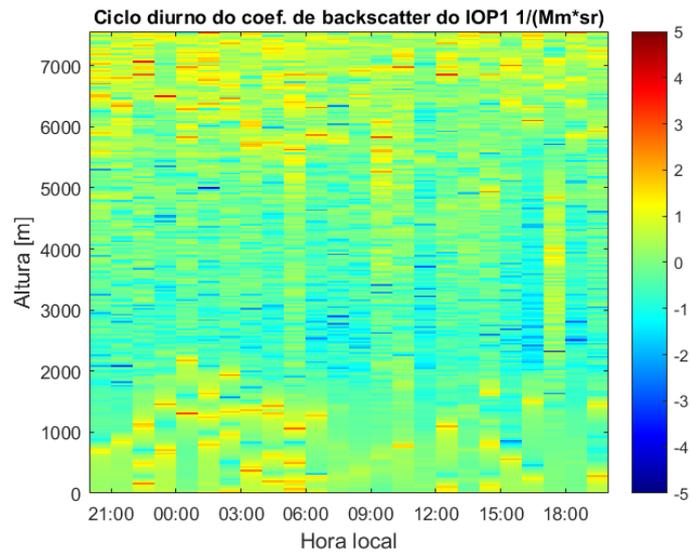


Figura 5: Ciclo diurno do coeficiente de retroespalhamento para todo o período IOP1. A hora local é apresentada no eixo x, a altura (m) no eixo y e o coeficiente de retroespalhamento na escala de cor ($1/\text{Mm}^*\text{sr}$). Escala \log_{10} .

Nos painéis da figura 6, vemos o ciclo diurno para todo o período separado nas diferentes classificações. No caso dos perfis classificados como limpo e queimada, em alguns intervalos de tempo não houveram perfis classificados dessa forma (ver número de casos na Tabela 1), o que resulta em intervalos de tempo sem dados para essas classificações.

