

**DADOS METEOROLÓGICOS**

**DE**

**CUMARU - PE**

**2009-2012**

Bruno Werner Kägi

Berna, Janeiro 2015

# 1. Introdução

---

Cumaru é um município no Agreste meridional do estado de Pernambuco, Brasil, situado aproximadamente 90 km ao Oeste da costa atlântica Sul e próximo a oito graus latitudinais Sul. A cidade se encontra cerca de 370 m acima do nível do mar, no meio de um grupo de colinas no planalto da Borborema. Aqui o sol passa pelo zênite nos dias 27 de Fevereiro e 14 de Outubro. O clima se caracteriza por um período de chuvas muito irregulares entre Abril e Julho e um período prolongado de seca entre Agosto e Março. Segundo o "Atlas pluviométrico do Brasil" (1948) os meses mais chuvosos são Abril, Maio e Junho, os meses mais pobres em chuvas Outubro, Novembro e Dezembro.

Para a população nativa o clima é de grande importância: Quantidade e distribuição das chuvas são fatores decisivos para a agricultura extensiva e para a pecuária. Muitas casas da zona rural não dispõem de encanação de água; estes habitantes dependem completamente da água de açudes locais e de cisternas.

Nos longos períodos de seca falta água para animais, plantas e homem. Com frequência a irregularidade das chuvas prejudica o crescimento das plantações culturais. Finalmente as precipitações fortíssimas prejudicam muito a infra-estrutura do município, sobre tudo as estradas de terra mal drenadas. Visto a irregularidade das chuvas no inverno existe uma insegurança muito grande entre os agricultores, quanto ao momento certo para iniciar as plantações. Várias pessoas confirmaram que antigamente os agricultores tinham o costume de plantar milho e feijão por volta do dia 21 de Março – podiam ter certeza que a época de chuva começaria em breve. Estas pessoas lamentaram que hoje em dia a época de chuva começava com muito atraso.

Consta estes problemas e dúvidas conversando com vizinhos e amigos. Além disso um projeto próprio de construir uma segunda cisterna despertou meu interesse sobre o clima local. Eu precisava decidir o tamanho desta cisterna. Assim comecei a medir e anotar alguns dados meteorológicos. Infelizmente esta pesquisa foi interrompida depois de três anos e meio. Mesmo assim, com os dados coletados é possível fazer algumas conclusões interessantes sobre o clima de Cumaru-PE.

Agradeço às pessoas seguintes para seu apoio: Paulo de Assis Nascimento, Fabio-Junior, José Andrade Lima, Leandro Agostinho Alves Costa, José Maximiano de Souza, Branquinho Maximiano de Souza e Rhuan de Cássio Silva Nascimento.

Se você, ao ler este relatório, tem propostas, opiniões, sugestões, comentários, perguntas e ideias: Não hesite em comunicá-los para mim! Escreva um e-mail para: [gotobrasil@gmx.ch](mailto:gotobrasil@gmx.ch)

Este relatório está gratuitamente disponível no site: [www.cumaru-pe.com.br](http://www.cumaru-pe.com.br)

## 2. Método

---

Em princípio, foram medidas a quantidade de chuva, a temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a pressão atmosférica diariamente às 6 horas da manhã. Para a medição da quantidade de chuva um balde cilíndrico de 11 cm de diâmetro foi montado encima de um poste, cerca de 150 cm acima do solo. O balde foi coberto de um funil de plástico para proteger o conteúdo contra a evaporação durante o dia. Os parâmetros restantes foram medidos dentro da minha residência. Trata-se de uma casa bem ventilada nas proximidades do centro da cidade de Cumaru, cerca de 390 m acima do nível do mar. O instrumento de medição foi montado numa parede interior desta casa, aproximadamente 170 cm acima do solo. Do 1º de Janeiro de 2009 até o 31 de Agosto de 2010 foi usada uma estação meteorológica análoga, a partir do 1º de Agosto este aparelho foi substituído por uma estação digital da marca VION e do nome "Meteoscan"(www.vion-marine.com). Esta substituição permitiu uma medição mais exata.

Durante a pesquisa aconteceram vários imprevistos: Quando eu estava viajando, chamava um ajudante para anotar os dados no meu lugar. Algumas destas anotações eram mal legíveis ou pouco confiáveis e foram descartadas por esta razão. Duas vezes o balde de coleta de chuva de 12 cm de profundidade transbordou num período de 24 horas. Quando substituí a estação análoga pela digital, medi os dados durante um mês com ambos os aparelhos e constatei erros sistemáticos na medição da pressão atmosférica (-15.3 hPa) e da umidade relativa do ar (+18.6%). Os dados análogos usados neste relatório (aqueles de antes do 1º de Agosto de 2010) foram corrigidos neste sentido para permitir uma comparação de todos os dados.

Para poder melhorar o método de medição e para conhecer o desenvolvimento dos parâmetros durante o dia, a temperatura, a pressão atmosférica e a umidade relativa do ar foram medidas de hora em hora durante alguns dias dos anos 2011 e 2012.

Neste relatório, os dados mais representativos são apresentados em forma de tabelas e gráficos. Os dados originais são disponíveis nos relatórios anuais (veja [www.cumaru-pe.com.br/meteorologia/](http://www.cumaru-pe.com.br/meteorologia/)).

Os gráficos 8 (página 13) e 12 (página 20) apresentam a temperatura matinal, a umidade relativa matinal, a quantidade diária de chuva e a pressão atmosférica matinal. Para poder comparar o desenvolvimento e a dependência mútua destes parâmetros de um dia para outro, os dados foram reunidos no mesmo gráfico. A ordenada foi omitida de propósito porque os valores absolutos importam menos que as dependências mútuas das variações deles. A ordenada foi adaptada de maneira seguinte:

Tabela 1: Transformações dos valores dos gráficos 8 (página 13) und 12 (página 20):

Valor no gráfico	Temperatura	Pressão atm.	Umidade rel.	Quantidade de chuva:
5	25° C	961 hPa	90 %	50 mm
4	24° C	959 hPa	80 %	40 mm
3	23° C	957 hPa	70 %	30 mm
2	22° C	955 hPa	60 %	20 mm
1	21° C	953 hPa	50 %	10 mm
0	20° C	951 hPa	40 %	0 mm
Fórmula	$x-20$	$(x-951):2$	$(x-40):10$	$X:10$

Crítica do método: Como compromisso praticável, o horário diário de medição (às 6 horas da manhã) foi escolhido de maneira certa, porém seria ainda melhor medir os dados na hora exata do nascer do sol que varia um pouco ao decorrer do ano. Esta inexatidão falsifica um pouco os resultados. A medição da pressão atmosférica seria melhor no momento do valor mais baixo do dia, aproximadamente às 3 horas ou 15 horas, ou no momento do valor mais alto do dia, aproximadamente às 9 horas. Vista a quantidade de irregularidades climáticas seria útil levantar os dados durante um período mais prolongado de que foi feito. Também seria útil incluir na pesquisa a medição da insolação, a quantidade e direção dos ventos. Seria interessante aumentar o perímetro da pesquisa. Tenho certeza que os dados levantados correlatam altamente com a quantidade de chuva nas regiões vizinhas de Cumaru, por exemplo, e com a temperatura do mar.

## 3. Resultados

### 3.1. Médias anuais dos parâmetros meteorológicos levantados

Os dados foram levantados durante três anos e oito meses. A temperatura média matinal, que corresponde ao mesmo tempo à temperatura mais baixa do dia, foi 22.70° C. Os desvios padrão anuais da temperatura variaram entre 1.3° C e 1.7° C. A média anual da umidade relativa matinal foi 78.87 %, com um desvio padrão anual de 3.3 - 7.3%. A média da pressão atmosférica matinal foi 957.75 hPa, com um desvio padrão anual de 1.3 - 3.2 hPa. Foram grandes as variações da quantidade anual de precipitação. Em média choveu 1013 mm por ano, a diferença entre a quantidade menor e a quantidade maior era 1001 mm.

Tabela 2: Médias anuais e desvios padrão da temperatura matinal, da pressão atmosférica anual, da umidade relativa matinal e das quantidades de chuva:

Período	Duração [dias]	Média anual da temperatura matinal [°C]	Desvio padrão temperatura matinal [°C]	Média anual pressão atm. matinal [hPa]	Desvio padrão pressão atm. [hPa]	Média anual umidade relativa matinal [%]	Desvio padrão umidade rel. [%]	Quantidade anual de chuva [mm]	Desvio padrão quantidade de chuva [mm]
2009	365	23.12	1.555	959.60	3.176	76.35	7.30	916.0	0.912
2010	365	23.29	1.709	958.32	2.386	77.67	5.08	858.3	1.552
2011	365	22.34	1.498	956.92	2.072	82.08	3.47	1633.7	1.913
2012	243	22.10	1.291	952.15	1.268	80.35	3.33	534.4	0.787
2012 <sup>1</sup>	365 <sup>1</sup>	22.03 <sup>1</sup>		956.15 <sup>1</sup>		79.39 <sup>1</sup>		633.8 <sup>1</sup>	
Ø 2009-2012 <sup>1</sup>	1460 <sup>1</sup>	22.70 <sup>1</sup>		957.75 <sup>1</sup>		78.87 <sup>1</sup>		1010.5 <sup>1</sup>	

### 3.2. Médias mensais da umidade relativa matinal

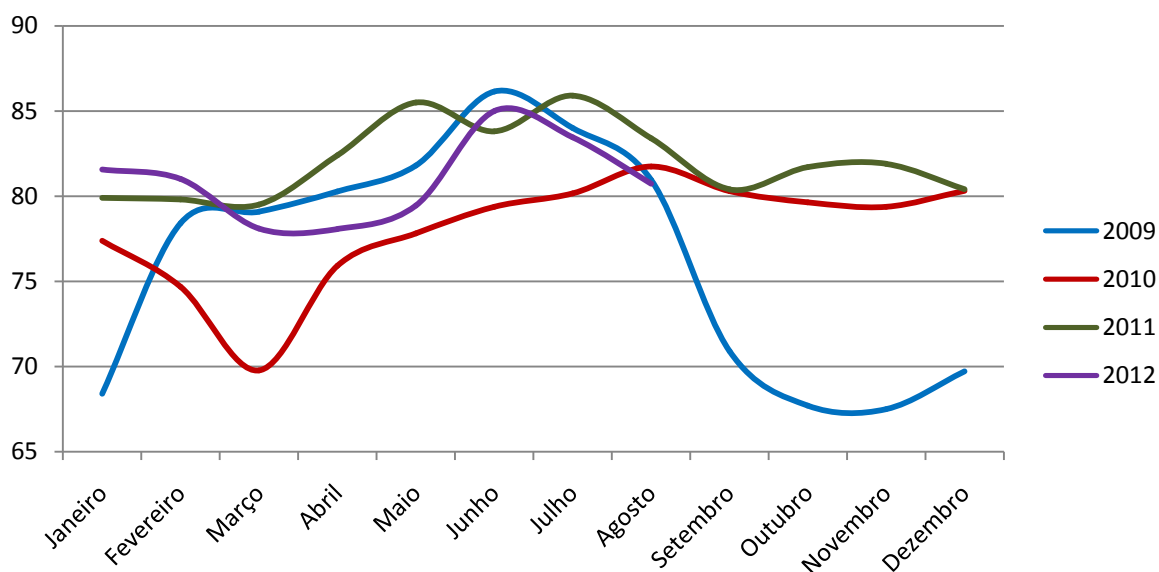
Os valores do mesmo mês de anos diferentes podem variar muito. Em princípio, existe uma correlação entre a umidade relativa e a quantidade de chuva do mesmo mês. Nos anos 2009 e 2011, por exemplo, os gráficos das médias mensais da umidade relativa (gráfico 1, página 5) parecem muito com os gráficos das quantidades mensais de chuva (gráfico 5, página 9), o que permite a conclusão que a umidade relativa sobe e desce paralelamente com a quantidade de chuva. Com os valores das médias mensais não podemos reconhecer se o aumento da umidade do ar é consequência ou causa dos eventos de chuva.

Os maiores aumentos da umidade relativa foram constatados no início das épocas de chuva dos anos 2010 e 2012. Em 2010 o mês de Março seco foi seguido por um período com muita chuva que fez aumentar a umidade relativa do ar. A maior redução da umidade relativa aconteceu de Agosto até Outubro de 2009.

Porém existem evoluções das médias mensais da umidade do ar que não são explicáveis com a quantidade mensal de chuva. Durante alguns meses, a umidade relativa desvia nitidamente da quantidade de chuva. Trata-se dos meses de Janeiro, Fevereiro, Junho e Agosto de 2010. Este fenômeno pode ser explicado com o fato que a umidade relativa do ar não depende apenas da quantidade de chuva. Temperaturas elevadas, por exemplo, diminuem a umidade relativa, e um excesso de chuva caída em um período curto não aumenta mais a umidade do ar, pelo simples fato que boa parte desta água não evapora, mas sim decorre pelos riachos e rios depois da saturação do solo. Uma explicação mais detalhada da relação entre a umidade do ar e os demais parâmetros meteorológicos acontecerá no capítulo 3.9 (página 11).

<sup>1</sup> Os valores disponíveis entre Janeiro e Agosto de 2012 foram extrapolados para o ano inteiro.

Gráfico 1: Médias mensais da umidade relativa matinal [em %]



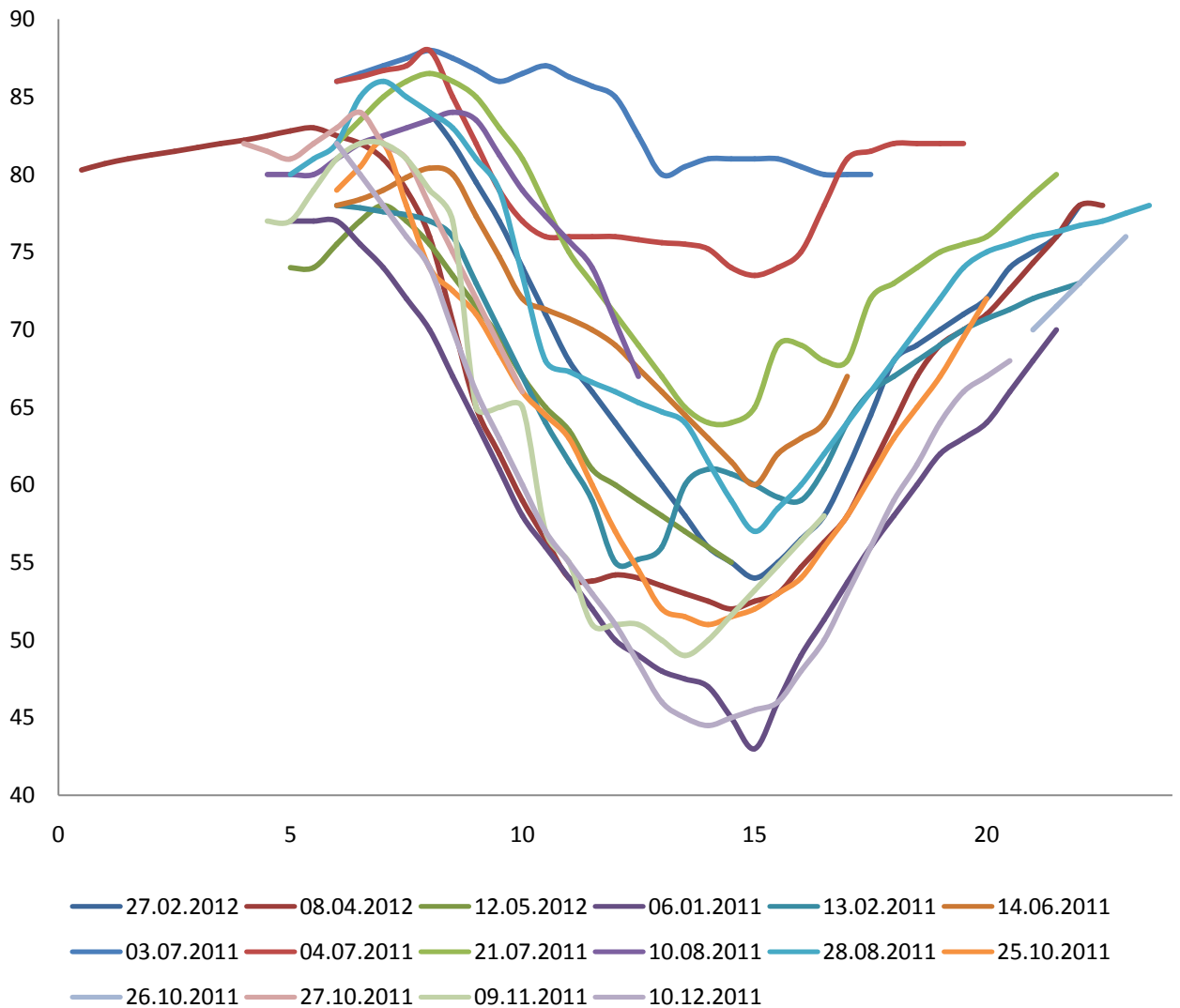
### 3.3. Umidade relativa matinal do ar ao decorrer do dia

Ao decorrer do dia a umidade relativa do ar matinal varia muito mais que as médias mensais. Durante o ano a umidade varia por alguns 15%, mas durante um único dia de verão a umidade relativa do ar pode diminuir por até 35%! Estas variações são principalmente consequências das variações de temperatura: Com a umidade absoluta fixa, a umidade relativa diminui ao aumento da temperatura. Os gráficos da umidade relativa do ar ao decorrer do dia (gráfico 2, página 6) e o da temperatura ao decorrer do dia (gráfico 4, página 8) são praticamente inversos.

