



Quadro de René Magritte (1898-1967): Férias de Hegel de 1958.

Pluviometria: Aspectos Históricos e Técnicos

A chuva é sem dúvida o fenômeno atmosférico que mais interfere em nosso cotidiano. Seja no aspecto do lazer, seja no aspecto econômico, principalmente no Brasil cuja matriz energética é alicerçada em bases Hidroelétricas que dependem fundamentalmente do regime das chuvas, seja no aspecto social, em períodos muito chuvosos populações ribeirinhas e residentes nas periferias das grandes cidades sofrem com enchentes, surtos de doenças, queda de encostas; em períodos de seca, famílias que dependem da agricultura de subsistência sofre com a escassez de alimento. O Brasil com sua extensão "continental" apresenta imensa diversidade climática, que reflete na distribuição espacial e temporal da precipitação. Para citar, a região Nordeste do Brasil, no litoral o acumulado anual chega a 1.600mm ou mais, enquanto que no interior o acumulado anual chega a 400 mm ou menos, similar a outras regiões semi-áridas do mundo como o Sahel, nordeste da África e partes da Índia.

A pluviometria, do latim "*pluvia = chuva + metria = medição*", trata-se do processo ou técnica de medição da precipitação, seja esta líquida ou sólida. Em se tratando de precipitações sólidas (neve, granizo ou saraiva) a medição é feita após a fusão do gelo.

O instrumento utilizado para quantificar a precipitação que chega a superfície é conhecido como pluviômetro, udômetro ou pluviógrafo. A unidade de medida da precipitação é o milímetro, ou seja, um milímetro de chuva é por convenção igual a 1 litro por 1m².

O volume precipitado é normalmente expresso pela espessura da camada d'água que se formaria sobre uma superfície horizontal, plana e impermeável, com 1m² de área:

$$1 \frac{\text{litro}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{dcm}^3}{100\text{dcm}^2} = 0,1\text{cm} = 1\text{mm}$$

BREVE HISTÓRIA

Medidores de Superfície

A origem do primeiro registro de chuva é incerta, a literatura que trata do assunto é escassa. Desta forma, vamos tratar dos aspectos históricos com algumas ressalvas quanto a datas e nomes, principalmente quando for tratado de assuntos anteriores a idade moderna, isto é, anterior ao século XV.

Nos escritos de *Aristóteles* (340 a.C.), mais especificamente em seu livro de filosofia natural "*Meteorologica*", que tratou de nuvens, névoa, chuva, neve etc., sem, no entanto tratar da medição de precipitação. Desde tempos antigos, o homem tem a necessidade de conhecer os ciclos naturais da chuva para o desenvolvimento da agricultura e da caça. As idéias de Aristóteles foram aceitas durante quase 2000 anos. O início da Meteorologia

como uma verdadeira ciência no mundo ocidental ocorreu por volta do final do século 16. Todavia, algumas pesquisas indicam que cerca de 100 d.C., aparelhos para medir chuva eram usados na Palestina para fins agrícolas.

Alguns autores creditam ao filho do Rei *Sejong*, o quarto rei na Dinastia *Joseon* que reinou de 1418 a 1450, o Rei *Munjong*, o desenvolvimento do primeiro medidor de chuva cujo intuito era aperfeiçoar as técnicas agrícolas e proporcionar aos seus súditos comida adequada.

O intento ocorreu em 1441 quando *Munjong* fazia medições de chuva no palácio e percebeu que em seria mais adequado usar um recipiente padrão do que cavar na terra para conferir os níveis de chuva. Foi enviado um medidor de chuva para cada aldeia, onde foram utilizados como instrumento para prever a colheita potencial do fazendeiro, e determinar quanto de imposto cada fazendeiro deveria pagar.