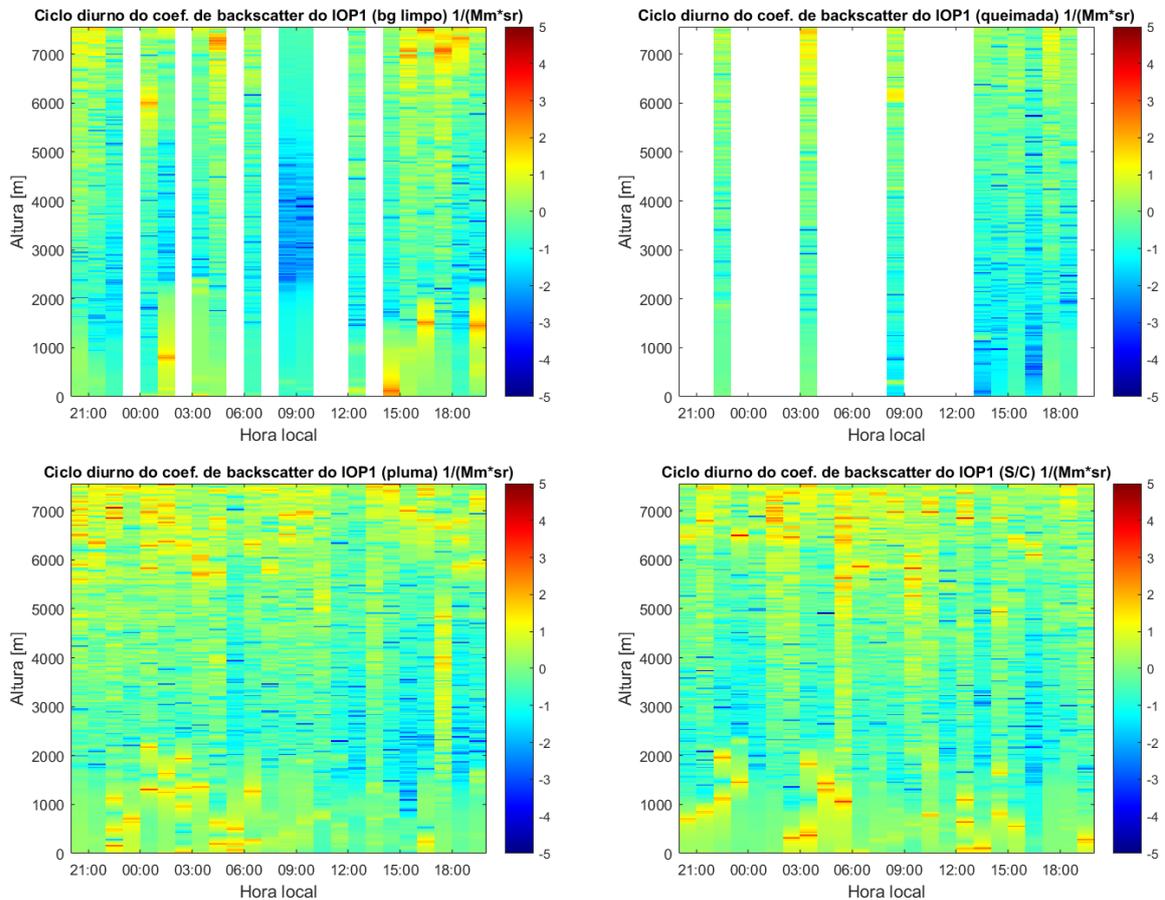


Figura 6: O mesmo que a figura 5, mas para os perfis classificados como a) Limpo; b) Queimada; c) Pluma de poluição; d) Sem classificação.

4.3 Coeficiente de retroespalhamento de aerossóis médio (método 2)

Calculamos também o β_{aer} para o perfil médio de todo o IOP1. A Figura 7 mostra o perfil vertical do coeficiente de retroespalhamento de aerossóis calculado para a média do sinal de todo o IOP1. Para calcular o coeficiente de retroespalhamento, foi feita uma média de todos os perfis de *attenuated backscatter* do ceilômetro no período de Fev-Mar 2014 que não continham nuvens, e então aplicado o algoritmo de Klett-Fernald-Sasano para a obtenção do β_{aer} . Vemos que há uma diminuição considerável no ruído quando o coeficiente de retroespalhamento médio é obtido dessa forma. O valor do coeficiente de retroespalhamento encontrado próximo a superfície é de aproximadamente $0,3 \text{ Mm}^{-1} \text{ sr}^{-1}$.

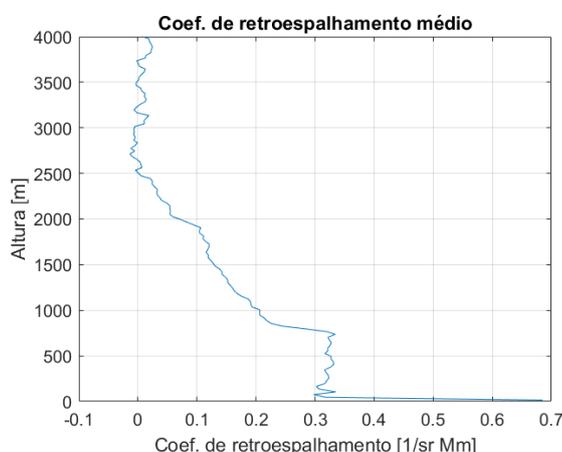


Figura 7: Coeficiente de retroespalhamento calculado para o perfil médio de todo o IOP1.

A Figura 8 mostra os perfis de retroespalhamento calculados da mesma forma que o apresentado na Figura 7, mas separadamente para cada classificação de acordo com a origem da massa de ar. Neste caso, como estamos calculando a média do sinal antes de fazer a inversão, estamos aplicando a classificação na sua resolução temporal original de 5-min. Assim, esperamos haver uma contaminação muito menor de perfis limpos na média “pluma”, e de perfis com pluma na média “limpo”.

O valor do β_{aer} calculado para o perfil médio classificado como pluma urbana é de aproximadamente $0,4 \text{ Mm}^{-1} \text{ sr}^{-1}$ próximo à superfície, enquanto para os perfis classificados como “queimada” e “limpo” o valor é de aproximadamente $0,2 \text{ Mm}^{-1} \text{ sr}^{-1}$. O perfil do β_{aer} de queimada tem uma camada entre 500 e 1000 m em que os valores chegam a $0,4 \text{ Mm}^{-1} \text{ sr}^{-1}$. Os valores de β_{aer} encontrados dessa forma são menores que os encontrados anteriormente. Um dos fatores que causa essa diferença é o critério de classificação usado ao fazer a média de 1 hora. Quando calculamos os β_{aer} individualmente para cada perfil de 1 hora, usamos como critério de classificação que pelo menos 50% dos perfis contidos dentro da média dentro de 1 hora necessitam receber uma certa classificação. Entretanto, ao fazer isso, muitos perfis não classificados contribuem para a média. Como dissemos acima, agora estamos aplicando a classificação com 5-min de resolução temporal, o que evita que isto aconteça.