Geralmente a umidade relativa alcança seu valor mais alto do dia entre 5 e 6 horas da manhã, exatamente na hora da temperatura mais baixa do dia. A altura deste valor depende principalmente da quantidade de chuva dos dias anteriores. Nas horas seguintes a umidade relativa cai até seu valor mais baixo do dia, até aproximadamente 15 horas, o que é pouco depois do momento da temperatura mais alta do dia. A partir daí a umidade relativa volta a aumentar; até aproximadamente 20 horas com a mesma velocidade como ela diminuiu de manhã, depois um pouco mais devagar até alcançar o valor mais alto do dia seguinte, antes do nascer do sol. Na época de chuva a umidade do ar diminui muito menos durante o dia que na época de seca. Num dia chuvoso pode até acontecer que a umidade relativa matinal se mantem durante o dia inteiro.

No período inteiro da pesquisa o valor mais alto de umidade relativa do ar foi medido no dia 3 de Março de 2011, às 16.15 horas, com 91%. Durante os cinco dias anteriores tinha chovido muito (219 mm), no dia da medição uma quantidade altíssima de 100 mm. Neste dia a temperatura não aumentou mais que até 24° C. Outro dia com um valor alto de umidade relativa do ar foi o dia 12 de Julho de 2011: Depois de duas semanas chuvosas, às 6 horas da manhã, a umidade relativa alcançou o valor altíssimo de 90%. Este valor se manteve até as 11.40 horas e caiu durante a tarde apenas até 86%. A menor umidade relativa do ar, um valor de 43%, foi medido no verão, exatamente no dia 6 de Janeiro de 2011, às 15 horas, no momento da temperatura mais alta do dia (30.5° C), depois de vinte dias sem chuva.

Gráfico 2: Umidade relativa ao decorrer de alguns dias seleccionados



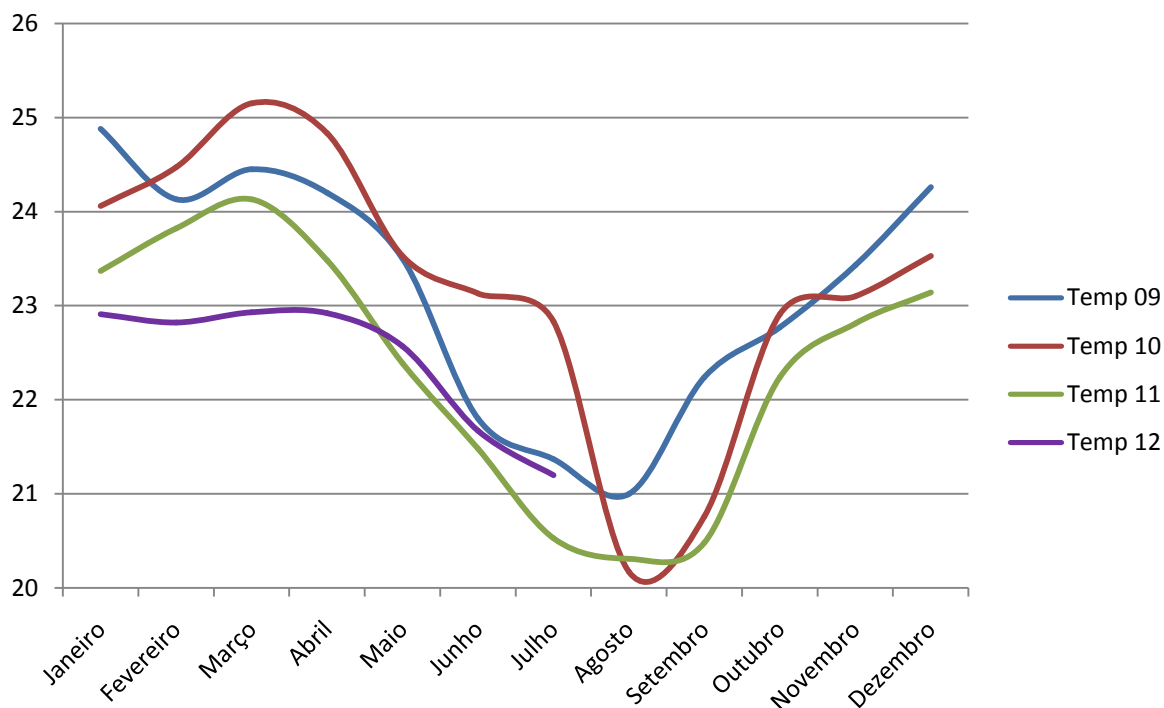
De vez em quando a evolução normal sofre irregularidades: Sobre tudo durante a época de chuva a queda matinal da umidade relativa é interrompida por um aumento de alguns minutos ou de uma ou duas horas, para voltar a diminuir depois. Isso aconteceu nos dias 5 e 6 de janeiro de 2009, por exemplo, e nos dias 13 de Fevereiro, 3, 4 e 21 de Julho de 2011. Estas irregularidades podem ser explicadas com a passagem de nuvens ou massas de ar mais úmidas.

#### 3.4. Médias mensais da temperatura do ar matinal

As médias da temperatura matinal refletem sobre tudo a quantidade de energia que alcança o solo e que pode ser armazenada na terra e na vegetação durante a noite. Esta quantidade de energia depende principalmente da posição do sol e da quantidade de nuvens. Para entender o gráfico 3 (página 7) temos que considerar que as nuvens da época de chuva, a umidade do solo e a vegetação são fatores que atrasam o aquecimento diário. Em Cumaru o sol passa pelo zénite nos dias 27 de Fevereiro e 14 de Outubro, a posição mais baixa do sol é no dia 21 de Junho. Durante o período inteiro da pesquisa a menor média mensal da temperatura matinal foi medida no mês de Agosto, dois meses depois do dia da menor radiação solar. Os valores mais altos foram alcançados no mês de Março dos

anos 2010 - 2012, um mês depois do dia com a maior radiação solar do ano. A diferença de temperatura entre a época de chuva e a época de seca é de aproximadamente 4 - 5° C. A maior queda de temperatura entre a época de seca e época de chuva aconteceu no ano 2010: De Março até Agosto a média de temperatura do ar matinal caiu de 25.15° C à 20.17° C, o que significa 5° C em cinco meses.

Gráfico 3: Médias mensais da temperatura do ar matinal [em °C]



### 3.5. Temperatura do ar ao decorrer do dia

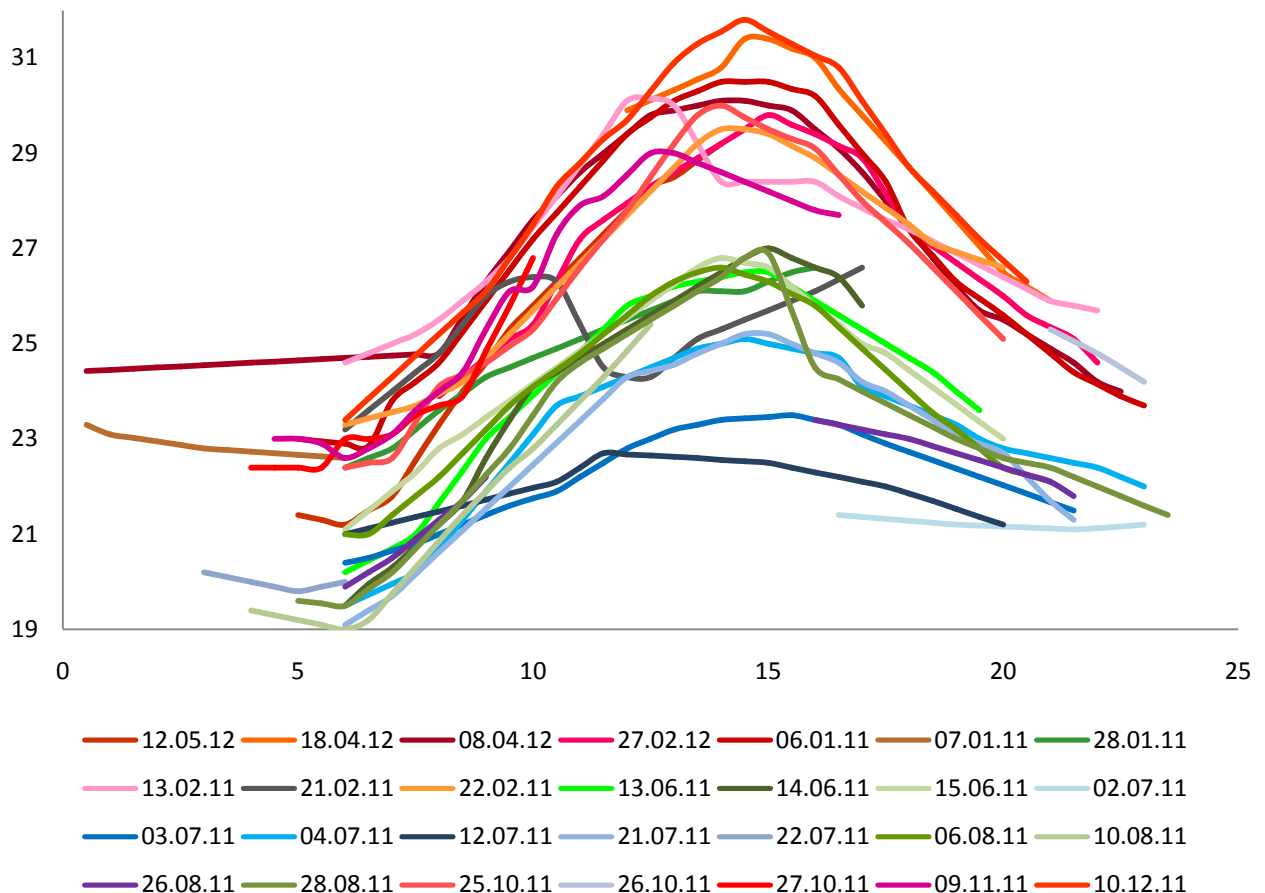
A temperatura do ar apresenta uma evolução muito característica durante o dia. Antes do nascer do sol, aproximadamente às 6 horas, é a temperatura mais baixa do dia. Na época de seca são cerca de 23° C, na época de chuva alguns 3° C menos. A temperatura mais baixa medida foi 18.6° C, o que aconteceu no dia 15 de Agosto de 2010, às 6 horas da manhã. Visto que não choveu durante os seis dias anteriores, podemos supor que o céu era descoberto durante a noite anterior, fato que ajuda a explicação desta temperatura baixa. A partir do nascer do sol a temperatura do ar aumenta quase linearmente até o valor mais alto do dia. Este aumento de temperatura é de aproximadamente 9° C durante a época de seca e cerca de 6° C durante a época de chuva. Durante a época de seca a temperatura mais alta do dia é alcançada entre 14 und 15 horas. A temperatura mais alta, 35° C, foi medida no dia 7 de Março de 2010, às 15.30 horas. Neste dia a temperatura matinal antes do nascer do sol foi 25° C. Foi um dia sem chuva, mas chovera nos dois dias anteriores. Durante a época de chuva as temperaturas costumam ser mais baixas, e a temperatura mais alta do dia é alcançada um pouco mais cedo que durante a época de seca.

A partir deste momento a temperatura volta a diminuir até chegar à temperatura mais baixa do dia seguinte, antes do nascer do sol. Esta queda de temperatura é muito mais acentuada antes de meia noite que de madrugada.



As temperaturas seguem este padrão durante a maioria dos dias do ano. A evolução é influenciada pela chuva e pelas nuvens. Nuvens durante o dia e chuva atrasam o aumento ou aceleram a queda da temperatura, nuvens durante a noite conservam o calor do dia anterior. No dia 21 de Fevereiro de 2011, por exemplo, uma chuva matinal provocou uma queda da temperatura de 2° C durante duas horas, e durante a noite nublada do dia 8 de Abril de 2012 a temperatura do ar aumentou, ao invés de diminuir.

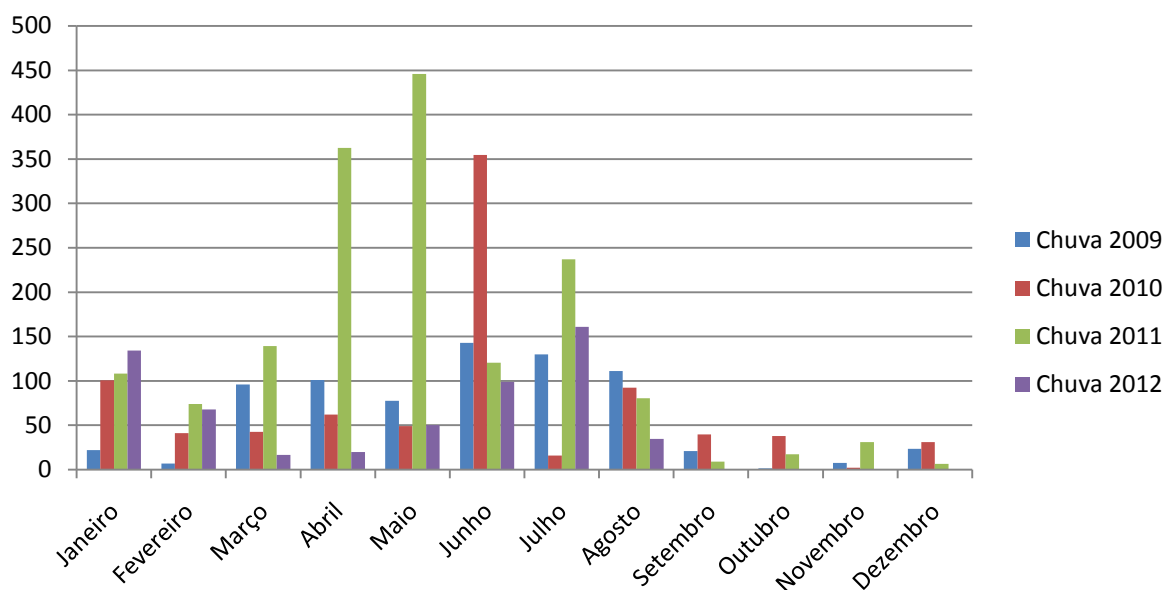
Gráfico 4: Temperatura do ar ao decorrer de alguns dias selecionados [°C]



### 3.6. Quantidade mensal de chuva

Em Cumaru a quantidade de chuva varia muitíssimo de um ano para outro. No ano 2009 caíram 916 mm, no ano seguinte 858 mm, em 2011 foram 1'633.7 mm. Os meses mais secos do ano são Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro, os meses mais chuvosos Maio, Junho e Julho. O mês de Janeiro também apresenta uma pequena época de chuva. A quantidade mensal de chuva também varia muito no mesmo mês de anos diferentes: No mês de Maio de 2011, por exemplo, caiu nove vezes a quantidade de chuva dos mesmos meses dos anos 2010 e 2012. Geralmente grande parte da chuva mensal e anual cai em poucos dias: Em quatro dias do mês de Maio de 2011 choveu 81% da chuva mensal ou 22% da chuva anual, e em três dias do mês de Junho de 2010 caíram 31% da chuva anual. O mês mais seco do período inteiro de pesquisa foi o Outubro de 2009 com uma quantidade de chuva mensal de apenas 1.5 mm. Desconsiderando chuvas diárias menores de 1 mm, o período mais prolongado de seca demorou 48 dias. Ele começou no dia 26 de Setembro de 2009 e demorou até o dia 12 de Novembro de 2009.

Gráfico 5: Quantidades mensais de chuva [mm]



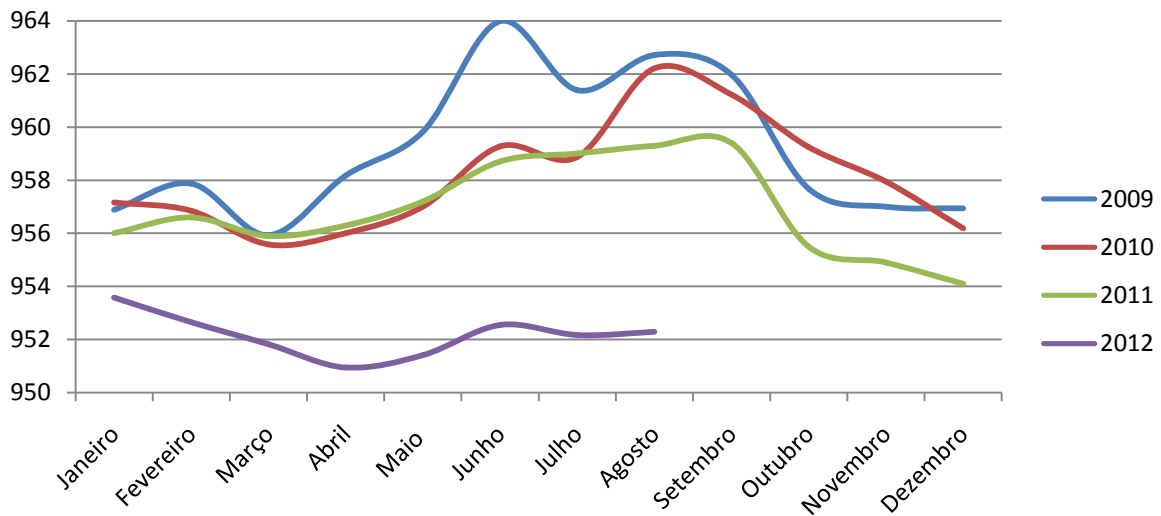
Com as maiores quantidades de chuva nos meses de Maio até Julho o clima de Cumaru é semelhante ao da região costeira do Pernambuco (grupo 7b, na página 21 do Atlas pluviométrico do Brasil 1948) e se distingue nitidamente do clima do sertão onde a maior quantidade de chuva cai entre os meses de Janeiro e Abril. Segundo Lyra et al. 2014 podemos distinguir entre uma época de seca, uma época de chuva e uma época de transição. A época de transição se prolonga geralmente com o aumento de distância do litoral. Segundo a definição de Lyra et al. 2014 a época de seca de Cumaru consiste nos meses de Setembro até Dezembro, a época de transição nos meses de Janeiro até Maio e a época de chuva nos meses de Junho até Agosto.