O pluviógrafo inventado por *Christopher Wren* na Europa em torno de 1661 utilizou o padrão de peso, ou, por vezes, o volume de líquido resultado da precipitação. É necessário lembrar, no entanto, que o sistema métrico como sabemos, não existia na época. O instrumento idealizado por *Wren* ainda é usado em muitos dos instrumentos automatizados de hoje. Seu dispositivo é dotado de um recipiente dividido em dois compartimentos simétricos em relação ao eixo transversal que o apóia (similar ao da figura a seguir). Quando um dos compartimentos enche, o recipiente tomba para o lado e a água escoar, enquanto o outro compartimento passa a encher. Ao esvaziar um dos compartimentos um mecanismo que fazia furos numa fita de papel era acionado. O número de furos era proporcional à quantidade de chuva acumulada.



Pluviógrafo com Estrutura de Bâscula.

No passado, na maioria das regiões do Mundo se não em todas, as redes pluviométricas foram desenvolvidas de forma bastante aleatória. No Reino Unido, entre 1860 e 1861 teve início o trabalho sistemático de observação da chuva por G. J. *Symons*, com cerca de 500 estações distribuídas por cerca aproximadamente 300.000 quilômetros quadrados, onde é hoje a República da Irlanda. Em grande parte através do esforço pessoal de Sr. *Symons*, até a sua morte em 1900, o número de estações aumentou para cerca de 3.500.

Em 1866, o Reverendo T. E. *Crallan* começou a observar chuvas com pluviômetros de aberturas uniformes, mas composto de diferentes materiais. Estes pluviômetros, também foram espalhados por diversas áreas e elevações para ver como o efeito da elevação e direção do vento mudava as leituras. Os testes foram realizados até meados de 1890. Algumas conclusões do estudo são listadas abaixo:

- **Materiais:** O material do pluviômetro é importante. Deve ser uma superfície lisa e durável em todas as condições meteorológicas. Ebonite foi recomendada, mas cobre é muito menos dispendioso com poucas mudanças nos resultados.
- **Tamanho da Abertura:** Diferentes aberturas foram cuidadosamente examinadas, e experimentos foram conduzidos usando vários tamanhos, todos a mesma altura acima do solo. Verificou-se que, os diâmetros entre 10,16 cm (4") e 60,96 cm (24") apresentavam leituras muito próximas, e o pluviômetro com abertura de 12,7 cm (5") era o mais prático.
- **Altitude:** Verificou-se que a maior altitude o pluviômetro captava menos precipitação. Ficou constatado que o vento era a variável que causava tal discrepância.

Entre suas descobertas, Sr. *Symons* também observou que o vento tinha um papel importante sobre a quantidade de chuva recolhida em diferentes altitudes. Seus estudos serviram como base da moderna padronização dos pluviômetros. Destes estudos pode-se resumir as seguintes conclusões:

- 1 **Pluviômetro com abertura de 12,7 cm fabricado em cobre era mais prático.**
- 2 A norma altura da borda do pluviômetro deve ser 30,48 cm do solo (1 pé).
- 3 Bússolas deve ser nível, mudanças na inclinação do solo devem ser evitadas.
- 4 Influências do ambiente, como árvores e edifícios devem ser evitadas para medições precisas.

MEDIÇÃO POR SENSORIAMENTO REMOTO

A precipitação é um fenômeno atmosférico que apresenta grande variabilidade espaço-temporal. As redes pluviométricas não são capazes ainda de cobrir todas as regiões, principalmente locais ermos e de difícil acesso, ou seja, representa um enorme esforço tecnológico e econômico adquirir e manter uma densa rede de estações pluviométricas de superfície e radares, suficiente para cobrir extensas áreas do globo terrestre em especial as regiões dos Trópicos. Além dos oceanos que não são cobertos por este tipo de instrumento.