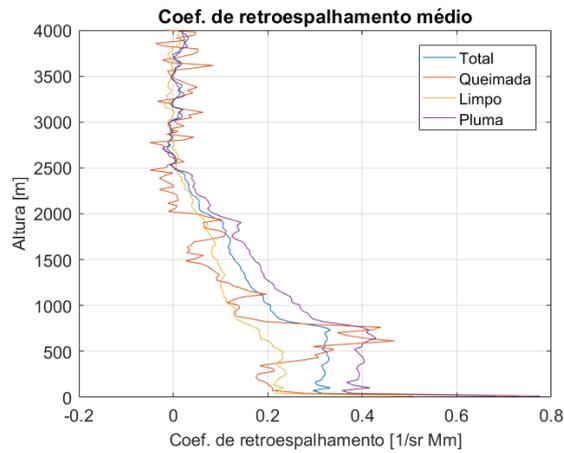


Figura 8: O mesmo que a Figura 7, mas com as curvas separadas de acordo com os diferentes casos classificados.

4.4 Ciclo médio (método 2)

Foram calculados também os ciclos diurnos obtendo o β_{aer} para o perfil médio de cada intervalo de 1 hora. Vemos que os valores do β_{aer} calculados dessa forma foram novamente menores que os encontrados anteriormente, entretanto, novamente os maiores valores de β_{aer} em geral são encontrados abaixo de 2 km.