### 3.7. Médias mensais da pressão atmosférica matinal

Em princípio a pressão atmosférica matinal é alta durante a época de chuva, além disso há uma alta relativa no mês de Janeiro ou Fevereiro. Durante os meses mais secos do ano a pressão atmosférica é mais baixa. As médias mensais mais altas foram medidas nos meses de Junho e Agosto.

Nos meses de Julho dos anos de 2009 e 2010 a pressão atmosférica caiu sem motivo evidente. Os valores altos de pressão nos meses de Janeiro dos anos de 2009 e 2011 também não são explicáveis com os dados disponíveis. Outro fenômeno sem explicação é a pressão baixa geral no ano 2012. Existe apenas uma correlação fraca entre a evolução das médias da pressão atmosférica e as quantidades mensais de chuva. Com os dados disponíveis não podemos concluir que uma quantidade grande de chuva é consequência de uma pressão atmosférica alta.

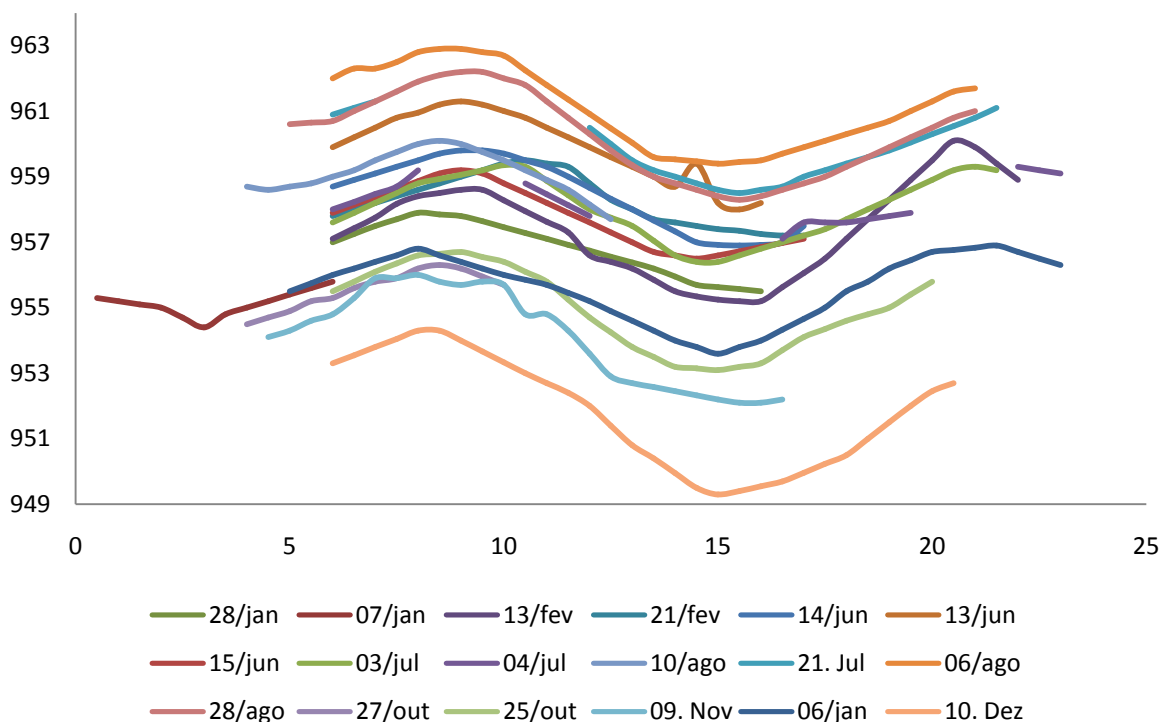
Gráfico 6: Médias mensais da pressão atmosférica matinal [hPa]



### 3.8. Pressão atmosférica ao decorrer do dia

Durante o dia a pressão atmosférica sofre um desenvolvimento interessante e muito regular que parece ser independente de todos os outros parâmetros medidos. O gráfico 7 (página 10) mostra duas fases de pressão alta e baixa por 24 horas que se seguem mutuamente. A primeira fase de pressão alta acontece aproximadamente às 8.30 – 9 horas, a segunda 12 horas depois, aproximadamente às 21 horas. Entre estas fases de pressão alta a pressão cai regularmente por cerca de 3-5 hPa. Esta variação é muito maior que descrita na literatura. Segundo Dai 1999 as variações de pressão atmosféricas não deveriam ultrapassar 1.3 hPa (página 3879).

Gráfico 7: Pressão atmosférica ao decorrer de alguns dias selecionados [hPa]



O valor mais alto da pressão atmosférica, 962.9 hPa, foi medido às 9 horas do dia 6 de Agosto de 2011, o valor mais baixo, 949.3 hPa, às 14.37 horas do dia 10 de Dezembro de 2011.

Nesta oportunidade eu quero descrever outro fenômeno em relação com a pressão atmosférica: Quando eu estava viajando, chamava um amigo para ele anotar os dados meteorológicos diários. Uma vez um dos meus ajudantes decidiu levar o aparelho de medição para casa dele. Minha casa está situada numa tendêncua com inclinação fraca e exposta ao Norte, 390 m acima do nível do mar, enquanto a casa dele está situada numa distância de cerca de 400 m ao Nordeste da minha casa, numa tendêncua com inclinação mais acentuada e exposta ao Sul, aproximadamente 420 m acima do nível do mar. Mesmo que as duas casas estão situadas na mesma micro-região e se distinguem apenas em poucos metros de altitude, medi várias vezes uma queda de pressão atmosférica da minha casa para a casa dele de 3.5 hPa. Suponho que a orientação da inclinação - e por consequência a situação quanto aos ventos - seja causa desta diferença grande de pressão atmosférica. É evidente que eu corriji os dados na volta da minha viagem.

### 3.9. Relação entre os eventos de chuva, a pressão atmosférica e a umidade relativa do ar

O gráfico 8 (página 13) mostra o desenvolvimento dos parâmetros ao decorrer do ano. Com este gráfico podemos identificar o início e o fim de épocas de chuva e de seca, além dos aumentos de temperatura, da umidade do ar e da pressão atmosférica matinal em períodos prolongados.

O início das épocas de chuva parece coincidir com um aumento da pressão atmosférica e uma queda da temperatura do ar. Esta relação já é evidente nos gráficos 3 (página 7), 5 (página 9) e 6 (página 10), portanto aparece melhor ainda no gráfico 8. Quanto mais alta a curva preta da pressão atmosférica e mais baixa a curva vermelha da temperatura, mais regular a quantidade de chuva. Durante os períodos nos quais a curva da temperatura fica debaixo da curva da pressão, chuvas diárias são comuns. Podemos concluir que a época de chuva não é causada pela zona de convergência tropical (ZCT) porque as chuvas da ZCT deveriam ser acompanhadas por uma redução de pressão atmosférica.

Em 2009 a época de chuva durou do dia 21 de Maio até o dia 15 de setembro, em 2010 do 4 de Junho até o dia 3 de setembro, em 2011 do dia 7 de Abril até o dia 3 de Setembro, e em 2012 ela começou no dia 24 de Maio. As quedas de temperatura e os aumentos da pressão atmosférica correspondentes aconteceram nos dias seguintes:

*Tabela 3: Momento das quedas de temperatura e aumentos da pressão atmosférica correspondentes ao início das épocas de chuva:*

<u>Ano</u>	<u>Momento da queda de temperatura comparado com o início da época de chuva</u>	<u>Momento do aumento de pressão atmosférica comparado com o início da época de chuva</u>
2009	- 2 dias	+ 2 dias
2010	+ 5 dias	- 1 dia
2011	+ 7 dias	+ 42 dias
2012	- 4 dias	+ 29 dias

Para a tabela 4 (página 12) as médias da temperatura e da pressão atmosférica dos 10 respectivamente 20 dias precedentes ao início da época de chuva foram comparadas com os mesmos valores dos dias seguindo o início da época de chuva. Daí resulta que nos 10 dias seguindo o início da época de chuva, a temperatura matinal foi 0.53° C mais baixa que nos 10 dias precedentes a esta data. Entre os 10 dias antes do início da época de chuva e os 10 dias depois desta data a pressão atmosférica aumentou, em média, por 1.53 hPa.

Tabela 4: Diferenças das médias da temperatura matinal e da pressão atmosférica matinal dos dias precedentes ao início da época de chuva e dos dias seguintes ao início da época de chuva:

Ano	temperatura		pressão atm.	
	10 dias	20 dias	10 dias	20 dias
2009	- 0.8° C	- 1.265° C	+ 2.6334 hPa	+ 3.791 hPa
2010	- 0.3° C	- 0.25° C	+ 1.5 hPa	+ 1.95 hPa
2011	- 0.66° C	- 1.165° C	+ 0.79 hPa	+ 0.04 hPa
2012	- 0.36° C	- 0.3787° C	+ 1.42 hPa	+ 1.168 hPa
Ø dos 4 anos	- 0.53° C	- 0.765° C	+ 1.586 hPa	+ 1.737 hPa

Além disso podemos observar que antes de eventos de chuvas estivais a pressão atmosférica matinal, a umidade relativa matinal e a temperatura matinal diminuem. A tabela 5 (página 14) apresenta a maioria dos eventos de chuva e quedas de pressão estivais dos anos 2009-2012, junto com as diminuições de umidade relativa correspondentes. Os valores que apoiam a tese acima mencionada são marcadas em amarelo, os valores que contradizem a tese em vermelho.

Podemos extrair da tabela 5 (página 14) que em 44 meses teve 66 situações ou de chuvas estivais ou quedas de pressão atmosférica estival que anunciaram eventos de chuvas. 58 destas situações resultaram em eventos de chuvas estivais. Apenas antes de 6 eventos de chuva estival faltou a queda da pressão atmosférica; antes de todos os demais eventos a pressão atmosférica caiu nitidamente. A pressão atmosférica começou a cair 3.57 dias antes do início da chuva estival, em média, e voltou a subir apenas pouco tempo antes do início da chuva. A queda média foi de 2.7 hPa em 3.3 dias. Nos 3 dias precedentes aos eventos de chuvas estivais a pressão atmosférica caiu 0.73 hPa, em média. Antes dos eventos de chuva a umidade relativa diminuiu com alta regularidade, em 64 dos 66 eventos pesquisados. Em média, a umidade relativa começou a cair 3.3 dias antes do evento de chuva, e alcançou seu valor mais baixo 1.12 dias antes do início da chuva. A queda média total da umidade relativa era de 5.042 %. A queda média da umidade relativa entre o 3º e o 1º dia antes de chuvas estivais era de 1.23 %. Em dois terços das situações aconteceu uma queda de temperatura antes do início da chuva. Esta queda começou 1.7 dias antes da chuva, em média, e continuou a cair até imediatamente antes do início da chuva. A diminuição média da temperatura era 1.257° C.

Gráfico 8: Temperatura matinal (vermelho), pressão atmosférica matinal (preto), umidade relativa do ar matinal (verde) e quantidade diária de chuva (azul)

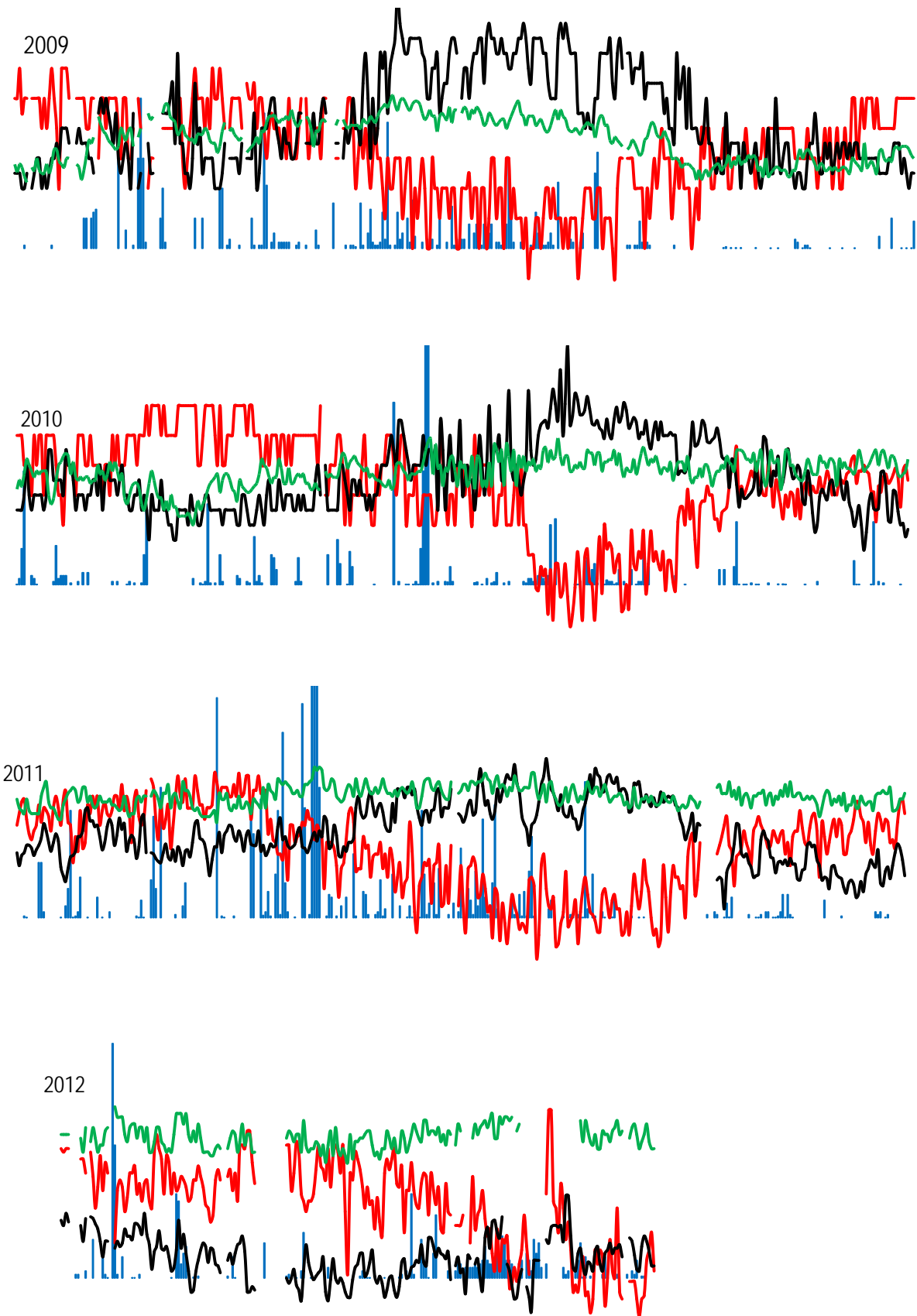


Tabela 5: Relação entre os eventos de chuva estival e a pressão atmosférica, a temperatura e a umidade relativa precedentes:

Numero do evento	Data do evento	Quantidade de chuva [mm]	Data da queda de temperatura	Valor da queda de temperatura [o C]	Tempo entre o início da queda de temperatura e o início da chuva [dias]	Tempo entre o fim da queda de temperatura e o início da chuva [dias]	Data da queda da pressão atmosférica	Tempo entre o início da queda de pressão e o início da chuva [dias]	Tempo entre o fim da queda de pressão e o início da chuva [dias]	Duração da queda de pressão [dias]	Valor da queda de pressão [hPa]	Valor da queda nos 3 dias precedentes ao início da chuva [hPa]	Data da queda da umidade relativa do ar	Tempo entre o início da queda da umidade e o início da chuva [dias]	Tempo entre o fim da queda de umidade e o início da chuva [dias]	Valor da queda de umidade relativa [%]	Valor da queda de umidade entre os dias 3 e 1 antes do início da chuva [%]
1.	29.01.09-3.02.09	55	29.01.09-30.01.09	-1	0	1	27.01.09-02.02.09	-2	4	6	-3	-0	23.01.09-28.01.09	-6	-1	-7	-5
2.	12.02.09	30	11.02.09-13.02.09	-3	-1	1	07.02.09-13.02.09	-5	1	6	-5	-2	04.02.09-11.02.09	-8	-1	-11	-2
3.	20.02.09-23.02.09	112	20.02.09-21.02.09	-1	0	1	18.02.09-21.02.09	-2	1	3	-4	0	17.02.09-18.02.09	-3	-2	-6	-3
4.	01.03.09-03.03.09	32	-	-	-	-	24.02.09-25.02.09	-5	-4	1	-2	?	24.02.09-28.02.09	-5	-1	-6	-3
5.	15.03.09	10	15.03.09-16.03.09	-1	0	1	08.03.09-13.03.09	-7	-2	5	-9	+6	10.03.09-15.03.09	-5	-2	-5	-0.5
6.	18.03.09	10	18.03.09-19.03.09	-1	0	1	15.03.09-18.03.09	-3	0	3	-6	-6	-	-	-	-	+3
7.	25.03.09-26.03.09	40	-	-	-	-	22.03.09-24.03.09	-3	-1	2	-2	-2	19.03.09-24.03.09	-6	-1	-8	-3
8.	07.04.09-08.04.09	11	05.04.09-06.04.09	-0.5	-2	-1	03.04.09-05.04.09	-4	-2	2	-2	-1	03.04.09-05.04.09	-4	-2	-5	-2
9.	12.04.09-13.04.09	66	11.04.09-13.04.09	-2	-1	1	08.04.09-09.04.09	-4	-3	1	-5	+4	09.04.09-10.04.09	-3	-2	-2	+2
10.	18.04.09-22.04.09	10	18.04.09-19.04.09	-1	0	1	16.04.09-19.04.09	-2	1	3	-4	-3	16.04.09-18.04.09	-2	0	-2.5	-1
11.	10.05.09	15	07.05.09-11.04.09	-2	-3	-1	09.05.09-14.05.09	-1	4	5	-4	-0.5	06.05.09-09.05.09	-4	-1	-5	-4
12.	11.09.09-15.09.09	16	08.09.09-09.09.09	-1	-3	-2	07.09.09-08.09.09	-2	-1	1	-2	+1	08.09.09-11.09.09	-3	0	-5	-3
13.	25.09.09	1	23.09.09-24.09.09	-2	-2	-1	20.09.09-25.09.09	-5	0	5	-4	-3	21.09.09-24.09.09	-4	-1	-9	-7
14.	-	0	-	-	-	-	29.09.09-30.09.09	-	-	1	-4	-	27.09.09-28.09.09	-	-	-2	-
15.	-	0	01.10.09-02.10.09	-2	-	-	01.10.09-05.10.09	-	-	4	-5	-	01.10.09-04.10.09	-	-	-5	-
16.	-	0	-	-	-	-	08.10.09-12.10.09	-	-	4	-5	-	08.10.09-09.10.09	-	-	-2	-
17.	13.11.09-14.11.09	5	12.11.09-13.11.09	-1	-1	0	05.11.09-13.11.09	-8	0	8	-6	-3	06.11.09-10.11.09	-7	-3	-3	+2
18.	17.12.09-22.12.09	14	16.12.09-17.12.09	-1	-1	0	16.12.09-17.12.09	-1	0	1	-1	-1	14.12.09-16.12.09	-3	-1	-4	-4
19.	31.12.09-04.01.10	61	-	-	-	-	25.12.09-29.12.09	-6	-2	4	-3	0	28.12.09-31.12.09	-3	0	-4	-3
20.	03.01.10-04.01.10	50	03.01.10-04.01.10	-1	0	1	-	-	-	0	0	0	02.01.10-03.01.10	-1	0	-2	+5
21.	07.01.10-09.01.10	5.1	06.01.10-07.01.10	-1	-1	0	05.01.10-07.01.10	-2	0	2	-3	-1	05.01.10-08.01.10	-2	1	-6	+3
22.	17.01.10-21.01.10	24	16.01.10-18.01.10	-2	-1	1	15.01.10-20.01.10	-2	3	5	-3	-2	13.01.10-15.01.10	-4	-2	-11	-1
23.	23.01.10	0.5	-	-	-	-	21.01.10-25.01.10	-2	2	4	-4	+2	21.01.10-23.01.10	-2	0	-7	0
24.	16.02.10	1	15.02.10-16.02.10	-	-	-	13.02.10-16.02.10	-3	0	3	-3	-3	13.02.10-15.02.10	-3	-1	-10	-10
25.	22.02.10-23.02.10	35	21.02.10-22.02.10	-	-	-	20.02.10-24.02.10	-2	2	4	-4	0	19.02.10-22.02.10	-3	0	-9	-7
26.	-	0	02.03.10-03.03.10	-1	-	-	01.03.10-06.03.10	-	-	5	-4	-	05.03.10-08.03.10	-	-	-7	-
27.	17.03.10-21.03.10	29.1	15.03.10-16.03.10	-2	-2	-1	13.03.10-16.03.10	-4	-1	3	-2	+2	-	-	-	0	-1
28.	08.04.10-11.04.10	20.5	07.04.10-08.04.10	-1	-1	0	-	-	-	0	0	-1	02.04.10-05.04.10	-6	-3	-4	+1
29.	15.04.10-17.04.10	24	13.04.10-14.04.10	-1	-2	-1	-	-	-	0	0	+1	11.04.10-14.04.10	-4	-1	-6	-4
30.	25.04.10-27.04.10	11	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	22.04.10-23.04.10	-3	-2	-5	-5
31.	08.05.10	10	05.05.10-07.05.10	-3	-3	-1	07.05.10-08.05.10	-1	0	1	-3	-1	07.05.10-08.05.10	-1	0	-2	+6
32.	12.05.10-13.05.10	22	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	09.05.10-10.05.10	-3	-2	-1	-1
33.	17.05.10-18.05.10	17	16.05.10-17.05.10	-2	-1	0	14.05.10-17.05.10	-3	0	3	-3	-3	14.05.10-16.05.10	-3	-1	-5	-5
34.	15.10.10-17.10.10	10	12.10.10-15.10.10	-1.2	-3	0	14.10.10-17.10.10	-1	2	3	-2.1	0	10.10.10-12.10.10	-5	-3	-7	+5

35	21.10.10-22.10.10	27	-	-	-	-	20.10.10-23.10.10	-1	2	3	-3.2	-0.4	18.10.10-21.10.10	-3	0	-5	-3
36	24.11.10	1	22.11.10-23.11.10	-0.2	-2	-1	20.11.10-23.11.10	-3	-1	3	-4.1	-2.7	20.11.10-22.11.10	-4	-2	-5	-3
37	09.12.10	8	-	-	-	-	03.12.10-09.12.10	-6	0	6	-3.9	-3	05.12.10-09.12.10	-4	0	-4	-1
38	-	0	-	-	-	-	11.12.10-13.12.10	-	-	2	-3	-	11.12.10-13.12.10	-	-	-7	-
39	10.01.11-12.01.11	40	-	-	-	-	06.01.11-09.01.11	-4	-1	3	-0.3	+0.2	05.01.11-07.01.11	-5	-3	-5	0
40	21.01.11-27.01.11	67.6	-	-	-	-	17.01.11-21.01.11	-4	0	4	-3.3	-2.8	13.01.11-18.01.11	-8	-3	-13	+5
41	03.02.11	7	01.02.11-02.02.11	-0.4	-2	-1	30.01.11-05.02.11	-4	2	6	-2.9	-0.3	31.01.11-02.02.11	-3	-1	-4	-4
42	19.02.11-22.02.11	6.7	-	-	-	-	17.02.11-19.02.11	-2	0	2	-1.6	-1.2	14.02.11-16.02.11	-5	-3	-7	+1
43	25.02.11-01.03.11	103	-	-	-	-	122.02.11-01.03.11	-3	4	7	-3.3	-2.6	-	-	-	0	0
44	10.03.11-11.03.11	16	08.03.11-10.03.11	-0.9	-2	0	03.03.11-07.03.11	-7	-3	4	-1.2	-0.3	07.03.11-09.03.11	-3	-1	-5	-5
45	24.03.11	76	23.03.11-25.03.11	-0.8	-1	1	16.03.11-21.03.11	-8	-3	5	-3.8	+2	23.03.11-24.03.11	-1	0	-4	+2
46	03.09.11	8	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-0.4	30.08.11-01.09.11	-4	-2	-6	-2
47	-	0	29.09.11-02.10.11	-1.4	-	-	25.09.11-02.10.11	-	-	7	-3	-	27.09.11-29.09.11	-	-	-5	-
48	19.10.11-21.10.11	12.2	-	-	-	-	16.10.11-18.10.11	-3	-1	2	-2.2	+0.3	16.10.11-17.10.11	-3	-2	-3	-3
49	28.10.11-31.10.11	1.1	26.10.11-29.10.11	-1.2	-2	1	24.10.11-30.10.11	-4	3	7	-3.6	-0.7	27.10.11-29.10.11	-1	1	-5	+4
50	04.11.11-05.11.11	4	01.11.11-05.11.11	-1.1	-3	1	03.11.11-08.11.11	-1	4	5	-3.4	+2.5	03.11.11-04.11.11	-1	0	-5	+1
51	07.11.11-14.11.11	19.1	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-1.4	06.11.11-07.11.11	-1	0	-4	+4
52	28.11.11	6	27.11.11-29.11.11	-1.1	-1	1	24.11.11-30.11.11	-4	2	6	-3	-1.2	23.11.11-26.11.11	-5	-2	-7	-1
53	05.12.11	0.5	04.12.11-06.12.11	-1.2	-1	1	02.12.11-07.12.11	-3	2	5	-1.9	-0.9	04.12.11-05.12.11	-1	0	-3	+1
54	19.12.11-21.12.11	5	16.12.11-18.12.11	-1.1	-3	-1	17.12.11-19.12.11	-2	0	2	-0.5	+0.1	17.12.11-18.12.11	-2	-1	-3	-3
55	18.01.12-23.01.12	112	14.01.12-16.01.12	-1.6	-4	-2	14.01.12-19.01.12	-4	1	5	-2.3	+0.4	15.01.12-17.01.12	-3	-1	-7	0
56	-	0	-	-	-	-	05.02.12-08.02.12	-	-	3	-3.2	-	06.02.12-07.02.12	-	-	-7	-
57	17.02.12-21.02.12	66	14.02.12-16.02.12	-1.1	-3	-1	11.02.12-17.02.12	-6	0	6	-2.1	-1.2	11.02.12-14.02.12	-6	-3	-7	0
58	24.02.12	0.2	20.02.12-23.02.12	-0.7	-4	-1	21.02.12-24.02.12	-3	0	3	-3.3	-3.3	22.02.12-24.02.12	-2	0	-8	-3
59	09.03.12-12.03.12	6.6	06.02.12-07.02.12	-0.3	-3	-2	03.03.12-07.03.12	-6	-2	4	-1.4	?	06.03.12-07.03.12	-3	-2	-1	?
60	24.03.12	10	19.03.12-21.03.12	-1.5	-5	-3	16.03.12-23.03.12	-8	-1	7	-3.2	?	19.03.12-20.03.12	-5	-4	-5	?
61	09.04.12-10.04.12	15	07.04.12-11.04.12	-2	-2	2	06.04.12-09.04.12	-3	0	3	-1.8	-1.8	08.04.12-09.04.12	-1	0	-5	+2
62	13.04.12	0.1	-	-	-	-	11.04.12-14.04.12	-2	1	3	-2	-0.1	11.04.12-12.04.12	-2	-1	-2	-9
63	20.04.12	3	16.04.12-19.04.12	-1	-4	-1	18.04.12-20.04.12	-2	0	2	-2.5	-1.8	18.04.12-19.04.12	-2	-1	-5	-2
64	-	0	23.04.12-25.04.12	-0.8	-	-	25.04.12-28.04.12	-	-	3	-1.1	-	26.04.12-28.04.12	-	-	-4	-
65	13.05.12	0.1	10.05.12-12.05.12	-1.1	-3	-1	11.05.12-13.05.12	-2	0	2	-1.2	-0.9	10.05.12-11.05.12	-3	-2	-2	+1
66	19.05.12-20.05.12	1.2	17.05.12-19.05.12	-1.1	-2	0	16.05.12-18.05.12	-3	-1	2	-1.2	-0.6	17.05.12-18.05.12	-2	-1	-4	-1
Ø	22.775 mm		1.257° C	1.705 dias	0.136 dias		-3.57 dias	0.174 dias	3.33 dias	-2.736 hPa	-0.725 hPa		3.29 dias	1.12 dias	5.042 %	-1.2307 %	



O gráfico 12 (página 20) mostra que geralmente a umidade relativa matinal aumenta com cada evento de chuva. Para descobrir os detalhes deste fenômeno, quase todos os eventos de chuva isoláveis foram incluídos na tabela 6 (página 16).

Tabela 6: Evolução da umidade relativa matinal antes, durante e depois de eventos isolados de chuva:

no	Data do evento de chuva	Duração do evento de chuva [dias]	Quantidade de chuva Total [mm]	Média diária de quantidade de chuva [mm]	Verão/inverno	Tempo entre início do aumento da umidade e início da chuva [dias]	Duração do aumento da umidade relativa [dias]	Diferença de duração entre aumento da umidade e evento de chuva [dias]	Valor total do aumento da umidade relativa [%]
1	29.01.09-03.02.09	5	55	11	V	-1	7	2	21
2	12.02.09	1	30	30	V	-1	2	1	7
3	20.02.09-23.02.09	4	112	28	V	-2	6	2	11
4	15.03.09	1	10	10	V	0	1	0	3
5	18.03.09	1	10	10	V	0	1	0	2
6	25.03.09	2	40	20	V	-1	3	1	10
7	07.04.09-08.04.09	2	11	5.5	V	-2	4	2	5
8	10.05.09	1	15	15	V	-1	3	2	5
9	21.05.09-22.05.09	2	16	8	I	0	2	0	3
10	18.08.09-19.08.09	2	7	3.5	I	0	4	2	4
11	24.08.09-25.08.09	2	57	28.5	I	0	3	1	7
12	06.09.09-07.09.09	2	2	1	V	0	2	0	3
13	15.10.09-16.10.09	2	0.7	0.35	V	-1	3	1	5
14	13.11.09-14.11.09	2	5	2.5	V	0	2	0	7
15	17.12.09	1	4	4	V	-1	2	1	8
16	22.12.09	1	10	10	V	0	2	1	5
17	21.02.10-23.02.10	3	35.5	11.5	V	1	3	0	13
18	14.03.10	1	2	2	V	0	2	1	8
19	17.03.10-21.03.10	4	29.1	7.3	V	0	7	3	12
20	25.03.10-26.03.10	2	11	5.5	V	0	3	1	6
21	01.04.10-02.04.10	2	5	2.5	V	0	1	-1	7
22	15.04.10-17.04.10	3	24	8	V	0	3	0	6
23	25.04.10-27.04.10	3	11	3.7	V	-1	2	-1	3
24	08.05.10	1	10	10	V	0	1	0	1
25	12.05.10-13.05.10	2	22	11	V	0	2	0	8
26	16.05.10-18.05.10	3	17.1	5.7	V	0	3	0	4
27	04.06.10	1	61	61	I	-1	3	2	9
28	25.06.10-28.06.10	4	8.8	2.2	I	-1	4	0	10
29	07.07.10-08.07.10	2	1.4	0.7	I	0	1	-1	11
30	10.07.10	1	0.1	0.1	I	0	1	0	2
31	12.07.10	1	2	2	I	0	1	0	8
32	14.07.10-16.07.10	3	5.4	2.8	I	0	2	-1	14
33	27.07.10-31.07.10	5	6.5	1.3	I	-1	6	1	5
34	02.08.10-07.08.10	6	35	5.8	I	0	7	1	7
35	09.08.10	1	22	22	I	0	1	0	3
36	21.08.10-26.08.10	6	31.5	5.3	I	0	6	0	5
37	29.08.10-04.09.10	7	9.2	1.3	I	-1	8	1	6
38	06.09.10	1	1	1	I	0	1	0	3
39	09.09.10	1	5	5	I	0	1	0	4
40	11.09.10-14.09.10	4	17.1	4.3	I	0	3	-1	9
41	16.09.10	1	6	6	V	0	1	0	2
42	27.09.10	1	3	3	V	-1	2	1	6
43	01.10.10	1	0.1	0.1	V	0	1	0	5
44	15.10.10	1	5	5	V	-3	4	3	7
45	17.10.10	1	5	5	V	0	1	0	4
46	21.10.10-23.10.10	3	27.1	8.7	V	0	1	-2	7
47	28.10.10	1	0.5	0.5	V	0	1	0	3
48	04.11.10	1	0.5	0.5	V	-1	2	1	12
49	08.11.10	1	0.2	0.2	V	-1	1	0	1
50	10.11.10-11.11.10	2	0.3	0.15	V	-1	2	0	13
51	19.11.10	1	0.1	0.1	V	-1	2	1	7
52	24.11.10	1	1	1	V	0	1	0	6
53	09.12.10-11.12.10	3	8.2	2.7	V	0	2	-1	8
54	16.12.10-17.12.10	2	21.1	10.6	V	-3	5	3	7
55	21.12.10	1	0.5	0.5	V	-3	2	1	5
56	28.12.10	1	0.1	0.1	V	0	3	2	6
57	04.01.11-05.01.11	2	0.6	0.3	V	0	1	-1	5
58	10.01.11-12.01.11	3	40	13.3	V	0	3	0	11
59	19.01.11	1	0.1	0.1	V	0	1	0	5
60	21.01.11-27.01.11	7	67.6	9.7	V	-1	8	1	6

