

Relatório sobre os dados do projeto SOS-CHUVA (Pluviômetros, disdrômetros, MRR e MP3000A)

Relator: Alan James Peixoto Calheiros

Este relatório apresenta uma verificação dos dados e comparação dos diversos equipamentos instalados nos sítios do projeto SOS-CHUVA. Inicialmente serão avaliados os dados dos pluviômetros instalados nos sítios de Jaquariúna (EMBRAPA), Campinas (UNICAMP) e Piracicaba (ESALQ e Fazenda Areão). Em seguida, serão analisadas as medidas dos disdrômetros Joss-Waldvogel e PARSIVEL nos sítios de Jaquariúna, Campinas e Piracicaba (ESALQ). Além das medidas de chuva na superfície, serão realizadas as avaliações dos dados do radar de apontamento vertical em 24GHz (MRR, *micro rain radar*). Além do sensor ativo citado anteriormente, análises sobre os dados do sensor passivo MP3000A será também apresentada, ambos instalados no sítio de Jaquariúna. Ressalta-se que este relatório é parcial e, portanto, pode estar sujeito a alterações futuras a medida que novos problemas e soluções forem encontrados.

As referências geográficas dos equipamentos do projeto SOS-CHUVA estão no link que segue: (posições dos diversos instrumentos instalados nos sítios do experimento – <http://soschuva.cptec.inpe.br/soschuva/instrumentosSítios.html>)

Os períodos de análises foram diferentes para cada instrumento, pois os dados eram atualizados em períodos diferentes ao longo do projeto.

Pluviômetros

O período de análise desses dados foi de 15 de setembro de 2016 a 3 de março de 2018. As Figuras 1 e 2 apresentam os gráficos de espalhamento entre os pluviômetros instalados nos sítios de Jaquariúna (Fig. 1) e Piracicaba (Fig. 2). Cabe ressaltar que, o único pluviômetro instalado no sítio da ESALQ é considerado aqui como RG10 em Piracicaba. Os valores de precipitação são os acumulados diários (mm/dia) de chuva. A correlação (cor, adimensional), bias (em mm) e discordância entre os equipamentos (*unagre*, em %) são mostrados no interior dos gráficos. As cores representam faixas de correlação entre os pluviômetros: o vermelho indica correlações menores que 0,55, o laranja entre 0,55 e 0,85 e o azul acima de 0,85. A discordância é a porcentagem de medidas entre dois pluviômetros na qual um deles indica que houve chuva e o outro não, ou vice-versa.

Note na Figura 1a que os pluviômetros RG02 e RG04 apresentaram diferenças significantes em suas medidas com relação aos outros no sítio de Jaquariúna. O RG02 apresenta considerável subestimativa dos valores se comparado aos outros instrumentos, que pode chegar a -15,6 mm. Na série temporal observada na Figura 3 fica evidente essa deficiência nas medidas. As Figuras 3 e 4 apresentam a série temporal das medidas realizadas por todos os pluviômetros durante o período de análise, na qual a resolução temporal é a mesma para todos. Já no caso do RG04, também foram observadas baixas correlações, que geraram valores de discordância que vão de 21 e 34% e superestimativas acima de 8,8mm/dia. Contudo, nota-se na Figura 3 que há um período de medidas mais confiáveis, correspondente a primeira metade das medidas realizadas dentro do período de análise.

Com relação ao sítio de Piracicaba, onde estão instalados 10 pluviômetros, aparentemente as medidas foram mais uniformes entre os instrumentos. Os gráficos de espalhamento (Figura 2) e as séries temporais (Figura 4) mostraram que apenas o pluviômetro 10 (Sítio ESALQ) teve uma menor correção, justificável pela maior distância com relação aos outros pluviômetros.

Já em Campinas (UNICAMP), Figura 5, apenas um pluviômetro faz parte dos dados coletados durante a campanha SOS-CHUVA, sem possibilidade de comparação com outro instrumento da mesma categoria. Contudo, nas seções posteriores serão comparadas as medidas com outros instrumentos que definem a precipitação, como os disdrômetros.

Diversos problemas operacionais foram observados, entre eles podemos citar: Sujeira em alguns pluviômetros que provocou entupimento, insetos que se instalaram na área de coleta do sensor e medidas não realísticas cujo o causador ainda não foi definido. O Usuário deve verificar a consistência dos dados comparando as medidas com outros instrumentos ao longo do ciclo de diurno.



Figura 1. Gráficos de espalhamento entre os pluviômetros instalados no sítio de Jaquariúna. Os valores de precipitação são acumulados diários de chuva (mm/dia). A correlação (cor), bias e discordância entre os equipamentos (unagre em %) são mostrados no interior da figura. As cores

representam faixas de correlação entre os pluviômetros: o vermelho indica correlações menores que 0,55, o laranja entre 0,55 e 0,85 e o azul acima de 0,85.

