

ESTUDO DA TAXA DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO ATRAVÉS DO MODELO DE HORTON, NA FLORESTA NACIONAL DE CAXIUANÃ – PA.

JOSÉ AUGUSTO DE SOUZA JÚNIOR: 1 – Aluno de Graduação, Bolsista PIBIC, Departamento de Meteorologia, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém – Pará, (0 xx 91 81236214), jun086@gmail.com
VANESSA DE ALMEIDA DANTAS: 2 – Departamento de Meteorologia, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém – Pará, (0 xx 88095177), nessynha24@yahoo.com.br
MARIA DO CARMO FELIPE DE OLIVEIRA: 3 – Professora Adjunto 4 - Departamento de Meteorologia, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém – Pará, (0 xx 91 99821962), marcarmo@nautilus.com.br

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE.

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo estimar a taxa de infiltração de água no solo por meio de modelos empíricos proposto por Horton e comparar os resultados com os dados obtidos em campo através dos infiltrômetros por inundação. Nas condições locais deste resultado o modelo proposto por Horton apresentou grande coerência de resultados em relação aos dados medidos em campo, evidenciados pela obtenção dos altos valores de coeficiente de determinação, mostrando também que, em condições de período mais chuvoso, a velocidade média de infiltração é menor e tende a estabilizar-se mais rápido com o tempo, enquanto que, quanto mais seco está o solo, período menos chuvoso, maior é a velocidade média de infiltração de água no solo. O tipo de solo nas três parcelas consideradas é do tipo areno - argiloso, porém nas parcelas 02 (próximo à torre principal) e 03 (plot 1), onde ocorrem as maiores taxas de infiltração, a cobertura da matéria orgânica é muito espessa com bastante enraizamento dos vegetais, apresentando alta capacidade de absorção, contribuindo de maneira positiva para uma maior capacidade de infiltração e percolação, quando comparado com a parcela 01 (ESECAFLOR).

PALAVRAS CHAVE: INFILTRAÇÃO, MÉTODO DE HORTON.

STUDY OF WATER INFILTRATION ON THE SOIL THROUGHOUT HORTON MODEL, ON CAXIUANÃ NATIONAL FOREST – PA.

ABSTRACT: This work had as objective to esteem water infiltration rate in the soil by empiric models proposed by Horton and to compare the results with the data obtained in field through for flood infiltrometrics. In the local conditions of this result the model proposed by Horton introduced big coherence of results regarding the data measured in field, evidenced by the obtained determination coefficient high values, showing also that, in conditions of rainier period, the average infiltration speed is smaller and tends to stabilize faster with time, while, the more dry is the soil, less rainy period, larger is water average infiltration speed in the soil. The kind of soil in the three considered bits belongs to the sandy kind - loamy, however in the bit number 02 (next to the main tower) and number 03 (plot 1), where occur biggest infiltration rates, the organic matter coverage is very thick with enough rootment of the vegetables, introducing absorption high capacity, contributing of positive way for a larger infiltration and percolation capacity, when compared with the bit number 01 (ESECAFLOR).

KEY WORDS: INFILTRATION, HORTON MODEL.

INTRODUÇÃO: A utilização desordenada e o mau gerenciamento dos recursos hídricos geram prejuízos de tal magnitude que, atualmente, problemas sociais e ambientais de grande relevância advêm de aspectos relativos tanto à disponibilidade quanto à qualidade da água.