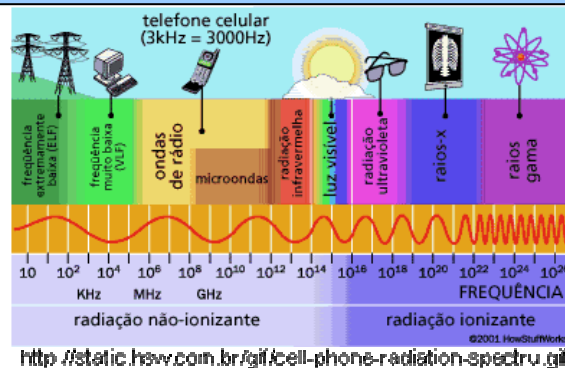
A partir da década de 1960, quando foram lançados os primeiros satélites meteorológicos permitindo o monitoramento da nebulosidade sobre extensas áreas do globo terrestre. Diversas aplicações foram desenvolvidas para o uso dos dados obtidos por estes satélites, entre elas, técnicas para estimativa de precipitação que permitem obter a distribuição espaço-temporal da chuva sobre extensas áreas, inclusive sobre os oceanos.

A estimativa de precipitação por meio do sensoriamento remoto é baseada em técnicas que utilizam sensores ativos e passivos.

Os sensores ativos irradiam energia sobre os alvos e medem a quantidade de energia retro-espalhada por eles. A energia retro-espalhada é proporcional ao diâmetro a sexta potência da distribuição de hidrometeoros iluminado pelo feixe do radar. Esses sensores são comumente conhecidos como radares meteorológicos.

Os sensores passivos medem a energia emitida pelo sistema Terra-Atmosfera que é absorvida ou espalhada durante sua propagação na atmosfera. À medida que esta energia se propaga, interage com o meio (gases, aerossóis e hidrometeoros) que é utilizada para inferir diferentes propriedades dos alvos, por exemplo: vapor d'água, gelo, precipitação ou concentração de gases e material particulado.

Os primeiros métodos utilizavam a faixa de frequência do visível, posteriormente veio a utilização da banda do infravermelho e atualmente vem se empregando as frequências de microondas.



Espectro Eletromagnético.

No visível a radiação observada é a razão entre a energia incidente pela refletida. Dessa maneira, observa-se a refletividade das nuvens e da superfície. Os métodos de estimativa de precipitação no visível relacionam a área da nuvem com certa refletividade e textura com a área de precipitação. O pesquisador E. C. BARRET (1970) foi o pioneiro no desenvolvimento de um método de estimativa da precipitação mensal utilizando o canal visível, conhecido como indexador de nuvens. Este método define diferentes taxas de precipitação para cada tipo de nuvem, baseando-se em uma classificação de nuvens e calculando a fração de cobertura.

O canal infravermelho da janela atmosférica é proporcional a temperatura do alvo a quarta potência, podendo ser utilizado para definir a profundidade da convecção, além de permitir estimar a precipitação durante a noite. Em 1979, P. A. ARKIN desenvolveu o método de estimativa de precipitação conhecido como *GOES Precipitation Index* (GPI). Esta técnica baseia-se na alta correlação entre a fração de nuvens com temperaturas inferiores a 235K (-38°C) e a área de chuva observada por radar em regiões de $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$ ao longo do mês.

A disponibilidade de imagens simultâneas no visível e no infravermelho, levou ao desenvolvimento da técnica bi-espectral. Neste método, as nuvens que são brilhantes nas imagens do visível são mais prováveis de precipitar do que as mais escuras, as nuvens com baixas temperaturas de brilho nas imagens do infravermelho, apresentam topos mais altos do que as nuvens quentes. Logo, a combinação dos dois canais foi utilizada para definir regras e identificar nuvens que apresentam maior probabilidade de precipitar, isto é, nuvens frias e brilhantes.