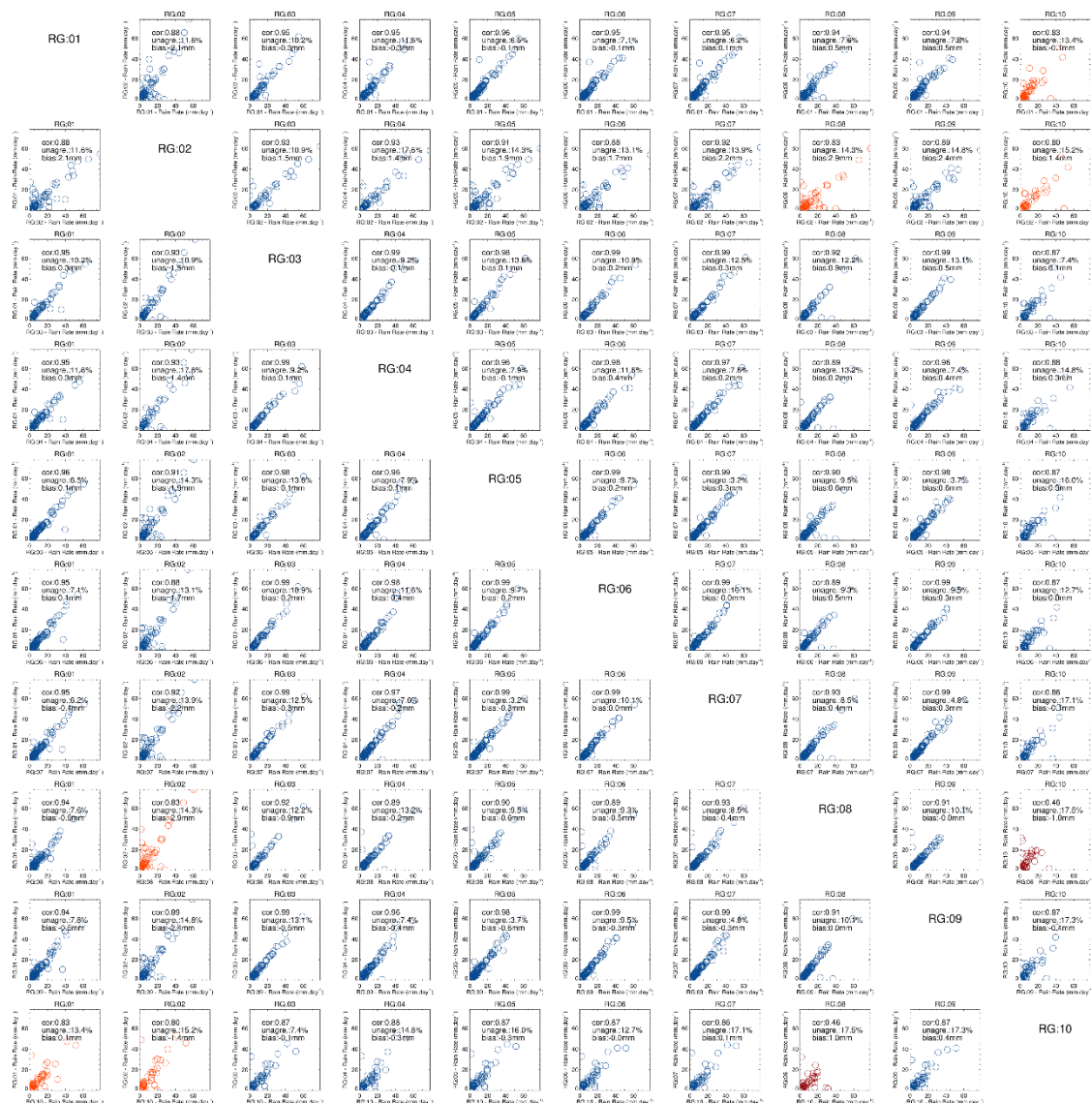


Figura 2. Gráficos de espalhamento entre os pluviômetros instalados no sítio de Piracicaba. Os valores de precipitação são acumulados diários de chuva (mm/dia). A correlação (cor), bias e discordância entre os equipamentos (*unagre* em %) são mostrados no interior da figura. As cores representam faixas de correlação entre os pluviômetros: o vermelho indica correlações menores que 0,55, o laranja entre 0,55 e 0,85 e o azul acima de 0,85.

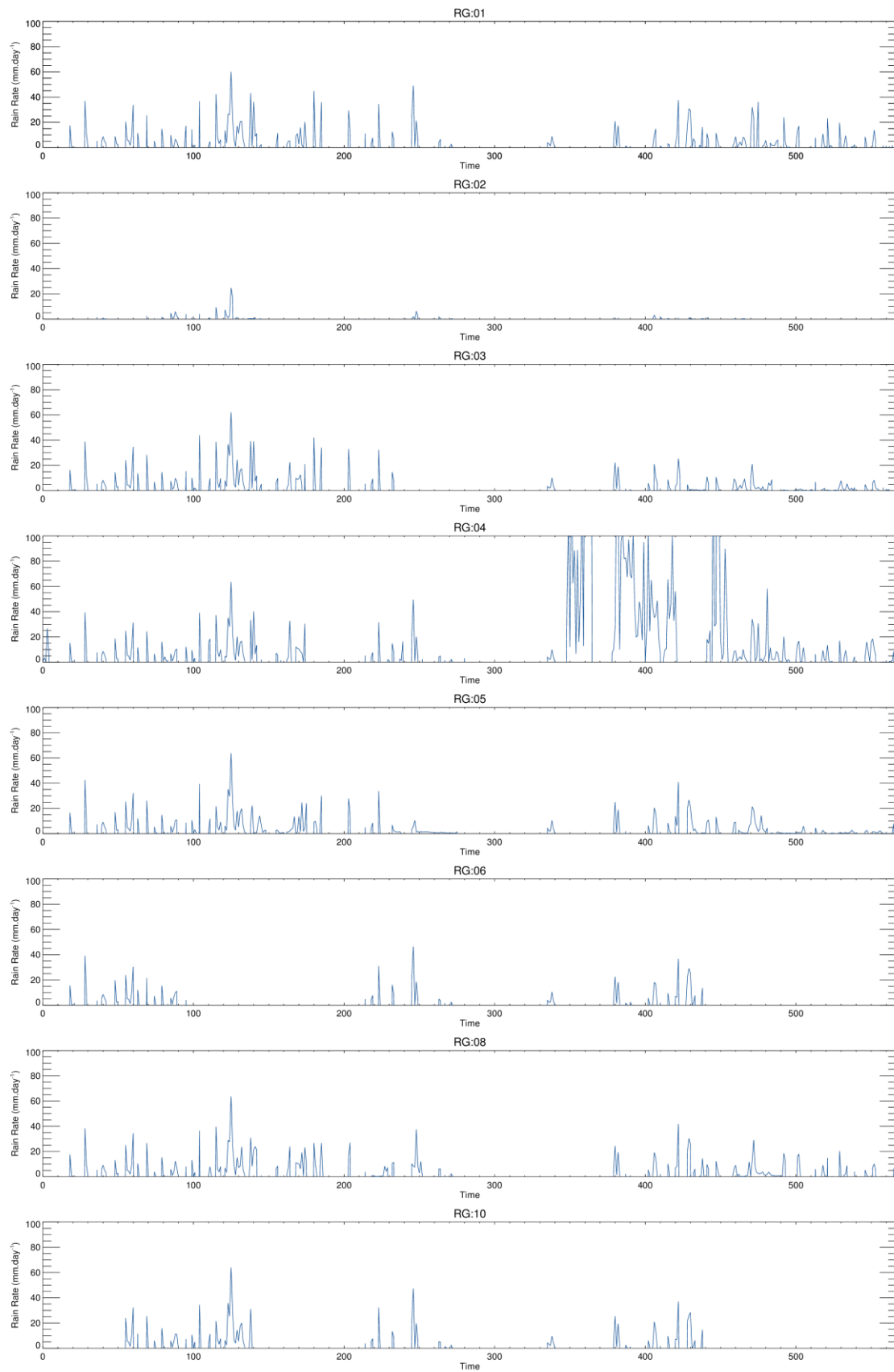


Figura 3. Série temporal da chuva (mm/dia) observada pelos pluviômetros no sítio de Jaquariúna.