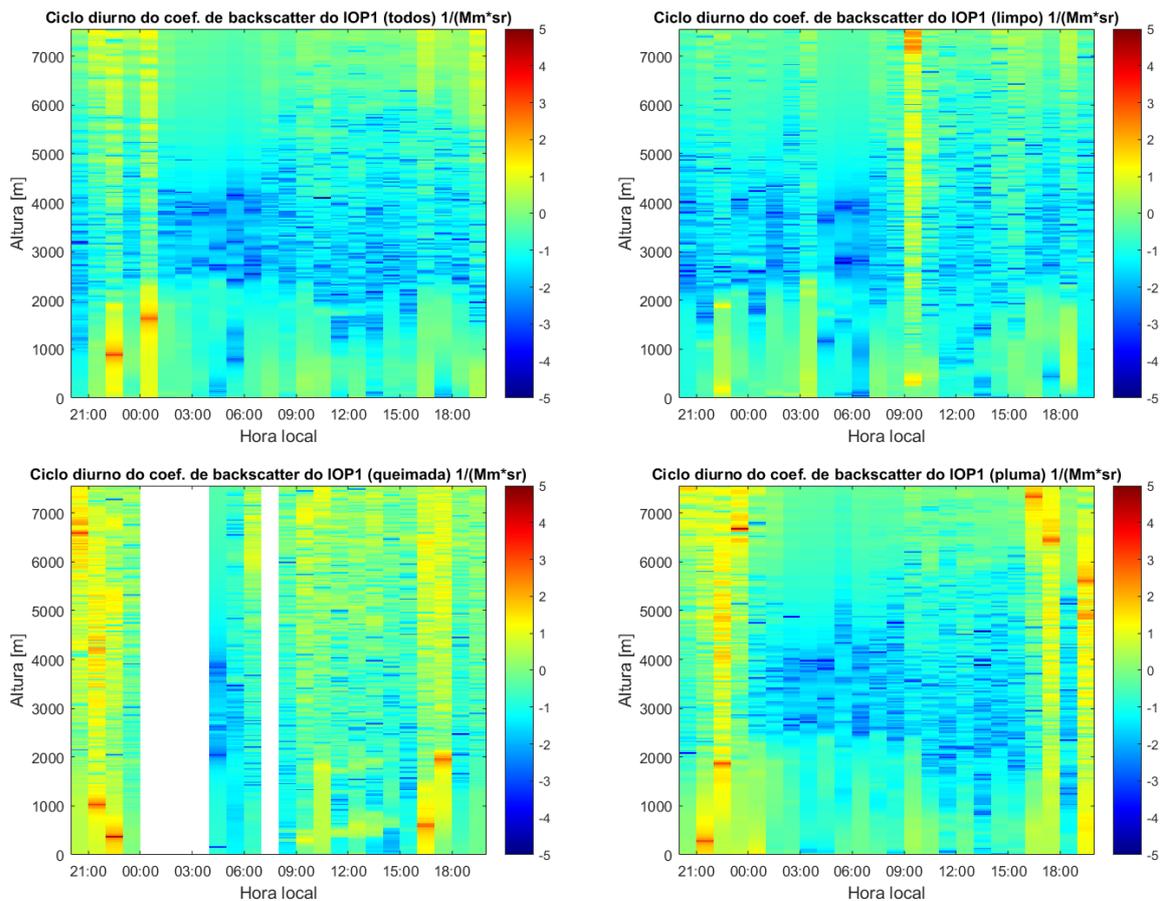


Figura 9: Ciclo diurno do coeficiente de retroespalhamento de aerossóis. A hora local é apresentada no eixo x, a altura (m) no eixo y e o coeficiente de retroespalhamento na escala de cor (1/Mm sr). Escala log10.

5. Discussão

Vemos na figura 8 que calculando o perfil de retroespalhamento para um perfil médio do IOP1 de cada classificação, o maior valor próximo à superfície é aquele encontrado para os perfis classificados como “pluma”, seguidos pelos encontrados para os perfis classificados como “queimada” e “limpo”. Para alturas entre 500 m e 1000 m, os valores dos coeficientes de retroespalhamento calculados para os casos de queimada e pluma de poluição foram próximos a $0,4 \text{ sr}^{-1} \text{ Mm}^{-1}$. Nos três casos os perfis chegam a valores próximos de 0 acima de 2500 m. Na figura 1, quando comparamos casos classificados como queimada, pluma de poluição e limpo, os valores encontrados para o caso em que há presença de pluma de poluição da cidade são os maiores, com valores acima de $1 \text{ Mm}^{-1} \text{ sr}^{-1}$, enquanto os casos de queimada e condições de fundo pristina tem valores abaixo de $0,5 \text{ Mm}^{-1} \text{ sr}^{-1}$ em alturas baixas. Vemos então que, no geral, o coeficiente de retroespalhamento calculado para os casos em que há a presença de pluma de poluição da cidade é maior que nos casos em que há a presença de aerossol devido a queimadas ou a condição de fundo é limpa.

A Figura 10 mostra o coeficiente de retroespalhamento calculado para o perfil de *attenuated backscatter* médio do período de fevereiro a março de 2014, através dos dois diferentes métodos. Os valores próximos à superfície do β_{aer} para os perfis classificados como “pluma” foram diferentes em cada um dos métodos usados. Realizando a média dos β_{aer} calculados individualmente para cada perfil de 1 hora, encontramos um valor de aproximadamente $1/\text{sr Mm}$ próximo a superfície para os perfis classificados como “pluma” (esquerda). Entretanto, calculando o β_{aer} para a média dos perfis do período (direita), o valor encontrado foi próximo a $0,4/\text{sr Mm}$. Para os casos classificados como “queimada” e “limpo”, os valores calculados no segundo método estão mais coerentes com o que esperávamos: valores mais altos para perfis de “queimada” do que “limpo”. Além disso, enquanto o método 1 resulta em perfis que decrescem linearmente com a altitude, o método 2 parece indicar a presença de uma capa de aerossóis, em torno de 800-900m. Novamente, isto era o que esperávamos, pois a camada limite planetária sempre se desenvolve até pelo menos esta altitude, nesta época do ano.