A utilização da frequência de microondas na estimativa de precipitação deu-se no final da década de 1970 a partir da liberação dos dados dos satélites de defesa dos Estados Unidos. A vantagem deste canal é que nesta faixa de frequência a radiação eletromagnética interage com os hidrometeoros, permitindo assim uma melhor descrição da estrutura vertical da precipitação, uma vez que tanto o visível quanto o infravermelho observam somente a característica do topo da nuvem. Por outro lado, medidas em microondas se restringem aos satélites de órbita baixa (polares ou equatoriais), ou seja, a algumas medidas ao dia.

Na década de 1990 percebeu-se que estas técnicas de estimativa de precipitação seriam mais bem representadas a partir do acoplamento de medidas de vento e umidade relativa.

No ano de 1998, o pesquisador *GILBERTO VICENTE* (NASA/GSFC) desenvolveu o método *The Operational GOES Infrared Rainfall Estimation Technique* que funciona operacionalmente no *National Environmental Satellite Data and Information Service* (NESDIS) do *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA).

Nesta técnica as informações de vento, água precipitável e umidade relativa obtidas pelo modelo de previsão numérica ETA do NCEP/NOAA são incorporadas para definir probabilidades de chuva e aumento ou diminuição da precipitação modificando as relações entre temperatura de brilho e taxa de precipitação. Este método foi adaptado e operacionalizado no CPTEC para estimativas de precipitação na América do Sul.

Em novembro de 1997, o satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) foi lançado, e desde então houve uma "revolução" no conhecimento da precipitação. O satélite foi equipado com sensores de microondas do SSM/I, e um radar meteorológico.

O projeto TRMM disponibiliza em tempo real as estimativas de precipitação feitas pelos modelos bem como pelo primeiro radar meteorológico no espaço. Estas estimativas, em tempo real, são relativamente precisas. Sobre as regiões oceânicas obtêm-se melhores resultados, e sobre o continente ainda nota-se um erro da ordem de -20%.

A partir do sucesso do TRMM, tenta-se a partir do programa *Global Precipitation Measurement* (GPM) estender a experiência do TRMM para estimativas de precipitação global a cada 3 horas. Neste programa, o GPM visualiza a utilização de 8 satélites de órbita polar que carreguem instrumentos do tipo SSM/I e um satélite "mãe" igual ao TRMM. Dessa maneira, o satélite mãe será utilizado para calibrar os algoritmos de estimativa de precipitação.

REFERÊNCIAS:

COCORAHNS. **The History of Rain Measurement.** Disponível em: www.cocorahns.org/Media/docs/THE_HISTORY_OF_RAIN_MEASUREMENT.doc.

GPM-BRASIL. **Histórico sobre Estimativa de Precipitação por Satélites.** Disponível em <http://pindara.cptec.inpe.br/gpm/anexos/historico%20precip%20sat.pdf>.

INTERNATIONAL CIRCLE OF KOREAN LINGUISTICS. **King Sejong the Great: the Light of Fifteenth Century Korea.** Young-Key Kim-Renaud, 1992, Softcover, 119 p.

KIM-RENAUD, YOUNG-KEY. **Sejong's Theory of Literacy and Writing.** Studies in the Linguistic Sciences 30.1, 2000, pp. 13-46.

MOLION, L. C. B.; NOBRE, C. **The Climatology of Droughts and Drought Prediction.** The Impact of Climatic Variations on Agriculture, 1988, v. 2, pp. 305-323.

MUNJONG OF JOSEON. Disponível em http://en.wikipedia.org/wiki/Munjong_of_Joseon; http://en.wikipedia.org/wiki/Sejong_the_Great_of_Joseon.

PARA SABER MAIS:

BELLIS, M. **Rain Gauge.** Disponível em http://inventors.about.com/od/rstartinvention/a/Rain_Gauge.htm

Jang Yeong-sil. Disponível em: http://en.wikipedia.org/wiki/Jang_Yeong-sil

SYMONS, G. J. **Rain Gauges and Hints on Observing Them.** British Rainfall 1864, London, 1865, pp. 8.