Figura 4. Série temporal da chuva (mm/dia) observada pelos pluviômetros no sítio de Piracicaba.

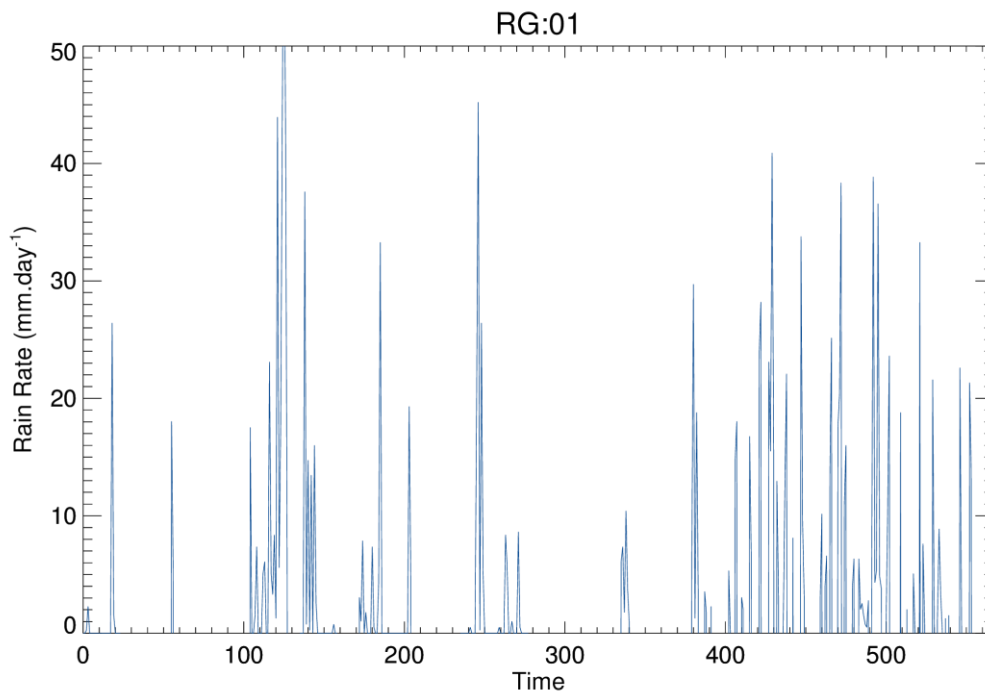


Figura 5. Série temporal da chuva (mm/dia) observada pelo pluviômetro no sítio de Campinas.

Disdrômetros

Dois tipos de disdrômetros foram instalados durante a campanha SOS-CHUVA, o Joss-Waldvogel (Joss, Joss and Waldvogel, 1967) e PARSIVEL (Löffler-Mang and Joss, 2000). Sendo que o Joss apenas foi instalado no sítio de Jaquariúna, enquanto três PARSIVELs foram instalados nos sítios de Jaquariúna, ESALQ (Piracicaba) e Campinas (Unicamp), um para cada sítio. As Figuras 6 a 9 mostram a série temporal das medidas realizadas para cada instrumento por sítio, valores negativos são dados faltantes e dentro de cada gráfico é possível visualizar os percentuais de falha dentro do período de análise, que são listados abaixo:

- PARSIVEL (Jaquariúna): de 10/09/2016 a 08/02/2018;
- PARSIVEL (ESALQ): de 09/09/2018 a 11/01/2018;
- PARSIVEL (Campinas): de 14/09/2016 a 12/04/2017;
- JOSS (Jaquariúna): de 14/09/2016 a 27/10/2017.

Com relação ao disdrômetro PARSIVEL (Figuras 6 a 8), as maiores falhas (36% do período analisado sem medidas) foram observadas no equipamento instalado no sítio da ESALQ (Figura 7), que além disso, mostrou valores altíssimos de taxa de chuva. Lembrando que para esta análise filtros para retirada de valores não-realísticos nas medidas de DSD (distribuição do tamanho de gotas de chuva) foram aplicados (Tokay et al, 2013), mas mesmo assim, a taxa de chuva superou valores acima de 200 mm/h, incluído taxas que chegam a 600 mm/h, que claramente aparentam problemas nas medidas, mas que podem ser facilmente excluídas por

filtros de máxima taxa de chuva e comparações com as medidas dos pluviômetros mais próximos ou sensores mais precisos, como é o caso do Joss (Figura 9) em Jaquariúna.

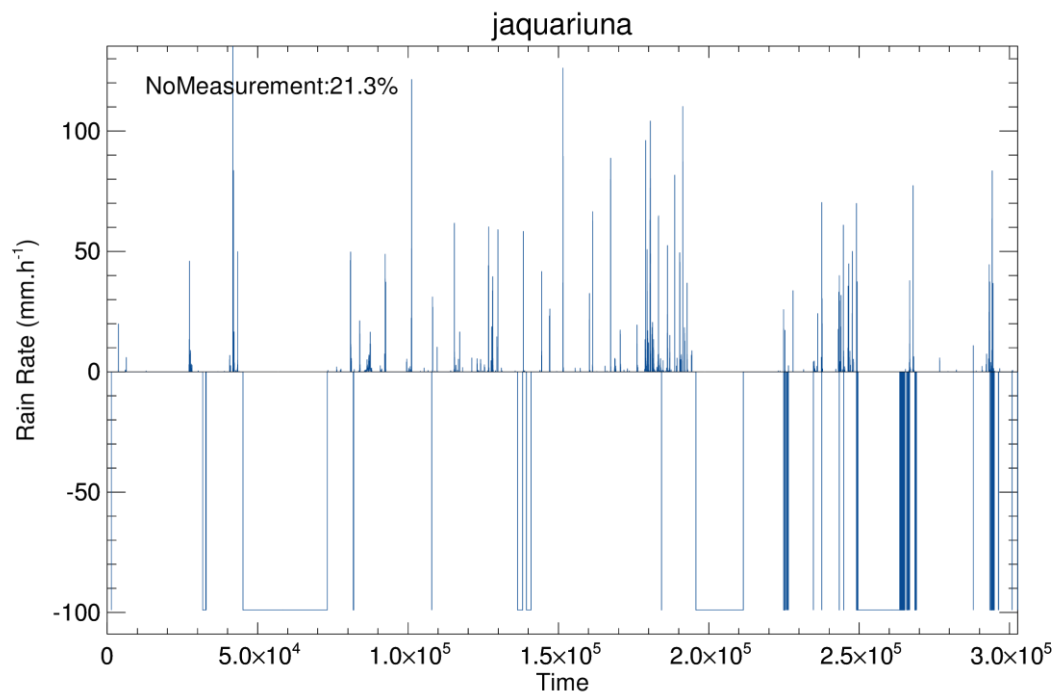


Figura 6. Série temporal da taxa de chuva (mm/h) observada pelo disdrômetro PARSIVEL no sítio de Campinas.

