

AVALIAÇÃO DAS VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS DO BALANÇO HÍDRICO EM ÁREA AGRÍCOLA COM CULTIVO DE MILHO (*ZEAMAYS*) ATRAVÉS DE USO DE LISÍMETRO

Adilson Pinheiro¹, Vander Kaufmann², Evelyn Zucco³, Haline Depiné⁴, Nilza Maria dos Reis Castro⁵, Petrick Anderson Soares⁶ e Mauricio Perazzoli⁷

Resumo: Os lisímetros volumétricos se constituem em um importante instrumento para acompanhamento da evolução de variáveis empregadas na determinação do balanço hídrico no solo. Foram avaliados os fluxos de água em um lisímetro instalado em uma área agrícola, na qual é efetuado o cultivo de milho (*Zea mays*) em manejo convencional. São realizadas medidas em contínuo da precipitação e umidade do solo em três profundidades. A umidade é obtida pela aplicação da curva de retenção para as tensões medidas com os tensiômetros. O armazenamento de água no solo é determinado através da umidade do solo. Os escoamentos superficiais e sub-superficiais são medidos após a ocorrência dos eventos pluviosos. No estágio de desenvolvimento máximo do milho a evapotranspiração foi máxima, os módulos de escoamento e os coeficientes de escoamento superficial foram reduzidos ou nulos. A produtividade do milho foi dependente da disponibilidade hídrica no lisímetro.

Palavras-chave: Balanço hídrico. Lisímetro. Processos hidrológicos.

1 Introdução

As entradas e saídas de água no solo são determinadas pelos fenômenos que ocorrem na interface entre solo-vegetação-atmosfera. Esses fenômenos exercem forte influência no balanço hídrico. A maior dificuldade em representar os processos hidrológicos, é a grande heterogeneidade dos sistemas envolvidos, ou seja, a grande variabilidade do solo e a cobertura vegetal (TUCCI, 2004). Em bacias agrícolas, conforme demonstra Libardi (2005), o balanço hídrico no solo com cultura é definido como a contabilização dos fluxos de entradas e de saídas de água em um dado volume de controle, durante determinado intervalo de tempo. O volume de solo a ser considerado depende da cultura, devendo englobar o seu sistema radicular.

O estabelecimento de balanços hídricos no campo é difícil e dispendioso, sendo a variabilidade de seus componentes

o maior problema para se obter resultados confiáveis. Entre as variáveis do balanço hídrico, a de mais difícil obtenção, por procedimentos práticos de medição, é a evapotranspiração (PERUCHI, 2009; MEDEIROS, 2008). Assim, a determinação do balanço hídrico através de métodos lisimétricos, permite de estabelecer, além de outras variáveis, a evapotranspiração real (MEDEIROS, 2008).

Os lisímetros, desenvolvidos há mais de 60 anos, são dispositivos que contêm um volume de solo representativo da área de interesse, onde é possível controlar e medir os componentes do balanço hídrico no sistema solo-planta-atmosfera, sob tratamentos culturais e condições climáticas específicas (PUPPO; PETILLO, 2010; FARIA; CAMPECHE; CHIBANA, 2006). A utilização de lisímetros é uma ferramenta extremamente importante para reproduzir as condições reais de campo (LOOS; GAYLER; PRIESACK, 2007). Várias pesquisas relatam

1 E-mail: pinheiro@furb.br

FURB – Universidade Regional de Blumenau. Campus II – Complexo Tecnológico. Rua São Paulo, 3250 – Itoupava Seca. 89030-000. Blumenau-SC.

2 E-mail: ambitec@bol.com.br

3 E-mail: evelynzucco@gmail.com

4 E-mail: hali_ne@hotmail.com

5 E-mail: nilza@iph.ufrgs.br

6 E-mail: petrickps@gmail.com

7 E-mail: mauricio.perazzoli@gmail.com

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.12, n. 1, p. 73-81, jan./jun. 2010

o uso de lisímetros para determinação do balanço hídrico (FELTRIN; PAIVA, 2009; SANTOS et al., 2009; PERUCHI, 2009; MEDEIROS, 2008). Os dados resultantes do balanço hídrico podem ser utilizados na aplicação e calibração de modelos matemáticos, visando à simulação hidrológica em bacias hidrográficas (FELTRIN, 2009).

Esse trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento das variáveis hidrológicas intervenientes no balanço hídrico, a partir de medidas lisimétricas em uma área agrícola com cultivo de milho (*Zea Mays*).

2 Metodologia

O lisímetro volumétrico encontra-se instalado em uma área rural, na bacia do ribeirão Concórdia, pertencente à bacia hidrográfica do rio Itajaí-Açu. A bacia do ribeirão Concórdia está localizada no município de Lontras, na vertente atlântica do estado de Santa Catarina (Figura 1). O

ribeirão Concórdia é afluente do rio Lontras e este é afluente do rio Itajaí-Açu. A bacia está inserida entre as 7 microbacias monitoradas pelo Projeto de Recuperação Ambiental e de Apoio ao Pequeno Produtor Rural (PRAPEM/MICROBACIAS), desenvolvido pela Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural de Santa Catarina. Além disso, faz parte do projeto “Rede de pesquisas em bacias representativas e experimentais no bioma da mata atlântica, na região sul do Brasil”, denominado projeto MATASUL, financiando pela FINEP.