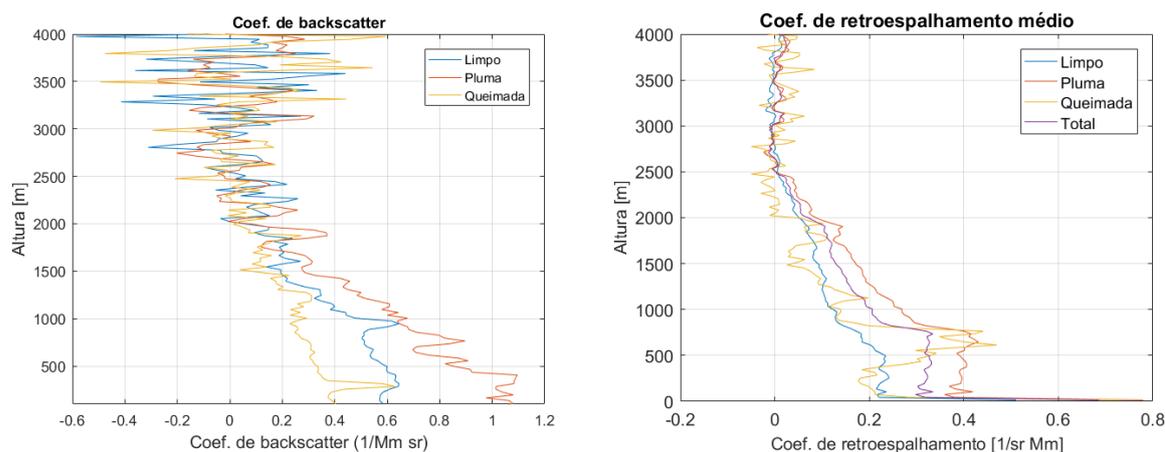


Figura 10: (esquerda) Média dos coeficientes de retroespalhamento calculados a partir dos sinais classificados hora a hora; (direita) Coeficiente de retroespalhamento calculado a partir da média dos sinais classificados a cada 5-min. Todo o período do IOP1 foi incluído.

Comparamos os valores médios do coeficiente de retroespalhamento encontrados com os mostrados por Baars et al no paper “Aerosol profiling with lidar in the Amazon Basin during the wet

and dry season” publicado em 2012. Baars et al (2012) mostra um exemplo de um perfil do coeficiente de retroespalhamento calculados para um caso durante a estação chuvosa em que as condições eram pristinas na região da Bacia Amazônica, vento acima de Manaus, com dados de um lidar em 1064 nm. Para esse caso, o coeficiente de retroespalhamento calculado próximo a superfície foi de $0,1 \text{ Mm}^{-1} \text{ sr}^{-1}$. Nos casos mostrados no paper, vemos também que o valor encontrado para o coeficiente de retroespalhamento é maior se o laser usado tem comprimento de onda menor. O ceilômetro utilizado nesse projeto tem comprimento de onda de 910 nm. O valor encontrado por Baars et al para o laser de 1064 nm foi próximo ao valor médio que encontramos durante o IOP1 para a classificação de “limpo”, que foi de aproximadamente $0,2 \text{ Mm}^{-1} \text{ sr}^{-1}$, sendo o nosso valor um pouco maior, como esperado. Baars et al mostra também exemplos de perfis de coeficiente de retroespalhamento calculados durante a estação seca para casos em que havia *aged smoke*, ou seja, plumas de aerossol de fumaça antigas decorrente de queimadas. Para casos como esses, o valor encontrado para o coeficiente de retroespalhamento próximo à superfície foi de aproximadamente $0,3$ a $0,5 \text{ Mm}^{-1} \text{ sr}^{-1}$. O valor médio encontrado para o IOP1 foi de $0,2 \text{ Mm}^{-1} \text{ sr}^{-1}$ próximo a superfície, subindo para $0,4 \text{ Mm}^{-1} \text{ sr}^{-1}$ entre 500 e 1000 m de altura, dentro da mesma ordem de grandeza dos resultados encontrados por Baars et al.

6. Etapas do Cronograma

Atividade	Mês	Andamento
Estudo da bibliografia;	1 a 6	100 %
Realizar testes com o algoritmo de inversão do sinal lidar e adaptá-lo para o comprimento de onda do tetômetro;	2 a 4	100 %
Pré-processar os dados de 15s, gerando médias de 30min onde os perfis com nuvens foram excluídos;	4 a 5	100 %
Processar os perfis médios de 30min do IOP1, obtendo os perfis de retro-espalhamento;	6 a 7	100 %
Classificar a base de dados em período limpo e poluído, se baseando na classificação feita por Cirino (2015);	8	100 %
Análise estatística descritiva; Calcular os ciclos diurnos médios da distribuição vertical dos aerossóis; Interpretação dos resultados e comparação com trabalhos da literatura;	9 a 11	100 %
Relatório	12	100 %

7. Trabalhos

Os seguintes trabalhos foram apresentados durante a Iniciação Científica.