61	03.02.11	1	7	7	V	-1	2	1	4
62	08.02.11	1	2	2	V	-1	1	0	1
63	19.02.11-22.02.11	4	6.7	1.5	V	-1	4	0	6
64	25.02.11-27.02.11	3	58	19.3	V	0	2	-1	2
65	01.03.11	1	45	45	V	0	1	0	5
66	07.03.11	1	1	1	V	-1	1	0	1
67	10.03.11-11.03.11	2	16	8	V	-1	1	-1	9
68	24.03.11	1	76	76	V	0	1	0	10
69	26.03.11-27.03.11	2	0.6	0.3	V	1	1	-1	2
70	31.03.11	1	0.5	0.5	V	-1	1	0	2
71	07.04.11-08.04.11	2	66	33	I	0	1	-2	5
72	11.04.11-15.04.11	5	53.3	10.7	I	0	3	-2	8
73	17.04.11-22.04.11	6	131	21.8	I	0	4	-2	6
74	28.04.11-29.04.11	2	112	56	I	0	1	-1	4
75	01.05.11-05.05.11	5	362	72.4	I	-1	5	0	6
76	08.05.11-10.05.11	3	15.5	5.2	I	0	2	-1	4
77	14.05.11	1	4	4	I	0	1	0	1
78	16.05.11	1	7	7	I	0	1	0	2
79	19.05.11-20.05.11	2	22.5	11.3	I	0	1	-1	6
80	23.05.11-25.05.11	3	18	6	I	-1	2	-1	6
81	28.05.11-01.06.11	5	19.5	3.9	I	-1	4	-1	5
82	04.06.11	1	15	15	I	0	1	0	2
83	07.06.11	1	4	4	I	-1	2	1	3
84	10.06.11-12.06.11	3	4.3	1.4	I	0	2	-1	4
85	15.06.11-19.06.11	5	56.1	11.2	I	0	5	0	10
86	21.06.11-23.06.11	3	30	10	I	0	2	-1	3
87	27.06.11	1	1	1	I	0	1	0	6
88	01.07.11-17.07.11	17	167.7	9.9	I	0	17	0	6
89	22.07.11-01.08.11	11	70.9	6.4	I	-1	12	1	8
90	07.08.11-08.08.11	2	9	4.5	I	-1	2	0	7
91	13.08.11	1	0.5	0.5	I	-1	2	1	6
92	15.08.11-17.08.11	3	1.6	0.5	I	0	2	-1	6
93	19.08.11-23.08.11	5	51.2	10.2	I	0	5	0	7
94	25.08.11-26.08.11	2	15.5	7.8	I	0	1	-1	2
95	29.08.11-30.08.11	2	2.1	1.1	I	-1	2	0	4
96	02.09.11-03.09.11	2	8.2	4.1	I	-1	2	0	2
97	10.09.11	1	0.5	0.5	V	-1	2	1	7
98	13.09.11	1	0.1	0.1	V	0	1	0	3
99	15.09.11	1	0.2	0.2	V	0	1	0	1
100	18.10.11-21.10.11	4	12.3	3.1	V	1	3	-1	1
101	28.09.11	1	1	1	V	1	1	0	4
102	31.10.11-02.11.11	3	1.2	0.4	V	0	3	0	2
103	04.10.11-05.11.11	2	4	2	V	0	2	0	4
104	07.11.11-15.11.11	9	19.9	2.2	V	0	9	0	8
105	22.11.11	1	6	6	V	-2	3	2	9
106	05.12.11	1	0.5	0.5	V	0	1	0	4
107	19.12.11-21.12.11	3	5	1.7	V	-1	4	1	7
108	23.12.11-24.12.11	2	1.1	0.6	V	1	1	-1	2
109	11.01.12	1	2	2	V	0	1	0	7
110	14.01.12	1	11	11	V	0	1	0	4
111	18.01.12-24.01.12	7	113.1	16.2	V	-1	8	1	8
112	30.01.12-31.01.12	2	0.2	0.1	V	-1	3	1	5
113	02.02.12	1	1	1	V	0	1	0	3
114	15.02.12	1	0.1	0.1	V	-1	1	0	1
115	17.02.12-21.02.12	5	66	13.2	V	-1	6	1	11
116	24.02.12	1	0.2	0.2	V	0	1	0	3
117	26.02.12	1	0.5	0.5	V	0	1	0	5
118	11.03.12-12.03.12	2	6.1	3.2	V	-1	2	0	5
119	03.04.12-04.04.12	2	1.5	0.8	V	0	1	-1	2
120	07.04.12	1	0.1	0.1	V	-1	1	0	2
121	09.04.12-10.04.12	2	15	7.5	V	0	1	-1	9
122	13.04.12	1	0.1	0.1	V	-1	3	2	3
123	20.04.12	1	31	31	V	-1	2	1	9
124	03.05.12-08.05.12	6	2.8	0.5	V	-1	4	-2	3
125	13.05.12	1	0.1	0.1	V	0	1	0	5
126	19.05.12-20.05.12	2	1.2	0.6	V	0	2	0	4
127	22.05.12-25.05.12	4	27.1	6.8	I	0	3	-1	8
128	28.05.12-31.05.12	4	19.1	4.8	I	0	4	0	3
129	02.06.12-03.06.12	2	18.1	9.1	I	1	1	-1	2
	Ø	2.49	21.50	8.09		-0.40	+2.64	+0.14	+5.59
	Ø Verão	2.02	14.16	6.61		-0.48	2.35	0.33	5.65
	Ø Inverno	3.33	34.74	10.75		-0.26	3.15	-0.2	5.48

A tabela 6 (página 16) permite as conclusões seguintes: 129 eventos de chuva entraram na estatística. 83 deles aconteceram durante uma época de seca, 46 durante uma época de chuva. A duração média dos eventos foi de 2.49 dias, a quantidade média de chuva 21.5 mm por evento ou 8mm por dia. Em média, a umidade relativa matinal aumentou 5.59% por evento de chuva. Em média, este aumento começou 0.4 dias antes do início da chuva e demorou 2.64 dias, o que significa 0.14 dias a mais que o evento de chuva. Os eventos estivais de chuva duraram menos tempo que os inverniais, a quantidade média de chuvas estivais era menos que a metade da quantidade nos eventos inverniais. A quantidade diária de chuva estival também era menor que a do inverno. O aumento da umidade relativa começou muito mais cedo na época de seca que na época de chuva, porém, nos eventos inverniais o aumento da umidade parou antes do fim das chuvas. Em 38% de todos os eventos de chuva a umidade relativa começou a aumentar antes da chuva, em 58% dos eventos isso aconteceu no dia da chuva, e em 4.7% dos eventos o aumento começou um dia depois do início da chuva. Podemos concluir que a chuva pode ser causa ou consequência de alta umidade relativa do ar, ou, em outras palavras: As variações diárias da umidade relativa do ar são parcialmente “feitas em casa”, consequências de eventos de chuvas precedentes.

Gráfico 9: Aumento da umidade relativa matinal durante eventos de chuva [%] em relação com a duração dos eventos de chuva [dias]:

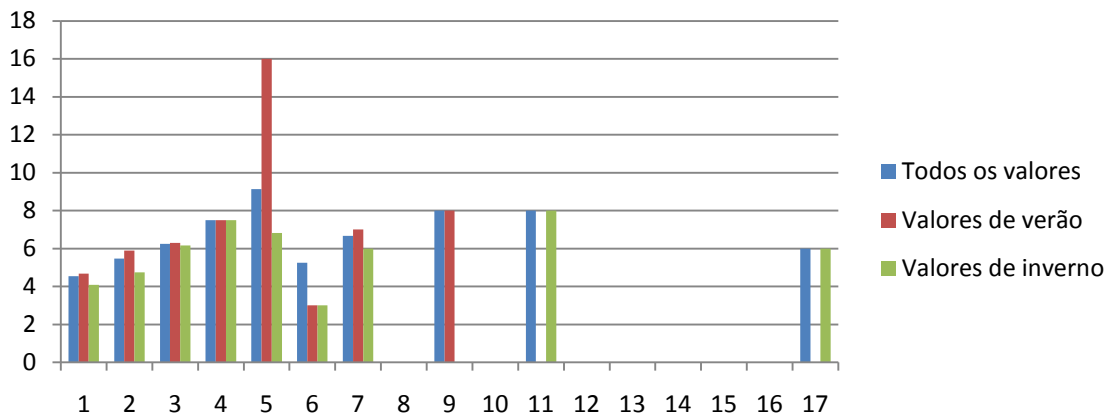


Gráfico 10: Aumento da umidade relativa matinal durante eventos de chuva [%] em relação com a quantidade diária de chuva:

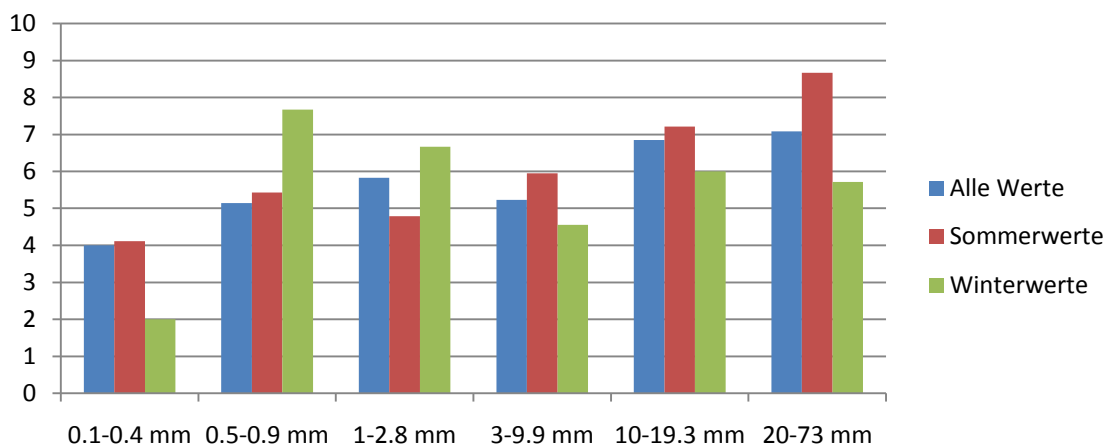
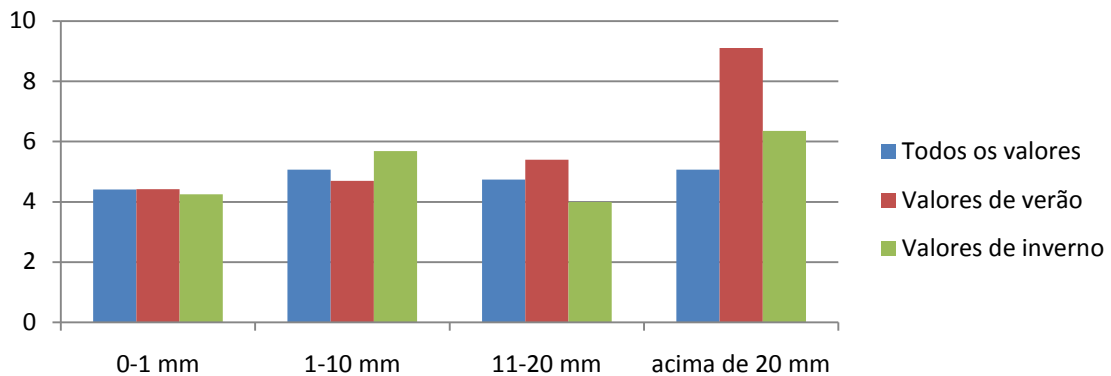


Gráfico 11: Aumento da umidade relativa matinal durante eventos de chuva [%] em relação com a quantidade de chuva por evento:



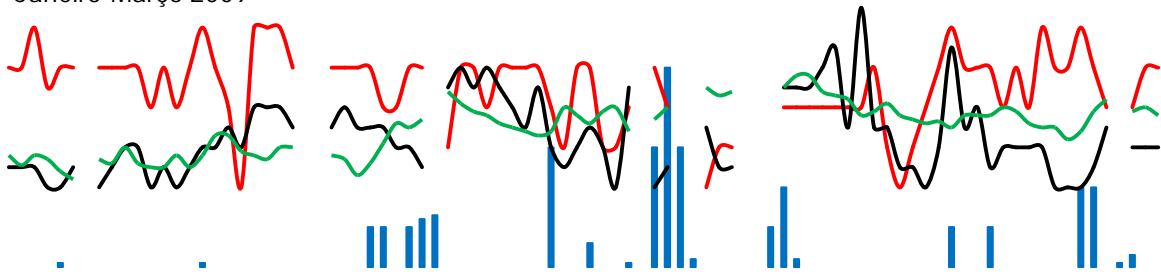
O aumento da umidade relativa do ar depende da existência de eventos de chuva nos dias anteriores sim, porém depende apenas pouco da quantidade de chuva. Até quantidades muito pequenas de chuva podem levar a um aumento respeitável da umidade relativa. Por outro lado uma quantidade grande de chuva não provoca obrigatoriamente um aumento grande da umidade do ar. Quanto maior a duração do evento de chuva, maior o aumento da umidade do ar. Os aumentos da umidade relativa se acumulam quando os eventos de chuva continuam durante vários dias. Este fenômeno tem validade até o 5º dia de chuva, no qual o aumento médio total é de aproximadamente 9%. Se o evento de chuva passa por estes 5 dias de duração, a umidade relativa não aumenta mais. (veja gráfico 9, página 18). Aparentemente existe um valor máximo de umidade relativa que não é ultrapassado. O aumento da umidade relativa é quase independente da média de quantidade diária de chuva, exceto quantidades muito pequenas até 0.4 mm de chuva por dia. Até com quantidades muito altas de chuva diária a umidade do ar quase não aumenta mais que com quantidades pequenas de chuva diária acima de 0.5 mm (veja gráfico 10, página 18). A quantidade absoluta de chuva por evento de chuva também quase não influencia o aumento da umidade relativa. Quantidades absolutas de 1mm têm um efeito semelhante ao aumento da umidade do ar como quantidades altíssimas de chuva. Apenas durante a época de seca chuvas fortes provocam um aumento maior da umidade relativa.

Dois fatos permitem a conclusão que a umidade relativa do ar não é apenas causa, mas deve também ser consequência de eventos de chuva: Trata-se primeiro do fato que em eventos prolongados de chuva os aumentos da umidade relativa se acumulam, e segundo do fato que a umidade continua subindo depois do fim da chuva.

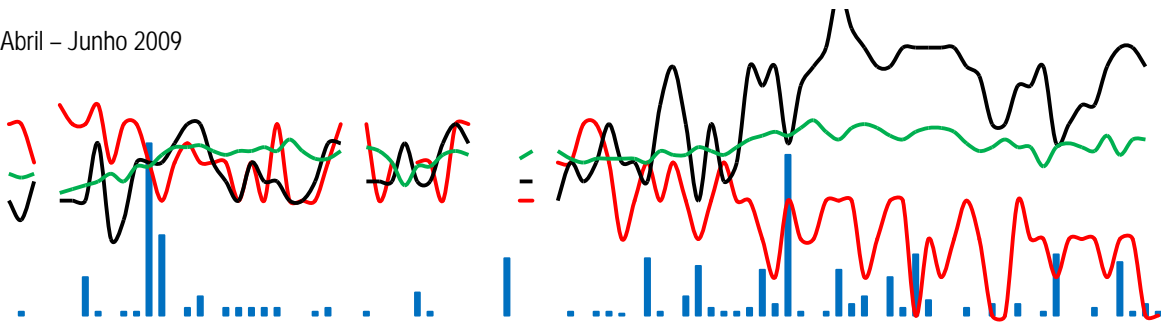
O que acontece com a umidade relativa depois da chuva? Gráfico 12 (página 20) informa sobre isso: Depois do final de um evento de chuva a umidade relativa continua subindo ainda por pouco tempo, depois, com falta de chuva, ela volta a diminuir até chegar ao valor médio comum para a época. Pouco tempo antes da próxima chuva a umidade relativa tem o costume de diminuir outra vez. Além disso são comuns variações da umidade relativa durante o período de seca, com ou sem chuvas fracas.