A quantidade de água disponível para cada habitante do planeta vem diminuindo rapidamente nas últimas décadas, e em muitas bacias hidrográficas já não existe água suficiente para atender a demanda de seus múltiplos usuários nas épocas de estiagem. O conhecimento da taxa de infiltração da água no solo é de fundamental importância para definir técnicas de conservação do solo, planejar e delinear sistemas de irrigação e drenagem, bem como auxiliar na composição de uma imagem mais real da retenção da água e aeração no solo. O termo infiltração foi proposto por Horton, para expressar a água que molha ou que é absorvida pelo solo. A determinação da taxa de infiltração e a umidade do solo são elementos que afetam o comportamento radicular das árvores de uma floresta e áreas agrícolas, uma vez que eles são responsáveis pela diluição de nutrientes que são absorvidos e utilizados pelos vegetais para o seu crescimento e desenvolvimento, por isso, compreender o processo de infiltração de água no solo em um ecossistema de floresta torna-se de grande relevância para os estudos de processos de transformações ocorridas no micro relevo superficial e sub-superficial dos solos. O presente trabalho teve como objetivo realizar medidas da capacidade de armazenamento de água no solo e da taxa de infiltração em três áreas da Bacia do Rio Caxiuanã, a fim de estudar e avaliar modelos de previsão da taxa de infiltração por meio dos modelos empíricos propostos por Horton e comparar o desempenho do modelo com os valores medidos em experimento de campo, objetivando compreender a dinâmica hidrológica em solo com cobertura de floresta densa, uma vez que além das análises a cerca das características do solo, deve-se levar em conta, as modificações feitas pelo homem, como, desmatamentos, processos erosivos, enxurradas, e etc.

METODOLOGIA: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: A área experimental da floresta está localizada na Reserva Florestal de Caxiuanã, onde foi construída a Estação Científica Ferreira Penna – ECFPn, administrada pelo Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG. A base física da estação está localizada a oeste do Estado do Pará no município de Melgaço, distante 400 km de Belém-PA, em linha reta. A estação tem como coordenadas 01°42'30" de latitude sul e 51°31'45" de longitude oeste. A Reserva Florestal de Caxiuanã abrange 33000 ha, da qual 80% correspondem à floresta de terra firme e 20% à floresta de várzea e igapó, além de uma abundante vegetação aquática. A floresta de terra firme possui diferentes tipos de solo, que foram identificados como Latossolo Amarelo, assentados sobre um material sedimentar, do tipo argiloso e coloração variando de *Brumo amarelado* (Projeto Radam, 1974). São ácidos e de boa drenagem, apesar de alguns perfis apresentarem textura muito argilosa. O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Am, ou seja, clima tropical úmido com precipitação pluviométrica excessiva durante alguns meses e com ocorrência de um a dois meses (outubro e novembro) de pluviosidade inferior a 60 mm. Segundo a classificação de (Thorntwaite; Mather 1955) é do tipo B_{1r}A'a' clima úmido, com pequena ou nenhuma deficiência de água, megatérmico com uma concentração de verão da evapotranspiração potencial aproximadamente de 24%. A temperatura média anual é de 26,8 °C com valores médios de temperatura mínima e máxima de 23°C e 33°C, respectivamente. A umidade relativa apresenta valores médios anuais de 87%, caracterizando o micro clima local como bastante úmido o que gera um grande desconforto ambiental. A precipitação

pluviométrica na região tropical é o elemento meteorológico de maior variabilidade climática, variando de 57 mm (agosto) a 319 mm (março) com total médio anual de 2063 mm.

MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DA TAXA DE INFILTRAÇÃO:

MÉTODO DE CAMPO: Para caracterizar o fenômeno da infiltração, foram utilizados infiltrômetros por inundação, que são dois cilindros metálicos concêntricos, o externo com diâmetro de 30 cm e o interno com diâmetro de 20 cm, ambos com altura de 30 cm. Os infiltrômetros foram cravados no solo até uma profundidade entre 15 e 20 cm. Na parte superior foi colocada água em ambos os infiltrômetros, cuja variação de altura foi observada através de uma régua instalada no interior do cilindro interno. A leitura foi feita até a estabilização da velocidade de infiltração. Escolheram-se três pontos representativos da área de estudos: **Ponto de infiltração 01** – próximo à torre do ESECAFLOR, solo areno-argiloso e leve camada de matéria orgânica e pouca enraizamento.

Ponto de infiltração 02 – localizado dentro da parcela do experimento de interceptação (próximo à torre principal), onde o tipo de solo é areno-argiloso e camada de matéria orgânica profunda e bastante enraizamento.