- 1) **Amanda V. dos Santos**, Diego A. Gouveia, Henrique M. J. Barbosa, Eduardo Landulfo: *Vertical distribution of clouds in central Amazon from the measurements of a ceilometer*. In: SPSAS on Frontiers in Lasers and their Applications, IPEN, São Paulo, 16-27 Julho 2018
- 2) **Amanda V. dos Santos**, Henrique M. J. Barbosa and Diego A. Gouveia: *Vertical distribution of the Manaus pollution plume during GOAmazon IOP1 (Feb-Mar 2014)*. In: 26 Simpósio Internacional de Iniciação Científica e Tecnológica da USP, Setembro 2018

- 3) **Amanda Vieira dos Santos**, Henrique de Melo Jorge Barbosa, Diego Alves Gouveia: *Calculating the vertical distribution of aerosol in Central Amazon from the measurements of a ceilometer during GoAmazon IOP1 (Feb-Mar 2014)*. In: X Workshop on Lidar Measurements in Latin America, Medellin, Colombia, November 2018.
⇒ Recebeu o prêmio de melhor trabalho
- 4) Henrique M. J. Barbosa, Carlos Alves, Theotonio Pauliquevis, Diego A. Gouveia, **Amanda V. Santos**, Alan Calheiros, David Adams: *On the trigger and time-scales of shallow-to-deep convection in Amazonia*. In: AGU Fall Meeting 2018, Washington DC, USA, 10-14 December 2018, A110-0235
- 5) **Amanda V. dos Santos**, Henrique M. J. Barbosa, Diego A. Gouveia, Theotonio Pauliquevis, Eduardo Landulfo: *Investigating the vertical distribution of clouds in Central Amazon from the measurements of a ceilometer during the GoAmazon2014/15 experiment*. In: AGU Fall Meeting 2018, Washington DC, USA, 10-14 December 2018, A31P-0270

8. Reserva técnica

O valor de R\$100,00 foi usado para o pagamento da taxa de inscrição na Escola São Paulo de Ciência Avançada em parceria com a XVI Escola Jorge André Swieca em Óptica Quântica e Óptica Não Linear com o tema “Fronteiras de Lasers e suas Aplicações” que aconteceu de 16 a 27 de julho de 2018.

O valor remanescente da Reserva Técnica foi usado para pagar a inscrição no evento AGU Fall Meeting 2018, que aconteceu em Washington, DC nos EUA de 10 a 14 de dezembro, assim como a taxa de submissão do resumo com o título “Investigating the vertical distribution of clouds in Central Amazon from the measurements of a ceilometer during the GOAmazon2014/15 experiment” que foi apresentado no evento pessoalmente na modalidade pôster no dia 12 de dezembro de 2018. Durante a conferência, além de terem sido apresentados os resultados desta pesquisa, também foi possível assistir palestras e outras apresentações de trabalhos da área de Física Atmosférica. O trabalho apresentado pode ser visto neste link: <https://agu.confex.com/agu/fm18/meetingapp.cgi/Paper/445188>.

9. Referências bibliográficas

- Baars et al., 2012: Aerosol profiling with lidar in the Amazon Basin during the wet and dry season. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 117, D21201, doi: 10.1029/2012JD018338, 2012
- Fernald, F.G.: Analysis of atmospheric lidar observations: some comments, *Appl. Opt.* 23, 652–653, 1984.
- Klett: J.D., Stable analytical inversion solution for processing lidar returns, *Appl. Opt.* 20, 211–220, 1981.
- Sasano, Y., E.V. Browell, S. Ismail: Error caused by using a constant extinction/backscattering ratio in the lidar solution, *Appl. Opt.* 24, 3929, 1985.
- Ryan Thalman, Suzane S. de Sá, Brett B. Palm, Henrique M. J. Barbosa, Mira L. Pöhlker, M. Lizabeth Alexander, Joel Brito, Samara Carbone, Paulo Castillo, Douglas A. Day, Chongai Kuang, Antonio Manzi, Nga Lee Ng, Arthur J. Sedlacek III, Rodrigo Souza, Stephen Springston, Thomas Watson, Christopher Pöhlker, Ulrich Pöschl, Meinrat O. Andreae, Paulo Artaxo, Jose L. Jimenez, Scot T. Martin, and Jian Wang, 2017: CCN activity and organic hygroscopicity of aerosols downwind of an urban region in central Amazonia: Seasonal and diel variations and impact of anthropogenic emissions. *Atmos. Chem. Phys.*, 17, 11779-11801, doi:10.5194/acp-17-11779-2017, 2017.