Gráfico 12: Temperatura matinal (vermelho), pressão atmosférica matinal (preto), umidade relativa do ar matinal (verde) e quantidade diária de chuva (azul):

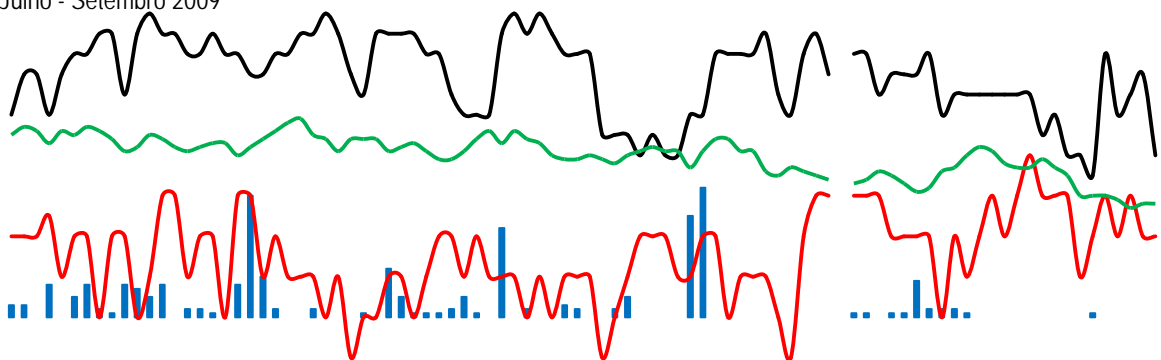
Janeiro-Março 2009



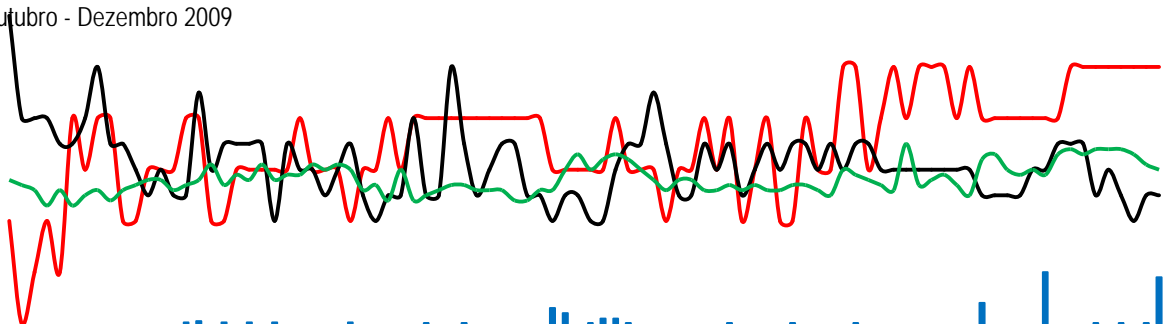
Abril - Junho 2009



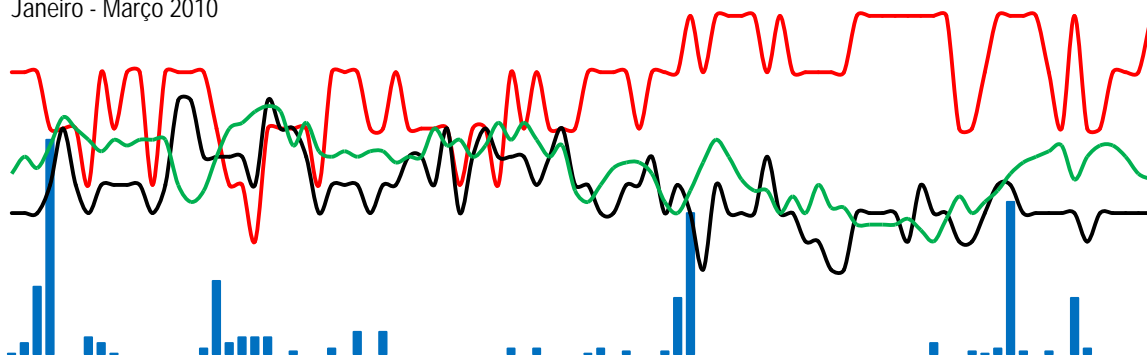
Julho - Setembro 2009



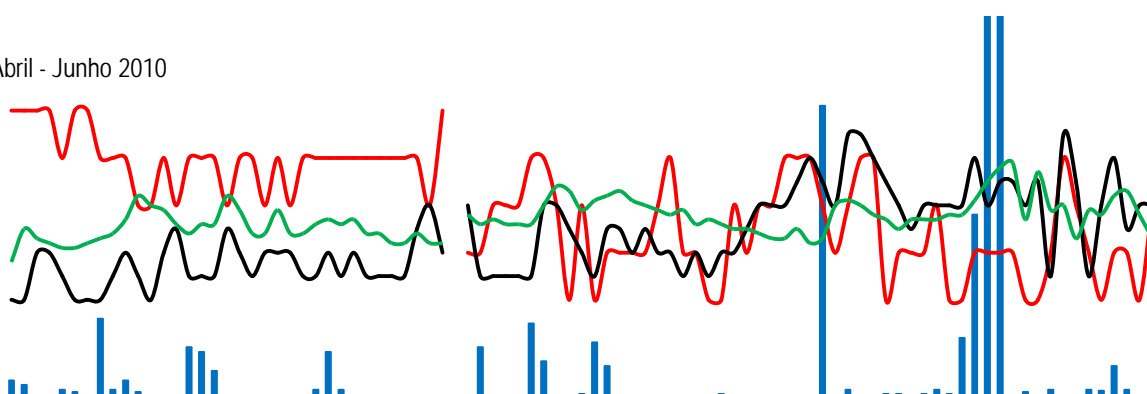
Outubro - Dezembro 2009



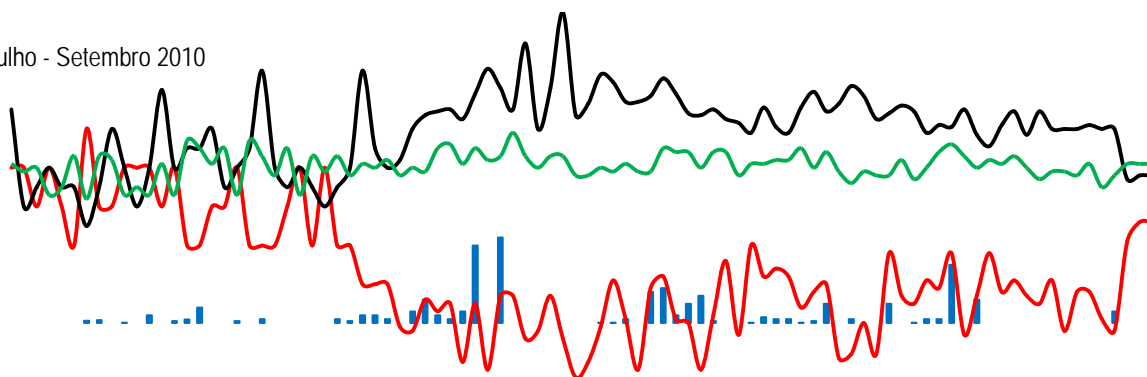
Janeiro - Março 2010



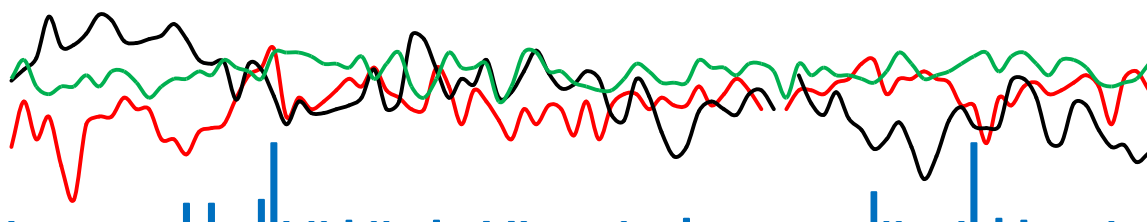
Abril - Junho 2010



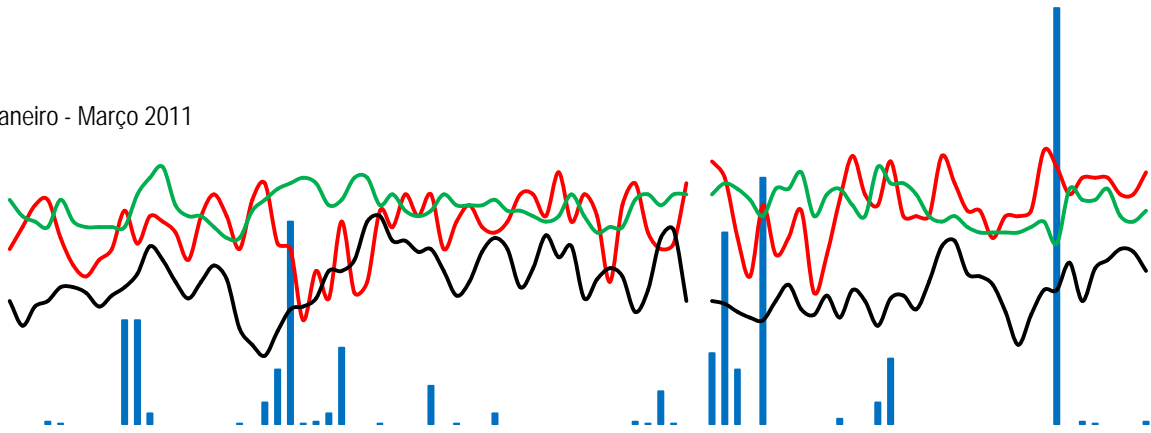
Julho - Setembro 2010



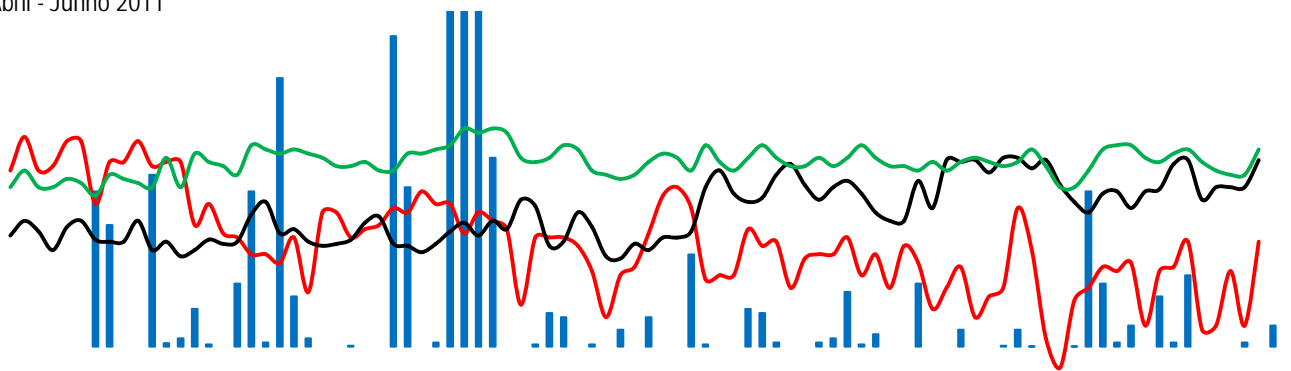
Outubro - Dezembro 2010



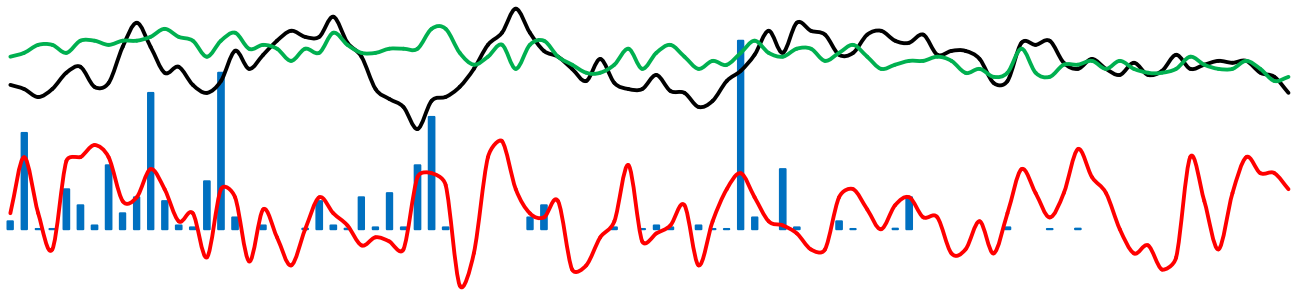
Janeiro - Março 2011



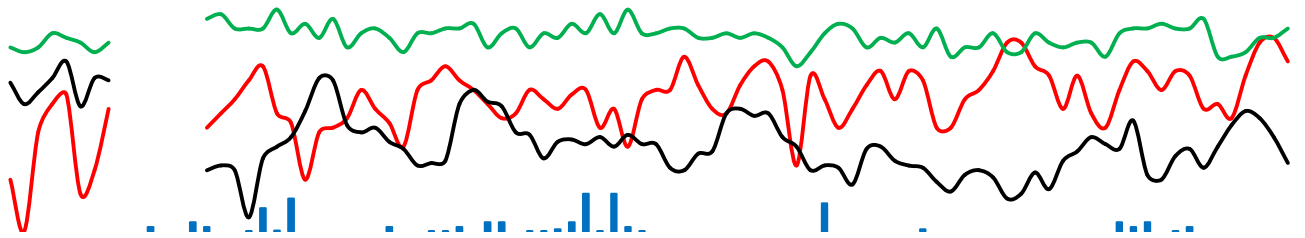
Abril - Junho 2011



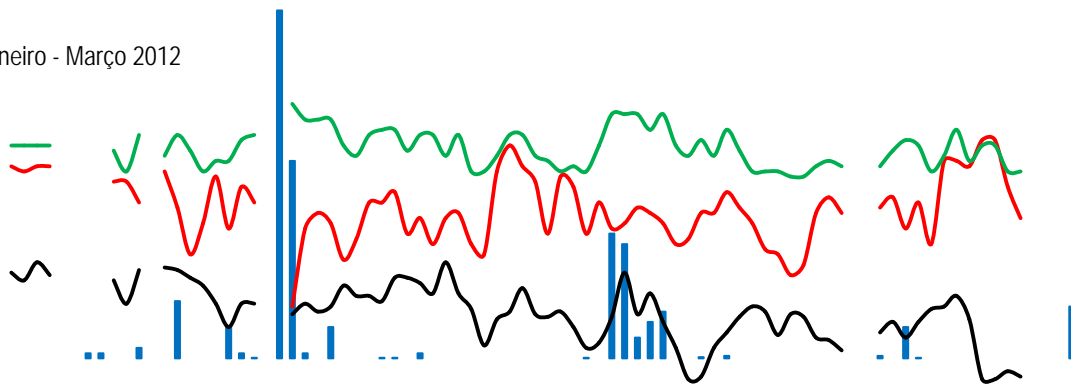
Julho - Setembro 2011



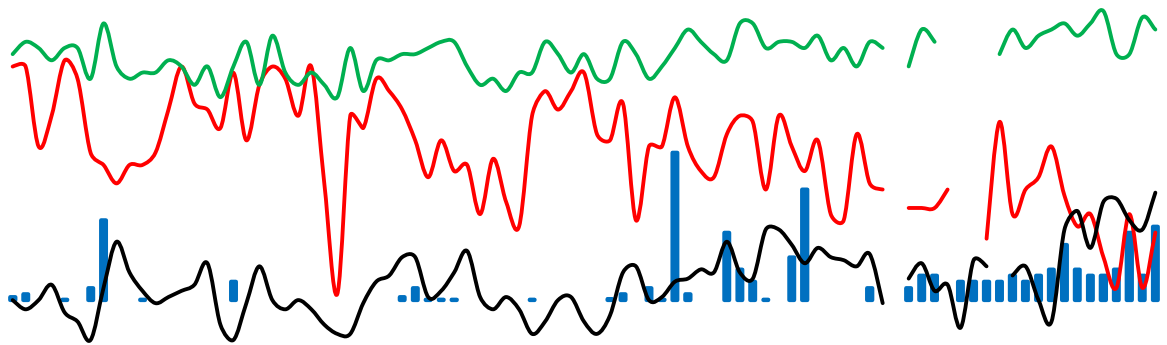
Outubro - Dezembro 2011



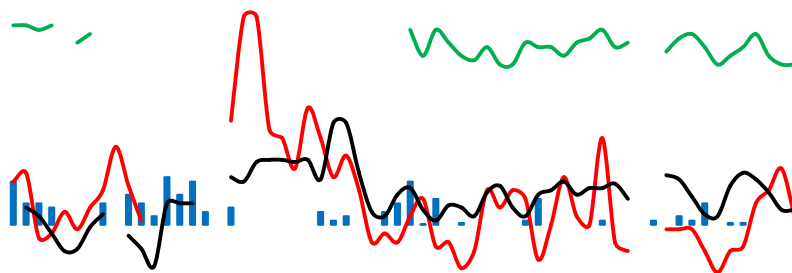
Janeiro - Março 2012



Abril - Junho 2012



Julho - Agosto 2012





## 4. Interpretação dos resultados

---

Existem muitas publicações sobre o clima do Nordeste brasileiro. Todos estes documentos engajam-se principalmente com a pergunta: Quais são os fenômenos meteorológicos responsáveis para eventos de chuva? São nomeados os fenômenos seguintes:

1. Brisa do mar (= Sea breeze)
2. Frente fria (= Cold front)
3. Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) (= Upper tropospheric cyclonic Vortex)
4. Ventos alísios (= Trade wind)
5. Zona de convergência tropical
6. Anticiclone subtropical do Atlântico Sul (= South Atlantic Subtropical Anticyclone SASA),
7. Ondas de Leste (= Easterly Wave disturbance)
8. Chuvas orográficas
9. Linhas de instabilidade
10. Complexos convectivos de mesoescala (= Cloud clusters)
11. Oscilação de Madden-Julian

Os dados localmente coletados em Cumaru podem confirmar ou excluir apenas parcialmente alguns destes fenômenos de caráter principalmente regional. Por outro lado os fenômenos descritos na literatura também não conseguem explicar a situação encontrada em Cumaru. Por isso eu tento, em um primeiro passo, interpretar os fenômenos descritos na literatura com a situação meteorológica em Cumaru, depois me permito uma tentativa de explicar os dados meteorológicos de Cumaru de minha própria maneira.

### 4.1. Observações sobre os fenômenos meteorológicos encontrados na literatura:

Com certeza as brisas do mar e os ventos alísios são fenômenos climáticos predominantes em Cumaru. Por um lado há sempre um vento contínuo vindo do Leste durante o dia, por outro lado a distribuição da época de chuva e de seca em Cumaru corresponde amplamente com a dos lugares costeiros e difere nitidamente dos lugares do sertão. Antes dos eventos raros de chuvas estivais há frequentemente uma queda da pressão atmosférica, da temperatura e da umidade relativa do ar, o que deixa supor que as chuvas são efeitos de frentes frias do Sul que invadem a região. Segundo Dantas Marciano (2012) as ondas de Leste (= Easterly Wave disturbance) acontecem nos meses de Maio até Agosto e influenciam sobre tudo a região costeira entre a Bahia e o Ceará. Podemos supor que Cumaru também está na área de influência deste fenômeno climático. C. Dizerens confirma na sua carta (veja capítulo 7) que frentes frias têm de ser vistas em relação com ondas de Leste. Sem dúvida, em Cumaru podemos excluir a influência direta da zona de convergência tropical porque a época de chuva nem coincide com o verão do hemisfério Sul nem está acompanhada por uma redução da pressão atmosférica, mas sim por um aumento da pressão. Visto o fato que o centro de Cumaru (o lugar da medição dos dados aqui apresentados) está situado no Oeste de uma serra montanhosa, a chuva orográfica pode ser descartada como causa de precipitações. Ao contrário, é mais provável que a quantidade de chuva em Cumaru seja menor que em Passira, por exemplo. A influência dos vórtices ciclônicos de ar superior, do anticiclone subtropical do Atlântico Sul, dos complexos convectivos de mesoescala, da oscilação Madden-Julian e das linhas de instabilidade sob o clima de Cumaru não pode ser avaliada com os dados localmente levantados.