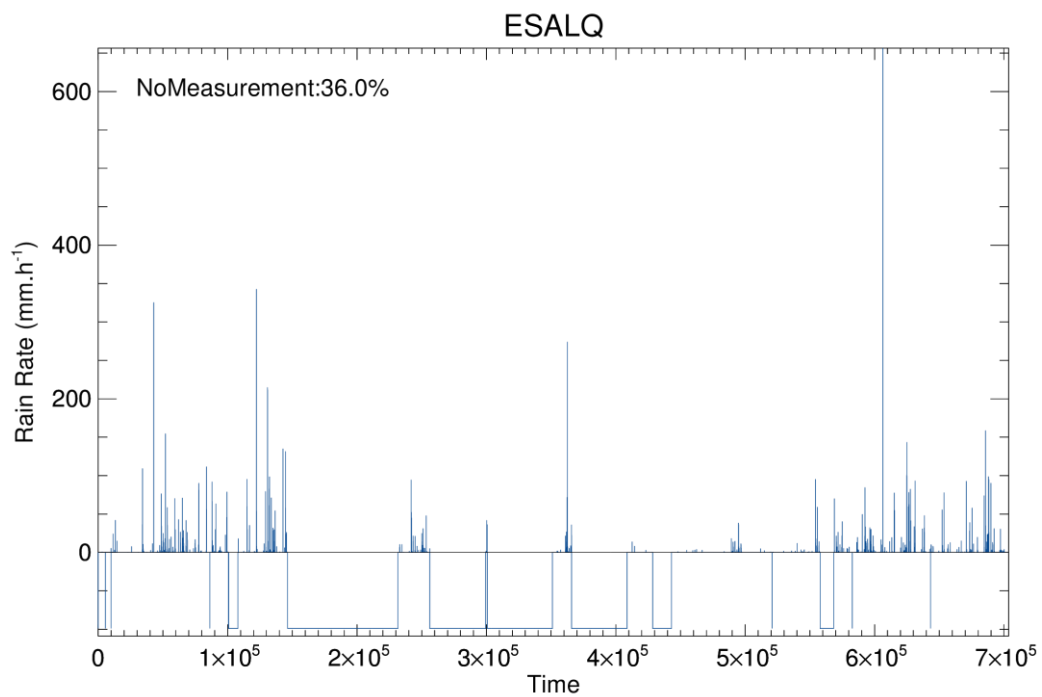


Figura 7. Série temporal da taxa de chuva (mm/h) observada pelo disdrômetro PARSIVEL no sítio de Campinas.

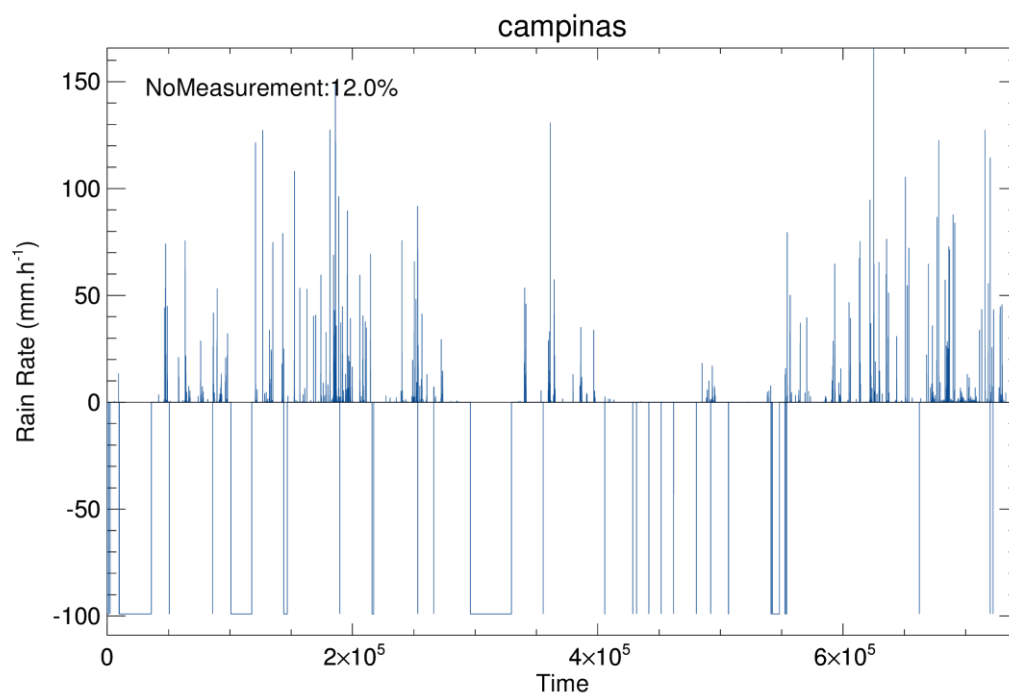


Figura 8. Série temporal da taxa de chuva (mm/h) observada pelo disdrômetro PARSIVEL no sítio de Campinas.