Ponto de infiltração 03 - localizada na estrada do PLOT 01, onde o tipo de solo é areno-argiloso e camada de matéria orgânica profunda e bastante enraizamento.

Os dados de campo foram obtidos para dois períodos distintos na região, mês menos chuvoso (novembro) e mês mais chuvoso (março)

MÉTODO DE HORTON: a fim de comparar os valores medidos em condições de campo, utilizou-se o modelo estimativo proposto por Horton, pois segundo a revisão bibliográfica realizada é o método mais usado e mais preciso para calcular a taxa de infiltração de água no solo. A partir de experimento de campo, Horton (1940) estabeleceu uma relação empírica para representar a taxa da infiltração com o tempo que é apresentado da seguinte forma:

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \quad (01)$$

$$k = \frac{(f_0 - f_c)}{F_c} \quad (02)$$

Onde: f_0 = capacidade de infiltração inicial;

f = capacidade de infiltração final;

F_c = área do gráfico da Curva de infiltração;

k = Condutividade hidráulica;

t = tempo decorrido desde a saturação superficial do solo.

Onde esta área aproximada deve ser calculada pela seguinte equação, sendo que F_c é o somatório de todos os $F_{c_{i+1}}$.

$$F_c = \frac{(f_0 - f_c) + (f_1 - f_c)}{2} * t_2 - t_1 \quad (03)$$

A capacidade mínima de infiltração f_c , teoricamente seria igual à condutividade hidráulica saturada K_{sat} , se não houvesse o efeito do ar aprisionado no interior do solo, dificultando a infiltração. Por isso, f_c é normalmente menor que K_{sat} . Para avaliar o desempenho entre valores da infiltração obtidos em campo e os valores calculados pelo modelo de Horton para as 3 parcelas selecionadas, foram feitas análises comparativas dos resultados através do método gráfico e estatisticamente através do coeficiente de determinação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As Figuras 01 e 02 mostram os valores observados no campo e os obtidos pelo método de Horton da taxa de infiltração de água no solo com o tempo, nas três áreas selecionadas e nos dois períodos estudados, chuvoso e menos chuvoso. Observa-se que a taxa de infiltração é máxima no começo do ensaio, mas tende a estabilizar-se com o tempo e que, quanto mais úmido o solo está, época mais chuvosa (março); menor é a taxa de infiltração, devido a um menor gradiente hidráulico, e mais rapidamente a taxa de infiltração se torna constante, ocorrendo o inverso no período menos chuvoso (novembro). O tipo de solo nos pontos considerados é do tipo areno-argiloso, porém nos pontos 02 e 03, onde ocorrem as maiores taxas de infiltração, a cobertura de matéria orgânica é muito espessa com bastante enraizamento dos vegetais, apresentando alta capacidade de absorção, contribuindo de maneira positiva para uma maior capacidade de infiltração e percolação, quando comparado com o ponto 01, com pouco enraizamento e pequena cobertura de matéria orgânica. Na comparação entre os valores obtidos e os calculados pelo modelo de Horton, observa-se boa aderência ao longo de toda curva, porém nos primeiros instantes da infiltração o modelo tende sempre a superestimar, em média, os valores das taxa de infiltração, quando comparados com os dados obtidos no campo, porém, do modelo analisado podemos concluir que dentro dos limites de aplicabilidade e das respectivas limitações, que o método proposto por Horton fornece resultados estatisticamente equivalentes, aos valores obtidos no campo, evidenciados pelas semelhanças dos altos valores de coeficiente de determinação ($r^2 = 0,92$)

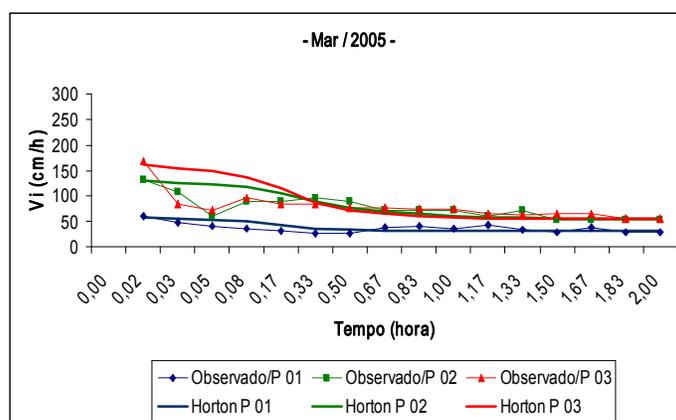


FIGURA 01 – Valores médios de velocidade de infiltração obtidos em campo e o calculado pelo método de Horton (cm/h) para as três áreas consideradas (Mar/2005).