### 4.2. Tentativa de uma interpretação própria dos dados meteorológicos de Cumaru:

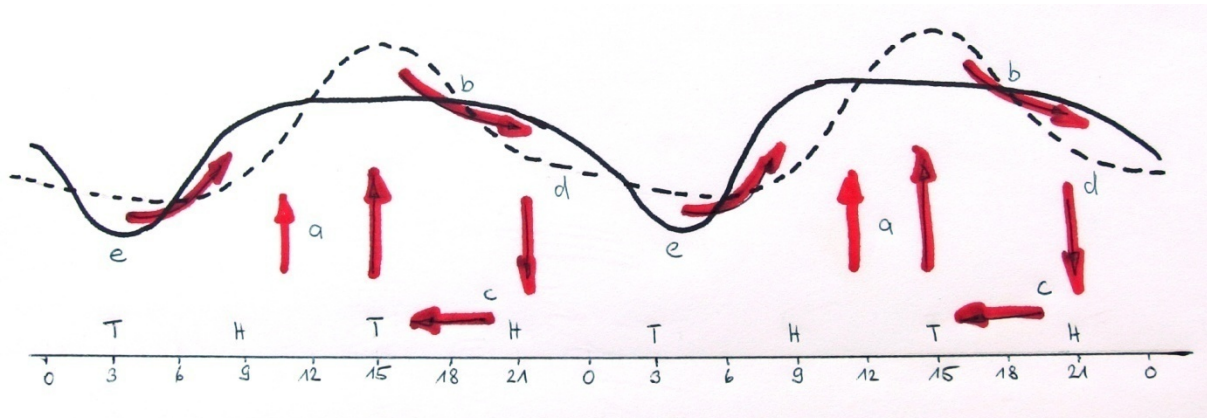
Para entender melhor os fenômenos descritos no capítulo 3, distinguimos entre os acontecimentos diários e a evolução dos parâmetros durante o ano.

### Os parâmetros meteorológicos ao decorrer do dia

Com os dados levantados o dia em Cumaru pode ser dividido nos cinco fases seguintes. Veja também a ilustração 1 na página 26.

- a. Aquecimento do ar durante a manhã: O momento do nascer do sol é o da temperatura mais baixa do dia. Assim que o sol começa a brilhar, o solo e o ar começam a esquentar, e a umidade relativa do ar diminui. O ar aquecido se expande, fica mais leve e sobe. Isso provoca uma elevação das camadas superiores da atmosfera. Visto que o nascer do sol acontece na mesma hora na linha inteira do mesmo grau longitudinal, esta elevação tem a forma de uma onda que se movimenta com a velocidade da rotação da terra em direção Oeste. Em Cumaru se trata de uma velocidade maior que 1'500 km por hora. Ao mesmo tempo que o ar quente sobe, ele esfria, e a umidade relativa aumenta, o que pode provocar nuvens que diminuem por sua parte o aquecimento da superfície da terra e as massas de ar correspondentes. Uma alta umidade do ar e do solo no início do dia aumenta a probabilidade de nuvens durante o dia. A radiação solar aumenta até meio-dia, porém o aquecimento do solo sofre um atraso porque ele conserva o frio da noite anterior melhor que a atmosfera. Por isso o aquecimento da atmosfera continua subindo até aproximadamente 14.30 horas.
- b. Movimentação da onda estratosférica para Leste: A onda de ar nas camadas superiores da atmosfera procura o equilíbrio de nível decorrendo em direção de depressões. Esta movimentação acontece principalmente em direção Leste porque a onda se movimenta com uma velocidade superior à velocidade máxima de ventos. Na escala regional posso imaginar-me também um desvio deste vento para o Nordeste porque a atmosfera acima do Atlântico esquenta menos que acima do continente, e a onda estratosférica acima da água fica mais baixa.
- c. Aumento da pressão atmosférica na proximidade do solo e vento que equilibra o desnível de pressão: A movimentação da onda estratosférica para Leste provoca uma queda de pressão atmosférica embaixo da onda e um aumento da pressão embaixo da depressão vizinha, no Leste. Nas camadas baixas levanta-se um vento vindo de Leste e indo para Oeste que tenta equilibrar as diferenças de pressão atmosféricas vizinhas. Este vento diário é nitidamente perceptível em Cumaru. Esta fase continua enquanto o ar sofre o aquecimento pelo sol.
- d. Esfriamento da atmosfera a partir da tarde: Aproximadamente a partir das 14.30 horas o aquecimento da atmosfera começa a diminuir. As massas de ar condensam, o que provoca um vale nas camadas superiores da atmosfera. Até cerca de 21 horas as massas de ar vindo de Oeste conseguem encher este vale. É o momento de pressão alta próximo ao solo. Com o esfriamento da atmosfera a umidade relativa do ar aumenta. A queda de temperatura e o aumento da umidade relativa do ar continuam até o próximo nascer do sol.
- e. Variações noturnas da pressão atmosférica: Inesperadamente a pressão atmosférica diminui fortemente depois das 21 horas e alcança um nível baixo às 3 horas da madrugada. Depois a pressão volta a aumentar até aproximadamente 9 horas da manhã. Em minha opinião este desenvolvimento não tem explicação meteorológica, mas sim talvez uma explicação física: Movimentos de ondas muito regulares costumam ultrapassar seu alvo final ao voltar em sua posição normal. Esta tendência é denominada de fenômeno de Gibbs. Se este fenômeno for responsável pelas variações da pressão atmosférica entre 3 horas e 9 horas, deveria ter um vento estratosférico em direção Leste que gera as diferenças de pressão. Pelo menos perto do solo não me lembro ter observado um vento diário e regular nesta hora. Possivelmente as variações de pressão tenham a ver com a distribuição de terra e mar nos trópicos e subtropicais; segundo Dai 1999 existe por volta de meia-noite uma área de pressão alta exatamente acima do oceano atlântico relativamente quente que se movimenta em direção Oeste nas horas seguintes.

Ilustração 1: Movimentos das massas de ar acima de Cumaru ao decorrer de dois dias. T = pressão baixa; H = pressão alta. As letras a-e correspondem com a descrição na página 25, as flechas vermelhas os movimentos do ar.



A distribuição de terra e água influencia a direção dos ventos: No verão a atmosfera acima do continente esquenta mais que acima do mar vizinho, ao Norte e Leste. A onda diária estratosférica é mais alta acima do continente que acima do mar, e os ventos estratosféricos na área de transição são desviados de Leste para Nordeste (veja ilustração 3, página 27).

Em princípio, este processo acontece diariamente. No inverno, porém, a radiação solar é muito menos forte. O desenvolvimento diário da pressão atmosférica observado em Cumaru corresponde exatamente com a descrição de Riehl (página 286). Infelizmente o autor não fornece nenhuma explicação para o fenômeno. O fenômeno corresponde também por boa parte com as observações de Dai (1999). Ele confirmou duas ondas de alta pressão que dão voltas à terra diariamente com a velocidade da rotação da terra. Segundo as observações dele estas ondas deveriam passar por Cumaru aproximadamente às 8 horas e às 22 horas, uma hora mais tarde que realmente observado. Talvez esta diferença possa ser explicada pelo fato que a hora local de Cumaru não é a hora oficial do Brasil, ou pelo fato que Dai usou dados levantados de três em três horas. Os dados de Dai mostram que a onda de alta pressão é mais alta acima do continente e no verão que acima do mar e no inverno. Podemos também constatar que a onda da noite é mais fraca que a onda matinal e parece enfraquecer quando ela passa por cima do continente sudamericano. Porém, Dai também não fornece nenhuma explicação razoável para o fenômeno.

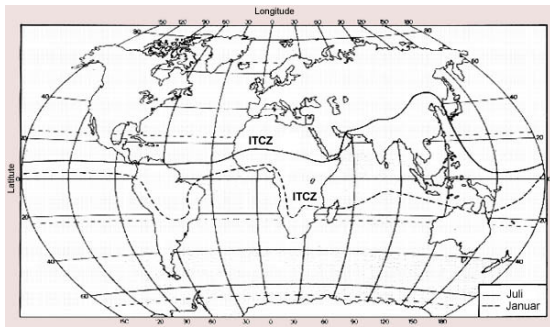
### Os parâmetros meteorológicos ao decorrer do ano

O ciclo acima descrito é superposto pelos efeitos colaterais da zona de convergência tropical. Durante o ano inteiro o Nordeste brasileiro está situado fora desta zona no sentido estrito, mas sente os efeitos colaterais das regiões vizinhas a esta zona. Podemos distinguir entre a situação estival e a situação invernal:

No verão a zona de convergência tropical faz um arco em tornodo Nordeste brasileiro no Norte e no Oeste. A posição desta zona depende principalmente da temperatura do mar. O próprio Nordeste está na influência dos ventos descendentes que vêm parcialmente da bacia amazônica. Visto que estes ventos, antes de chegar ao Nordeste, passaram por trechos continentais e não por trechos marítimos, eles tiveram menos oportunidade de saturar-se com água, perderam mais umidade na zona de convergência tropical e conseqüentemente esquentam mais ao cair no Nordeste brasileiro. Este fato resulta em ventos secos no Nordeste durante o verão. Provavelmente os eventos raros de chuvas estivais são provocados por frentes frias que dominam o regime de chuva na Bahia e avançam até Cumaru de vez em quando.

No inverno a zona de convergência tropical se afasta do continente sudamericano em direção Norte. Os ventos relativamente secos vindo da bacia amazônica no verão perdem sua força no

Ilustração 2: Posição da zona de convergência tropical no verão e no inverno

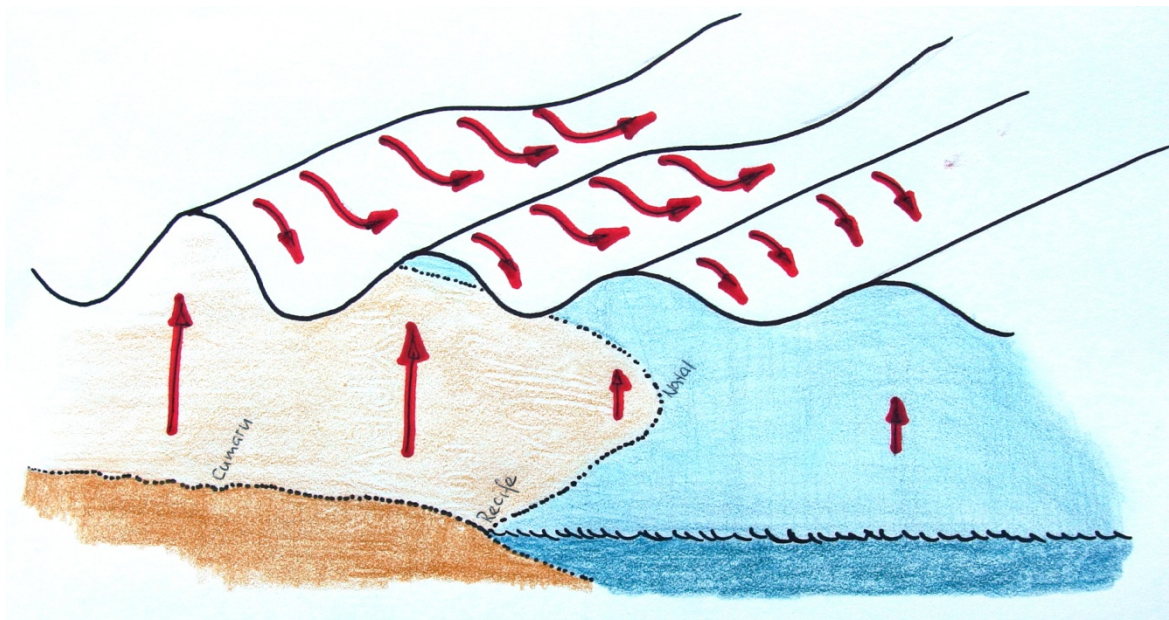


Nordeste e são sucessivamente substituídos por ventos mais úmidos provenientes do Atlântico. No inverno a zona de convergência tropical está situada completamente acima do Atlântico relativamente quente nesta época do ano.

Os ventos inverniais são levados mais ao Sul que os ventos estivais porque a atmosfera acima do continente esquenta menos que no inverno e esfria mais durante a noite. Esta falta de calor

provoca depressões nas camadas superiores da atmosfera nas quais os ventos relativamente quentes e úmidos da zona de convergência tropical invadem principalmente durante a noite, se misturam com a atmosfera local e provocam chuva. Em Cumaru os meses mais chuvosos coincidem com a época na qual a zona de convergência tropical está localizada acima do mar, e com a época da menor radiação solar do ano. A época de chuva começa mais cedo nas regiões mais afastadas do mar, simplesmente porque a falta de energia solar se manifesta mais cedo em lugares mais continentais.

Ilustração 3: Pressão atmosférica e movimentos do ar sobre o Nordeste durante o verão

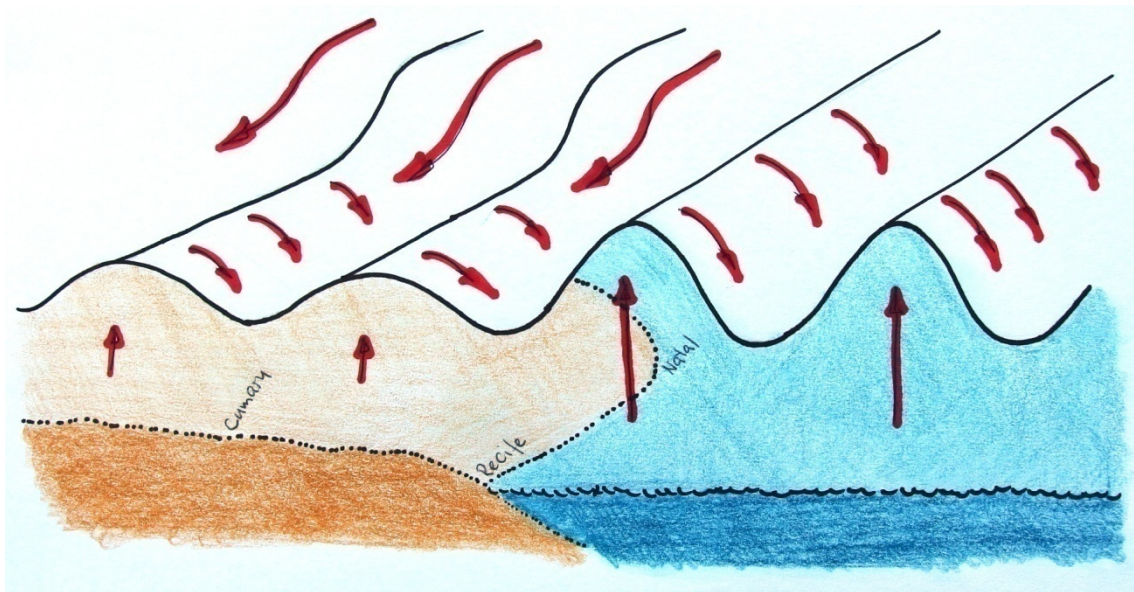


A teoria acima descrita explica a observação de Hastenrath que os eventos anormais de Guiana sejam inversos aos do Nordeste brasileiro. Se a hipótese está certa, as chuvas de inverno em Cumaru deveriam acontecer sobre tudo de noite ou de madrugada. Infelizmente o aspecto do horário das chuvas não foi considerado suficientemente na pesquisa. Ramos (1975) menciona que no Leste de Petrolina as chuvas de inverno acontecem principalmente de noite e de madrugada.

As massas de ar úmido que invadem do Norte ao Nordeste brasileiro aumentam a probabilidade de chuvas. Quanto mais úmido o ar, mais provável são eventos de chuva. Provavelmente são necessários dois fatores para criar uma situação favorável para chuvas: Por um lado é a invasão de massas de ar úmido do Atlântico através da máquina de vento da zona de convergência tropical e as depressões estratosféricas acima do continente frio, por outro lado é uma umidade suficientemente alta das massas de ar locais acima do continente. Suponho que boa parte das chuvas locais consiste em água que evaporou nas regiões vizinhas no dia anterior.



Ilustração 4: Pressão atmosférica e movimentos do ar sobre o Nordeste durante o inverno:



Os processos que mudam durante a época de chuva são apresentados no fluxograma seguinte:

Gráfico 13: Mudanças da situação climática em Cumarú durante o inverno:



No inverno Cumarú não está apenas sob a influência das massas de ar úmido do Norte, mas também dos ventos alísios que vêm do Sudeste ao Nordeste do Brasil e dominam o clima na região costeira. Com as maiores quantidades de chuva nos meses de Maio até Junho Cumarú se encontra na mesma família de regimes de chuva segundo o "Atlas pluviométrico do Brasil" (1948) como cidades próximas da costa, Maceió-AL ou Escada-PE, por exemplo.