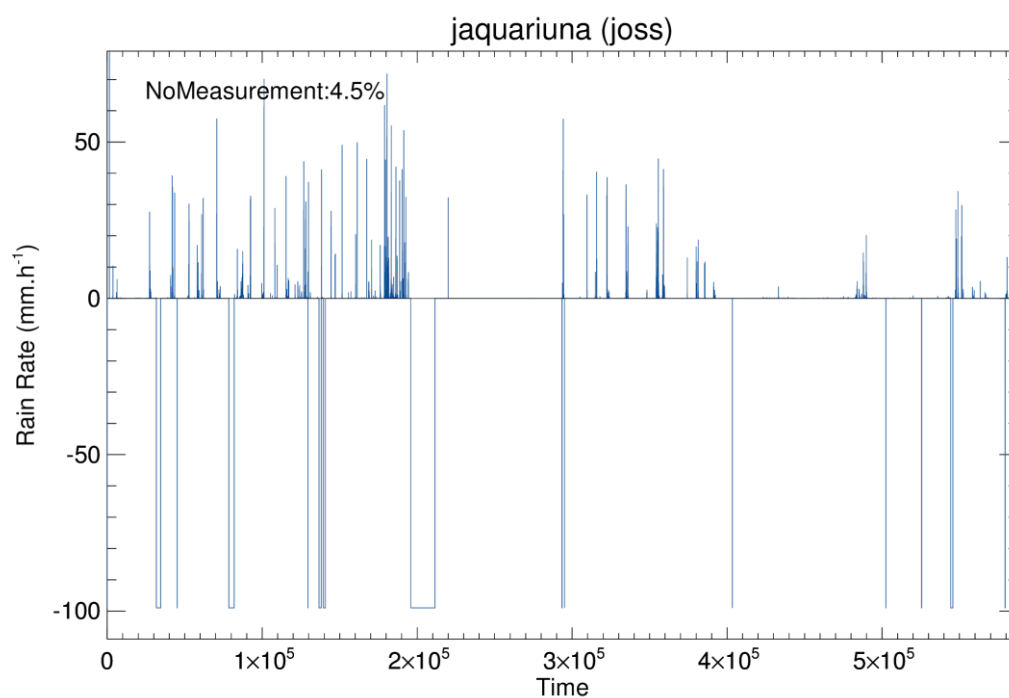


Figura 9. Série temporal da taxa de chuva (mm/h) observada pelo disdrômetro JOSS no sítio de Campinas.

A Figura 10 apresenta as comparações entre os disdrômetros e os pluviômetros mais próximos para cada sítio. Estas comparações têm o intuito de verificar a precisão das medidas dos disdrômetros, se considerarmos os pluviômetros como a verdade. Note que o valor de cada correlação (cor) é dado no interior de cada gráfico, assim como o bias entre os instrumentos, com respeito a esta última métrica, os valores negativos (positivos) indicam uma subestimativa (superestimativa) do disdrômetro com relação ao pluviômetro em mm/h. Novamente, pode ser observado na Figura 10b que o disdrômetro PARSIVEL da ESALQ foi aquele que apresentou os piores resultados das comparações com relação ao pluviômetro, com correlação inferior a 0,8 e um bias que mostra uma superestimativa de 0,8 mm/h. O melhor resultado entre as correlações foi observado para o PARSIVEL instalado no sítio de campinas, valor de 0,97. Já o menor bias observado foi aquele associado ao Joss em Jaquariúna, -0.2 mm/h.

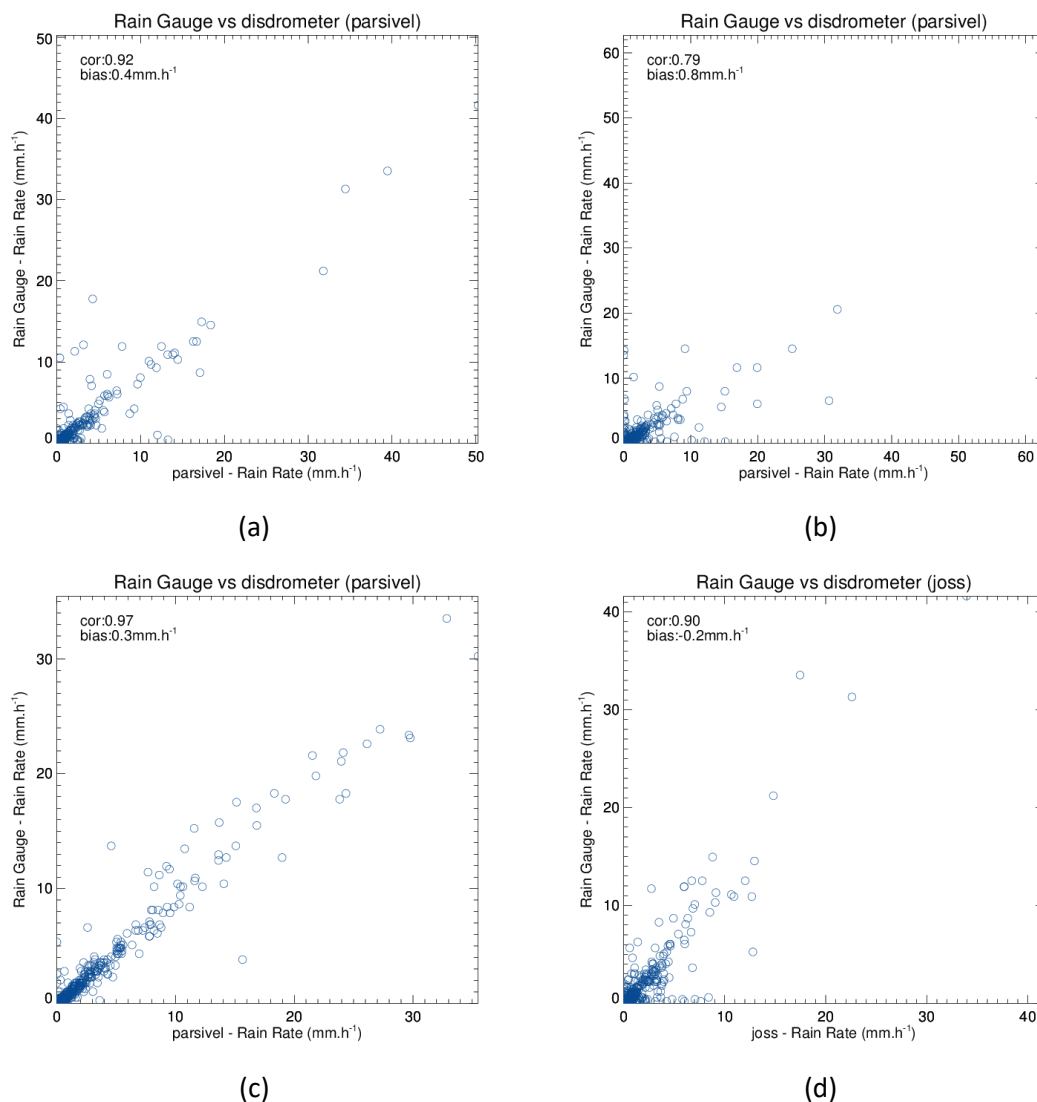


Figura 10. Gráfico de espalhamento entre os disdrômetros e pluviômetros mais próximos para: (a) Parsivel de Jaquariúna; (b) Parsivel de ESALQ; (c) Parsivel de Campinas; e (d) Joss de Jaquariúna. O valor da correlação (cor) é dado no interior do gráfico, assim como o bias entre os instrumentos (valores negativos indicam subestimativa do disdrometro com relação ao pluviômetro em mm/h).