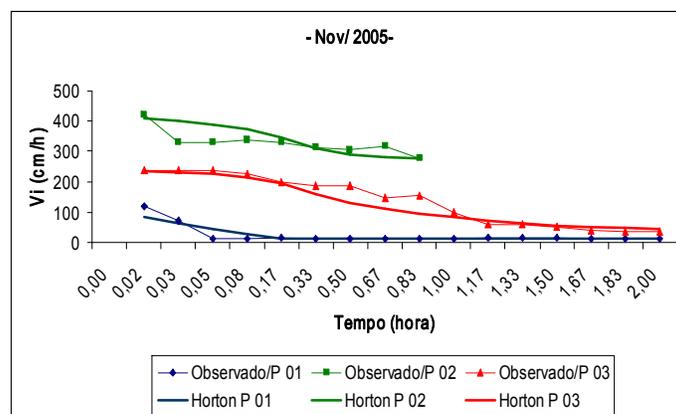


FIGURA 02 - Valores médios de velocidade de infiltração obtidos em campo e o calculado pelo método de Horton (cm/h) para as três áreas consideradas (Nov/2005).

CONCLUSÃO: Os resultados mostram que as maiores velocidades médias de infiltração foram registradas para a Parcela 02 (próximo a torre principal), Parcela 03 (Plot 1) e Parcela 01 (projeto ESECAFLORE), respectivamente e que quanto mais seco o solo, maiores as velocidades médias instantâneas, mostrando o papel da cobertura vegetal e o estado da superfície, que por sua vez controlam a capacidade de retenção ou armazenamento de água no solo. O modelo de Horton superestima em média os valores da taxa de infiltração no início do experimento, mas com bom ajuste ao longo de toda a curva, mostrando boa concordância nos resultados, provavelmente decorrente da homogeneidade das características físicas do solo. Conclui-se que, dentro dos limites de aplicabilidade e das limitações do modelo proposto por Horton, que o mesmo é satisfatório na determinação da taxa de infiltração de água no solo, pelos altos valores do coeficiente de determinação ($r^2 = 0,92$).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- 1-COELHO NETTO, A. L.; AVELAR, A. de S. Hidrologia de encosta na Interface com a geomorfologia. In: CUNHA, S. B. da.; GUERRA, A. J.T. (Org.). **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. Cap. 3, p.103-138.
- 2-DANTAS, V. A. Estudo da Taxa de Infiltração no Solo Através de Dados Observados e Obtidos pelo Método de Horton, na Floresta Nacional de Caxiuanã/PA. Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do grau de Bacharel em Meteorologia, UFPA. 2007.
- 3-HORTON, R.E. An approach toward physical interpretation of infiltration capacity. **Soil Science**. Madison: Society of America Proceedings, v.4, p.399-417, 1940.
- 4-PAIXÃO, F. JR. et al. Estimativa da infiltração da água no solo através de modelos empíricos e funções não lineares. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**. v.5- n. 01, 11 p. , 2004.
- 5-SILVA, C.L.; KATO, E. Avaliação de modelos para previsão da infiltração de água em solos sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.33, n. 7, p. 1149- 1158, 1998.
- 6-SILVEIRA, A. L. da: LOUZADA, J. A.; BELTRAME, L. Infiltração e armazenamento no solo. In: TUCCI, C. E.M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. Porto Alegre: ABRH, EDUSP, 1993. p.335-372.
- 7-SOBRINHO, T. A. et al. Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n. 02, p.191-196, 2003.