Quantidades pequenas de chuva são armazenadas no solo apenas por pouco tempo. Geralmente a água evapora nos primeiros dois dias depois de um evento de chuva. Constatei que um milímetro de chuva penetra um centímetro no solo, ao máximo. Provavelmente os eventos de chuva com menos que 15 mm mal são acessíveis para as raízes das plantas e evaporam em um ou dois dias. Esta evaporação é a causa principal para o aumento da umidade relativa depois do evento de chuva. Se a quantidade de chuva for muito grande, uma parte da água é retirada da região pelos rios e não é mais disponível para a evaporação no local. Uma pequena parte da água se move para camadas mais profundas do solo ou é integrada na biomassa. Desde aí a devolução à atmosfera acontece mais devagar. Neste contexto quero chamar a atenção do leitor à importância da vegetação e da capacidade do solo de armazenar água: Uma superfície rochosa sem vegetação não consegue reter quase nenhuma água, além disso ela esquenta muito durante o dia e esfria muito durante a noite. Solos profundos e vegetação densa conseguem armazenar muita água, atrasam a devolução da água recebida à atmosfera, diminuem os ventos e as variações de temperatura e da umidade do ar. Quanto mais densa a vegetação, quanto mais profundo o solo, mais equilibrado o clima e mais regular os eventos de chuva.

Suspeito uma relação estreita entre os fatores que influenciam o clima da bacia amazônica e o clima do Nordeste. Sobre tudo no verão a zona de convergência tropical traz as massas de ar da bacia amazônica diretamente ao Nordeste. Por isso vale o seguinte: Quanto melhor a bacia amazônica consegue saturar a atmosfera com umidade, mais água sobra para o Nordeste. Segundo Hastenrath (S. 353) os principais fatores influenciáveis são a umidade do solo, a asperidade e a reflexão da superfície da terra. Estas qualidades, no entanto, dependem fortemente da vegetação: Ela armazena água, aumenta a superfície de evaporação, diminui o vento e a reflexão da energia solar. Superfícies de água também têm efeitos positivos ao clima porque deixam água evaporar e equilibram as temperaturas locais (veja Riehl S. 280 ff).

Podemos supor que existe também uma relação forte entre a temperatura do mar no Norte e Nordeste do continente e a quantidade de chuva no Nordeste brasileiro: Quanto mais quente o mar, menos a zona de convergência tropical se afasta do continente no inverno, maior as diferenças de temperatura entre o continente e o mar, maior a quantidade de chuva.

#### 4.3. Previsões de tempo

Os dados meteorológicos levantados permitem as conclusões seguintes:

1. O início da época de chuva de Cumaru coincide com uma queda da temperatura matinal de mais que  $0.5^{\circ}\text{C}$  e um aumento da pressão atmosférica de 1.5 hPa durante vários dias.
2. Quando, na época de seca, a pressão atmosférica matinal diminui por mais que 2.5 hPa em 3 dias, a umidade relativa matinal do ar diminui por mais que 5 % no mesmo período, e no terceiro dia a temperatura matinal do ar cai por mais que  $1^{\circ}\text{C}$ , estes fenômenos indicam a proximidade de um evento de chuva estival, provocado por uma frente fria vindo do Sul.

#### 4.4. Dimensão de cisternas

Quem constrói uma cisterna para armazenar água da chuva quer saber qual é o tamanho certo da cisterna em relação com a superfície de coleta de chuva. Esta informação serve para perder menos material de construção e água. Com os dados meteorológicos presentes é possível calcular o volume ideal de cisternas:

Uma cisterna que seja capaz de armazenar até as chuvas mais fortes de Cumaru deveria ter o volume de aproximadamente 400 litros por  $\text{m}^2$  de superfície horizontal de captação. Um exemplo: Uma casa com um tamanho de  $100\text{ m}^2$  precisava uma cisterna com um volume de  $40\text{ m}^3$  (um cubo de comprimentos laterais de 3.50 m). Desta maneira poderiam ser retiradas 400 litros por dia. Cisternas

menores transbordariam durante eventos de chuva como o do 28 de Abril até o 5 de Maio de 2011 ou aquele do dia 15 até 18 de Junho de 2010. Quem constroi uma cisterna menor que essa não escolhe o tamanho pelo critério da oferta de chuva, mas sim por outros critérios como demanda de água, espaço disponível, custos de construção, etc. Para não desperdiçar água desnecessariamente é importante limpar a cisterna no momento certo: quando ela está quase vazia ou no início da época de chuva. É altamente recomendado dividir o volume da cisterna em duas cisternas individuais, mas com uma conexão no fundo e um registro para fechar este cano. Assim a água restante da cisterna a limpar pode ser bombeada para a segunda cisterna. Também recomendo desviar a primeira água suja depois de períodos prolongados de seca (para isso existem instalações semi-automáticas simples e baratas) e montar uma peneira fina e sem brechas na tubulação de entrada. Soltar alguns peixinhos ("piabas") na água da cisterna evita a proliferação de larvas de mosquitos. Finalmente eu recomendo colocar em cada cisterna uma placa de isopor de aproximadamente 2 cm de grossura que permite aos animais terrestres caídos na cisterna de salvar sua vida e assim evitar poluição da água.

## 5. Literatura usada:

---

- Dai Aiguo, Wang Junhong, **Diurnal and Semidiurnal Tides in Global Surface Pressure Fields**, 16 February 1999, in: Journal of the Atmospheric Sciences, Volume 56, páginas 3874-3891
- Dantas Marciano, **Fatores que contribuem para as chuvas no Nordeste**, 26 de dezembro de 2012: <http://professormarcianodantas.blogspot.ch/2012/12/fatores-que-contribuem-para-as-chuvas.html>
- Estados Unidos do Brasil, Ministério da Agricultura, Departamento da Produção Mineral, Divisão de Águas, Seção de hidrologia, **Atlas pluviométrico do Brasil (1914-1938)**, Boletim no. 5, 1948
- Hamilton Kevin, Ryan Steven C., Ohfuchi Wataru, **Topographic effects on the solar semidiurnal surface tide simulated in a very fine resolution general circulation model**, in: Journal of geophysical research, Vol. 113, D17114, 2008
- Hastenrath Stefan, **Climate and circulation of the tropics**, D. Reidel Publishin company, Dordrecht/Boston/Lancaster/Tokyo
- Henner Marco, **Der Jahresverlauf der ITC (ITCZ)**: [https://www.youtube.com/watch?v=yBSci\\_UpGvQ](https://www.youtube.com/watch?v=yBSci_UpGvQ)
- Kägi Bruno, **Dados meteorológicos de Cumaru**, anos 2009-2012 (não publicado)
- Kousky Vernon E., **Diurnal Rainfall Variation in Northeast Brazil**, Instituto de Pesquisas Espaciais INPE, conselho Nacional de Desenvolvimento científico e tecnológico CNPq, São José dos Campos, São Paulo, Brazil, in: Monthly weather Review, volume 108, 1979
- Kousky Vernon E., Gan Manoel Alonso, Instituto de Pesquisas Espaciais INPE, Conselho Nacional de Desenvolvimento científico e tecnológico CNOPqm São José dos Campos – SP, Brazil, **Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic**, 1981
- Kousky, Vernon E., **Frontal Influences on Northeast Brazil**, Instituto de Pesquisas Espaciais INPE, conselho Nacional de Desenvolvimento científico e tecnológico CNPq, São José dos Campos, São Paulo, Brazil, in: Monthly weather Review, volume 107, 1979
- Liebmann Brant, Kiladis George N., Allured Dave, Vera Carolina S., Jones Charles, Carvalho Leila M.V., Bladé Ileana, Gonzáles Paula L.M., **Mechanisms Associated with large Daily Rainfall Events in Northeast Brazil**, in: Journal of Climate, volume 24, 2010
- Lyra Gustavo B., Oliveira-Júnior José F., Zeri Marcelo, **Cluster analysis applied to the spatial and temporal variability of monthly rainfall in Alagoas state, Northeast of Brazil**, International Journal of Climatology, 26 of February 2014
- Mishra S. K., Brahmananda Rao V., Sergio H. Franchito, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, Brazil, **Genesis of the Northeast Brazil Upper-Tropospheric Cyclonic Vortex: A Primitive Equation Barotropic Instability Study**. April 2007
- Ramos, R. P. L., 1975, **Precipitation characteristics in the northeast Brazil dry region**. J. Geophys. Res., 80, 1665-1678
- Riehl Herbert, **Climate and Weather in the Tropics**, Academic Press, London, New York, San Francisco 1979
- Schwerdtfeger Werner, World Survey of climatology Volume 12, **Climates of Central and South America**, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York 1976
- University of Hawaii at Manoa, **Why Atmospheric Pressure Peaks At 10am And 10pm In The Tropics**. ScienceDaily. ScienceDaily, 14 December 2008. <[www.sciencedaily.com/releases/2008/12/081203092437.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2008/12/081203092437.htm)>.



## 6. Links úteis sobre o tema:

---

- <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/>
- Por quê pressão atmosférica alta às 10 horas e às 22 horas nos trópicos: <http://www.sciencedaily.com/releases/2008/12/081203092437.htm>
- Onda atmosférica: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Onda\\_atmosf%C3%A9rica](http://pt.wikipedia.org/wiki/Onda_atmosf%C3%A9rica)
- Onda quadrada: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Onda\\_quadrada](http://pt.wikipedia.org/wiki/Onda_quadrada)
- Overshoot: [http://en.wikipedia.org/wiki/Overshoot\\_%28signal%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Overshoot_%28signal%29)

## 7. Correspondência:

---

Carta do 30 de Novembro de 2014 ao Instituto nacional de Meteorologia INMET:

*Prezados Senhores!*

*Cumaru é um município situado na região Nordeste do Brasil, agreste meridional do Pernambuco, aprox. 350 m acima do mar, 100 km ao Oeste do mar Atlântico, 8º latitudinais Sul. Durante quase quatro anos medi e anotei dados meteorológicos no município de Cumaru-PE para entender os fatores predominantes do clima cumaruense. No trabalho de síntese apareceram dois fenômenos que não consegui entender completamente, e estou escrevendo esta carta para os Senhores para pedir ajuda. Trata-se dos fatos seguintes:*

- 1. Descubri que a pressão atmosférica apresenta duas altas e duas baixas durante cada dia: As baixas acontecem aproximadamente às 3 horas e às 15 horas, as altas aproximadamente às 9 horas e às 21 horas. Durante o dia, das 10 horas até 16 horas da tarde, tem um vento que vem do Leste. Parcialmente já descobri a origem deste fenômeno: Ao nascer do sol, a atmosfera esquenta e forma uma onda nas camadas altas da atmosfera que corre com a velocidade do nascer do sol do Leste para Oeste. Devido à rotação da terra, estas massas de ar são translocadas em direção de Leste, o que explica a baixa de pressão atmosférica das 15 horas, a alta de pressão às 21 horas e o vento durante o dia. O que não entendo é a baixa de pressão atmosférica das 3 horas de madrugada e a alta de pressão das 9 horas.*
- 2. O segundo fenômeno é o fato que durante aproximadamente 2-3 dias antes das chuvas isoladas da época de estiagem, a pressão atmosférica e a umidade relativa do ar caem com alta frequência. Qual é a explicação para este fenômeno?*

*Para ilustrar os dois fenômenos, lhes mando em anexo dois gráficos do meu trabalho. Caso que os Senhores precisam de mais informações para responder minhas perguntas, estou a inteira disposição.*

*Agradeço pela sua atenção e sua ajuda!*

*Atenciosamente: Bruno Kägi*

Resposta do INMET:

*Caro Bruno,*

*O ar é um fluido, e assim como o oceano, sofre os efeitos da força de atração gravitacional do Sol e da Lua. Enquanto no oceano temos o fenômeno das marés, na atmosfera o mesmo fenômeno ocorre, e chama-se maré barométrica. Por isso a variação diuturna da pressão, muito bem percebida por V.S<sup>a</sup>.*

*Quanto a 2ª questão: É natural a pressão da atmosfera cair antes das chuvas, devido à mudança de circulação dos ventos. Pressão é força sobre área, daí uma região com alta pressão está sob o domínio de um ar descendente (exercendo força para baixo, portanto na superfície); uma região com baixa pressão, o ar está na ascendência, daí diminuindo a força na superfície e provocando baixa pressão que, em geral, está associada a instabilidades atmosféricas, portanto em condições de mudar o tempo e provocar chuvas. Quanto à variação da umidade, provavelmente a mudança na circulação dos ventos provoque a variação da umidade relativa.*

*Atenciosamente,*

Assessoria de Comunicação

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA

Carta do dia 30 de Novembro de 2014 ao grupo „clima“ da Universidade de Berna:

*Sehr geehrte Damen und Herren!*

*Während 4 Jahren habe ich die Wetterdaten in Cumaru notiert, um zu verstehen, welche entscheidenden Faktoren das lokale Klima prägen. Bei der Auswertung dieser Daten haben sich zwei Fragen ergeben, die es mir nicht gelungen ist zu beantworten. Als ehemaliger Biologiestudent der Uni Bern wende ich mich daher an die Forschungsgruppe Klimatologie mit der Frage, ob Sie jemanden kennen, der mir weiterhilft, oder ob es allenfalls in ihrer Bibliothek ein Buch gibt, der meine Fragen beantwortet. Zur Illustration meiner Fragen sende ich Ihnen im Anhang als pdf-Dokument einen Auszug meines noch unfertigen Berichts mit zwei Gráficoen (Tagesverlauf des Luftdrucks; Temperatur (rot), Luftdruck (schwarz), relative Luftfeuchtigkeit (grün) und tägliche Regenmenge (blau)). Für weitere Auskünfte stehe ich natürlich gerne zur Verfügung.*

*Hier meine Fragen: Cumaru ist eine Ortschaft im semiariden Nordosten Brasiliens, im Staat Pernambuco, ca. 8 Grad südliche Breite und ca. 100 km vom Südatlantik entfernt. Ich habe festgestellt, dass der Luftdruck täglich zweimal ansteigt und zweimal absinkt, jeweils fast zu identischen Tageszeiten: Der Druck ist tief ca. um 3 Uhr und um 15 Uhr, hoch ca. um 9 Uhr und um 21 Uhr. Vor allem nachmittags weht ein Wind von Osten her. Können Sie mir erklären, wie diese Druckverhältnisse zustandekommen? Zur Erklärung habe ich folgende Vermutung: Nach Sonnenaufgang wärmt sich die Atmosphäre auf und erzeugt bis ca. 14 Uhr in den oberen Luftschichten eine Welle, die infolge der Erdbewegung nach Osten verfrachtet wird und dort ein Hochdruckgebiet erzeugt (um 21 Uhr). In den unteren Luftschichten versucht der Wind, diese Druckverhältnisse wieder auszugleichen (Wind am Nachmittag). Am Nachmittag und Abend kühlt sich die Atmosphäre wieder ab, womit ein Wellental entsteht, welches von der Welle aufgefüllt wird. So weit so gut. Ich verstehe jedoch nicht die Entstehung des Bodentiefs um 3 Uhr morgens und des Bodenhochs um ca. 9 Uhr. Können Sie mir da weiterhelfen? Und noch eine zweite Frage: Jeweils ca. 2-3 Tage vor den seltenen Regengüssen während der Trockenperiode, die von September bis März dauert, sinken Druck und Luftfeuchtigkeit stark ab, steigen während des Regenereignisses aber wieder an (vgl. Gráfico im Anhang). Warum? Besten Dank im Voraus für Ihre Hilfe! Mit freundlichem Gruss: Bruno Kägi*

Resposta:

*Sehr geehrter Herr Kägi*

*Bitte entschuldigen Sie die späte Antwort. Was Sie beobachtet haben, beobachtet man in den ganzen Tropen. Hier eine Erklärung: <http://www.sciencedaily.com/releases/2008/12/081203092437.htm>. Ich kann Ihnen auch das paper von Dai (1999) empfehlen, wo gezeigt wird, dass Nord-Brasilien besonders grosse Luftdruckschwankungen hat. Die Beobachtungen von sinkendem Druck und abnehmender Luftfeuchtigkeit vor einem Event weisen darauf hin, dass die Niederschlagsereignisse im Zusammenhang mit kalten Fronten stehen. In der Tat, Kousky (1979) hat das schon beschrieben. Ich glaube, diese Studie könnte Sie interessieren, da die gleichen Phänomene, die Sie identifiziert haben, dort zu sehen sind. Weiter habe ich die Paper von Lyra et al. (2014) und von Liebmann et al. (2011) angehängt, die sich mit Niederschlagsereignissen und -extremeventen im Nordosten von Brasilien befassen. Es ist schön zu sehen, dass, wie erwartet, die kalten Fronten mit den bekannten Wellenzügen der mittleren Breiten zu tun haben. Es wäre interessant, Wind-Daten zu haben. Ich vermute, dass vor solcher kalten Fronten der Wind aus einer anderen Richtung kommt, im Vergleich zu der Meeresbrise, welche bestimmt feuchter ist und in "ruhigen" Tagen dort weht. Vielleicht sind es auch kleine "Berge" (bis zu 1000m) westlich von Cumaru, die einen Föhn-effekt verursachen können. Aber das ist nur Spekulation... Vielleicht gelangen Sie an weitere Informationen mithilfe von anderen Stationen in der Umgebung? z.B.*

*<http://www.wunderground.com/history/airport/SBUF/2014/11/2/MonthlyHistory.html> oder*

*<http://www.wunderground.com/history/airport/SBPL/2014/11/2/MonthlyHistory.html>. Die erwähnten Studien finden Sie im Anhang.*

*Ich hoffe, das Ihnen diese Informationen weiterhelfen werden.*

*Freundliche Grüsse*

*Céline Dizerens, Junior Assistant*

*University of Bern*

*Climatology Group*

*Hallerstrasse 12*

*CH - 3012 Bern*

*Tel. ++41 (0)31 631 8880*