MRR

Outro instrumento importante na caracterização da coluna de chuva, além do radar XPOL (não mostrado aqui), é o MRR (*Micro Rain RADAR*, Peters et al., 2005). Este instrumento é um radar de apontamento vertical com alta resolução temporal (1 minuto) e espacial (300 m), cuja coluna pode atingir a altura de 9km acima da superfície, segundo as estratégias de medidas do SOS-CHUVA. Para este relatório, o período de análise desses dados foi de 01/05/2017 a 28/11/2017. Devido a problemas operacionais, associados a uma falha de funcionamento do computador de controle, não foi possível realizar medidas ao longo de todo o experimento. Além disso, medidas não realísticas em 3 níveis de altura (4km, 8,4km e no topo) foram observadas, provavelmente associadas a interferência eletromagnética, como pode ser notado na Figura 11, que são as medidas dos perfis de refletividade radar realizadas ao longo do dia 19/08/2017.

A Figura 12 mostra a série temporal durante o período de análise para a refletividade radar (dBZ, em vermelho) no primeiro nível (300m) da coluna perfilada e a taxa de chuva observada na superfície (azul) dada pela sinergia entre os instrumentos de chuva (disdrômetros e pluviômetros) no sítio de Jaquariúna. Cabe ressaltar que, os valores próximos a -99 (-10) em vermelho (azul) indicam falta de medida pelo MRR (sensores de chuva). Note que durante a sua operação houve uma baixa falha nas medidas (menos de 1% do período), antes da ocorrência do problema de hardware. Além disso, os valores mais altos de refletividade radar estavam associados também as mais altas taxas de chuva, mostrando coerência entre as medidas. Contudo, durante um período houve falta de observação dos sensores de chuva na superfície o que dificulta a verificação das medidas realizadas pelo MRR.

Com o intuito de verificar a precisão das estimativas do MRR, foram analisadas as taxas de chuva estimadas pelo sensor no nível mais próximo da superfície (300m) com os sensores que observam a precipitação (disdrômetros e pluviômetros). A Figura 13 mostra o gráfico de espalhamentos entre as taxas de chuva do MRR com relação aos disdrômetro Joss (Fig. 13a) e pluviômetro mais próximo (Fig. 13b) no sítio de Jaquariúna. Note que os valores do MRR melhor se correlacionam (veja valores no interior do gráfico) com as medidas do Joss do que com as do pluviômetro. Tal resultado é de fato esperado, uma vez que o MRR se baseia também na DSD, que é determinada pela variação da velocidade doppler das gotas de chuva que caem sobre o feixe do radar. Contudo, observa-se que há uma subestimativa dos valores do MRR, independente do instrumento de comparação, de aproximadamente 0,3 mm/h. Tal resultado pode estar associado a atenuação da refletividade radar durante eventos de chuva convectiva, problema inerente a este tipo de equipamento e que pode ser facilmente identificado por comparações com as imagens do radar XPOL (não mostradas aqui).

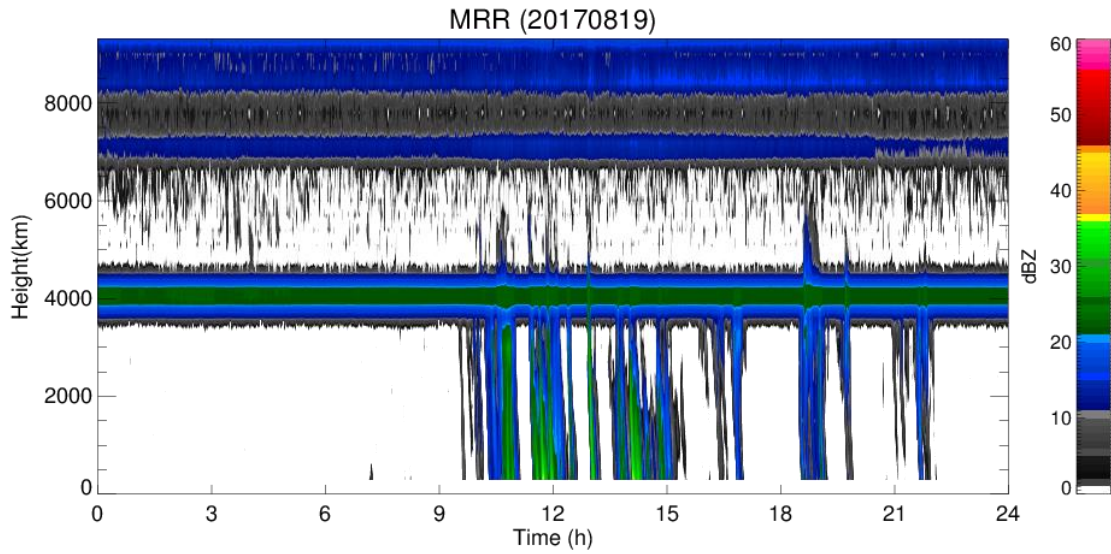


Figura 11. Medidas de refletividade radar (dBZ) realizadas pelo MRR durante o dia 19/08/2017.

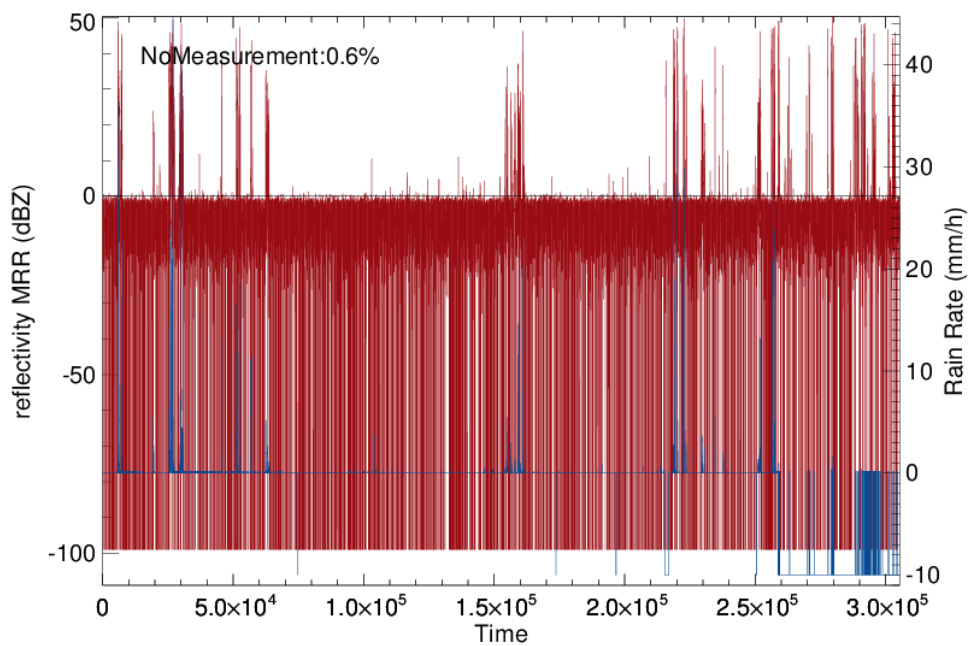


Figura 12. Medidas realizadas pelo MRR para o primeiro nível (300m) de refletividade radar (dBZ) durante todo o período de análise e a taxa de chuva observada na superfície (azul) dada pela sinergia entre os disdrômetros e pluviômetros no sítio de Jaquariúna. Note que os valores próximos a -99 (-10) em vermelho (azul) indicam falta de medida pelo MRR (sensores de chuva).

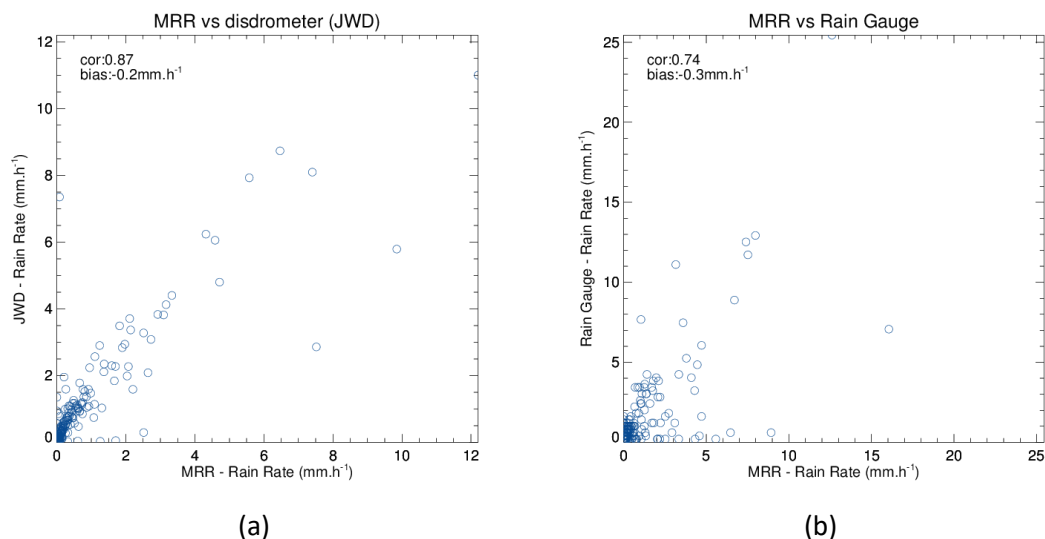


Figura 13. Gráfico de espalhamento da chuva estimada pelo MRR e a observada pelo disdrômetro Joss (aqui chamado excepcionalmente de JWD) (a) e o pluviômetro mais próximo (b). A correlação e o bias podem ser observados no canto superior esquerdo do gráfico.

MP3000A

Além dos instrumentos que informam sobre as propriedades da chuva, existem um equipamento específico para determinar as propriedades das nuvens e do ambiente em condições de céu claro e/ou nebulosos sem precipitação. Este instrumento é o radiômetro perfilador em micro-ondas (MP300A, Ware et al, 2003). Uma variável importante estimada pelo MP3000A é o conteúdo de água líquida de nuvens. A Figura 14 mostra os perfis de água líquida estimados para o dia 17/11/2016. Com esses valores é possível caracterizar as nuvens que produzem ou não precipitação sobre a região, assim como, limiares importantes para definição do momento de início da precipitação e na definição das propriedades radiativas observadas em sinergia com sensores a bordo de plataformas espaciais, de modo a determinar outras propriedades importantes para meteorologia por satélite. Dois canais em micro-ondas são especialmente importantes para determinar as propriedades das nuvens e vapor na atmosfera, estes são o 22,234 GHz, que está na ressonante de absorção do vapor d'água na atmosfera, e o 30 GHz, que é uma janela atmosférica. A Figura 15 mostra a série temporal das temperaturas de brilho (Tb em K) para os dois canais e a chuva observada na superfície pela sinergia dos disdrômetros e pluviômetros (mm/h em azul) durante o período de análise deste relatório para este equipamento (07/10/2016 a 29/11/2017). Nota-se na Figura 15 que os valores de Tb quando há precipitação são não-realísticos e todas as estimativas devem ser evitadas pelos usuários. Na Figura 15a os valores de Tb do canal 22,234GHz mostram maior variação do que as Tb em 30GHz, isso se dá pela sensibilidade ao vapor d'água. Ambas Tbs apresentam valores consistentes com a literatura nos períodos sem precipitação.

Alguns problemas operacionais foram observados ao longo do experimento, entre eles podemos citar a falha nas medidas do sensor de infravermelho, que é responsável por definir a base das nuvens e consequentemente tem importância nas estimativas. Logo, em virtude desses problemas, as estimativas após 24 de novembro de 2016 devem ser desconsideradas pelo usuário. Pesquisas para recuperar essas informações estão sendo realizadas.

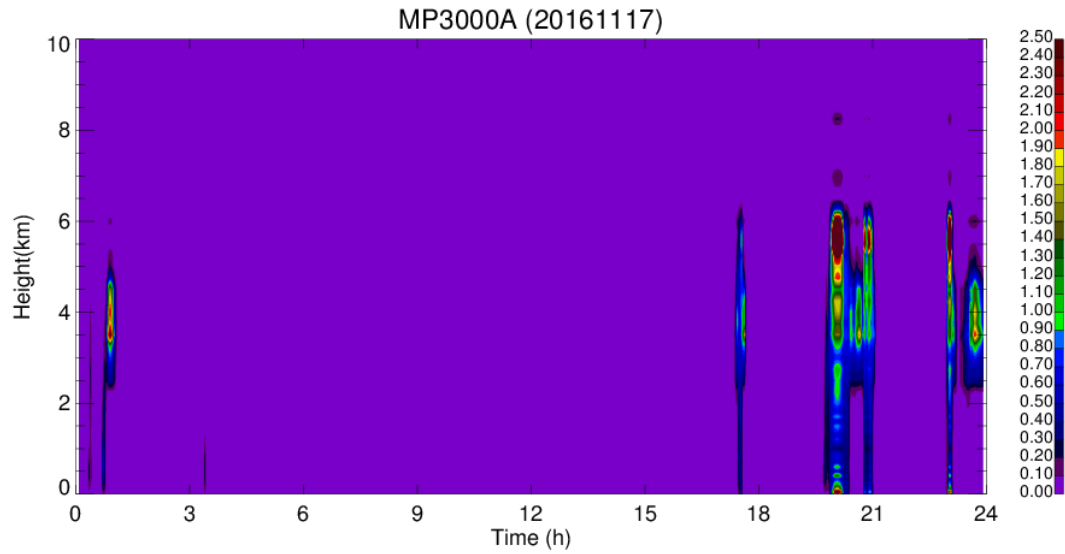
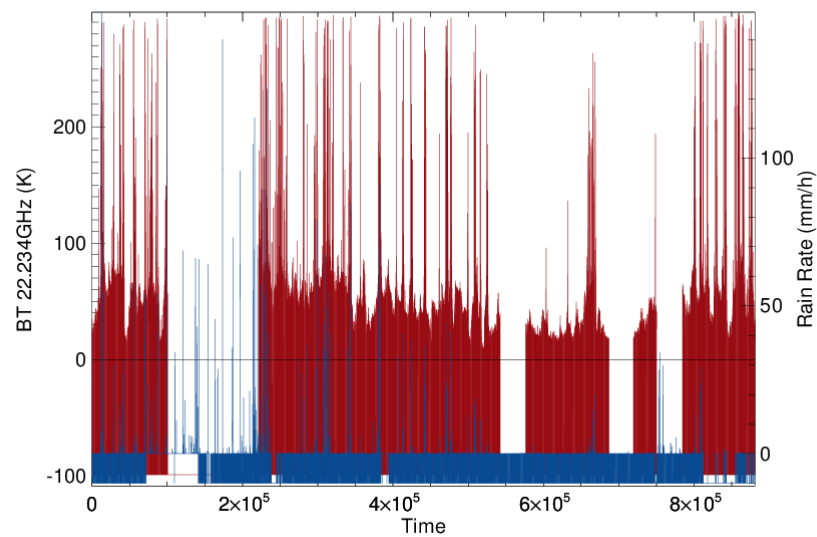
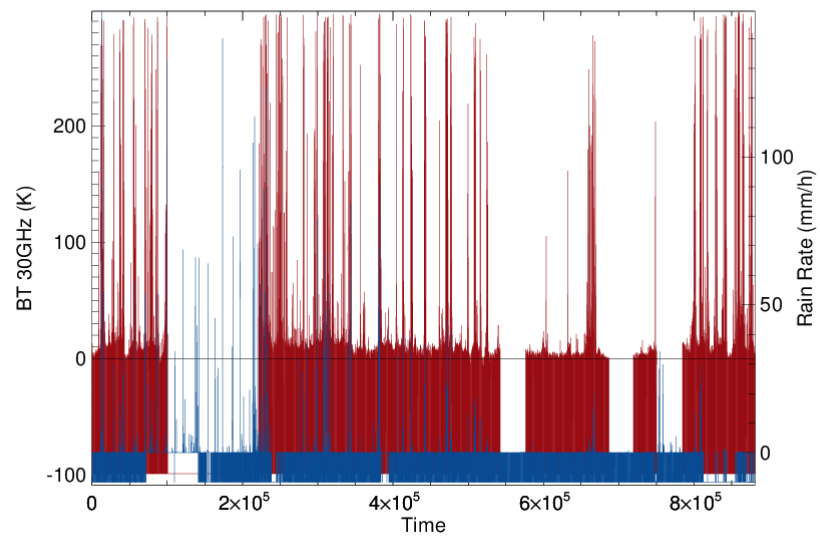


Figura 14. Perfis verticais de conteúdo de água líquida (g/m^3) durante o dia 17 de novembro de 2016.



(a)

Figura 15. Série temporal das medidas de temperatura de brilho (K) dos canais de 22,234GHz (a) e 30GHz (b) medidas pelo MP3000A (vermelho) e a chuva dada pela sinergia entre os pluviômetros e disdrômetros para o sítio de Jaquariúna.



(b)

Figura 15. Continuação.

Referências Bibliográficas

Joss, J., Waldvogel, A., 1967. Ein Spectrograph fur Niederschlagstropfen mit automatischer Auswertung (A spectrograph for the automatic analysis of (raindrops). *Pure and Applied Geophysics* 68, 240–246.

Löffler-Mang, M., Joss, J., 2000. An optical disdrometer for measuring size and velocity of hydrometeors. *J. Atmos. Ocean. Technol.* 17 (2), 130–139.

Peters, G., Fischer, B., Münster, H., Clemens, M., Wagner, A., 2005. Profiles of raindrop size distributions as retrieved by microrain radars. *J. Appl. Meteorol.* 44, 1930–1949.

Tokay, A., Petersen, W.A., Gatlin, P., Wingo, M., 2013. Comparison of raindrop size distribution measurements by collocated disdrometers. *J. Atmos. Ocean. Technol.* 30, 1672–1690.

Ware, R., Carpenter, R., Güldner, J., Liljegren, J., Nehrkorn, T., Solheim, F., and Vandenberghe, F. (2003). A multichannel radiometric profiler of temperature, humidity, and cloud liquid. *Radio Science*, 38(4).