A bacia do Ribeirão Concórdia possui uma área de drenagem de 30,74 km² (Figura 1). Os solos predominantes na bacia são Cambissolos e Argissolo Vermelho-Amarelo. A região climática onde está inserida a bacia, de acordo com a classificação de Thornthwaite é definida como sendo clima Mesotérmico Úmido do tipo B3 B'3 ra', sem estação seca definida e com precipitações anuais entre 1600 e 1800 mm. A vegetação original da área pertence à Floresta Ombrófila Densa.

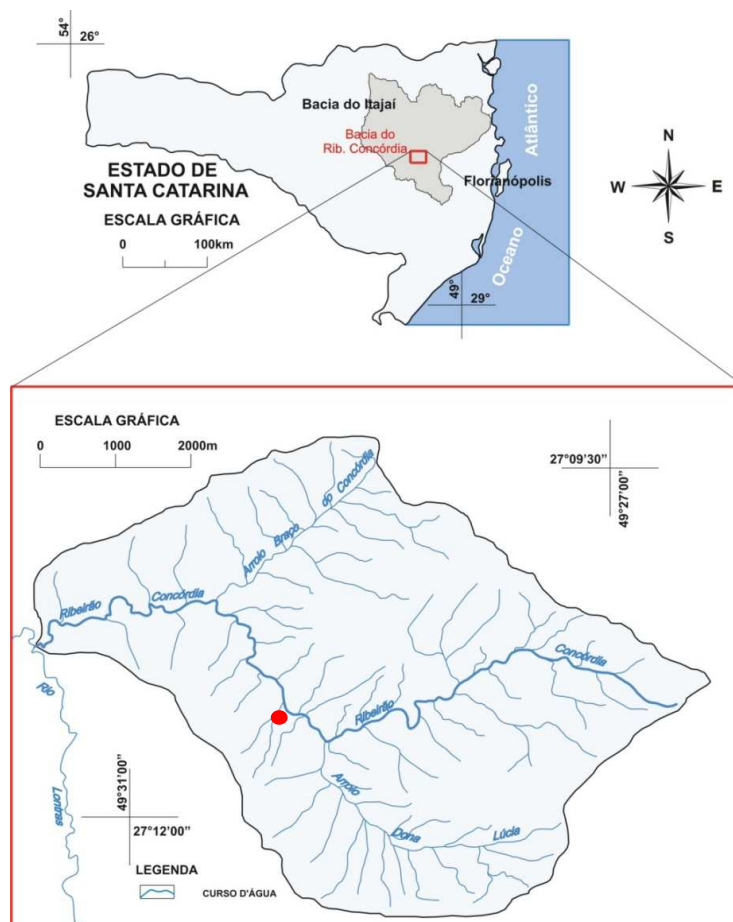


Figura 1 - Área de estudo, com localização do ponto de instalação do lisímetro.

O lisímetro possui 1m³ de volume, com uma base de 1m², com sistema de coleta de escoamento superficial e subsuperficial profundo, composto por tubos de drenagem e galões para armazenamento do volume escoado (Figura 2). O lisímetro contém

amostra de solo indeformada e está instalado em área de plantio de milho. O material usado para construção do lisímetro foram placas de acrílico de 8 mm de espessura, e tubos de PVC de 25 mm de diâmetro.



Figura 2 - Lisímetro instalado em área de plantio de milho.

As variáveis hidrológicas analisadas são: precipitação, escoamento superficial, escoamento subsuperficial, umidade do solo e evapotranspiração. São analisadas duas condições de manejo do solo. Em novembro tem-se o plantio do milho, com ciclo de aproximadamente 140 dias. Nos demais meses, o solo permanece em repouso. A precipitação é medida com um pluviógrafo Davis® com *datalogger* registrador Novus®, que registra dados de precipitação a cada 5 minutos.

Para medição da umidade matricial do solo, foram instalados três sensores de pressão UMS T4, nas profundidades de 10, 30 e 70 cm, com medida contínua e armazenamento em *datalogger*. A pressão de água no solo é registrada em hPa, em intervalos de 10 minutos. Com a curva de retenção, é determinada a umidade volumétrica do solo. Essa curva foi determinada através da equação de Mualem-van Genutchem (VAN GENUTCHEM, 1980) expressas por VOGEL; VAN GENUCHTEN; CISLEROVGA,(2001), conforme a Equação 1.

$$\theta(h) = \begin{cases} \theta_r + \frac{\theta_m - \theta_r}{\left[1 + (-\alpha h^n)\right]^m}, & h < h_s \\ \theta_s, & h \geq h_s \end{cases}$$

$$\theta_m = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) \left[1 + (2\alpha)^n\right]^m$$

Equação (1)

onde $\theta(h)$ é a umidade volumétrica (cm³/cm³); θ_r , o conteúdo volumétrico de água residual (m³.m⁻³); θ_s , o conteúdo volumétrico de água no ponto de saturação (m³.m⁻³); θ_m é a umidade volumétrica em relação a pressão matricial (m³.m⁻³); α , n e m são coeficientes empíricos, onde $m=1-1/n$ e $n > 1$.

A curva característica do conteúdo volumétrico de água no solo para cada profundidade amostrada (0-5; 5-10; 15-20; 30-35; 45-50 e 65-70 cm) foi determinada utilizando-se câmara de Richard's. Após a obtenção dos valores de umidade em

relação à pressão aplicada, a curva de retenção foi ajustada utilizando-se o *Software* RETC (VAN GENUCHTEN; LEIJ; YATES, 1991).

Para o balanço de água no perfil do solo, foi utilizada a Equação 2.

$$P - ET - R_{\text{sup}} - R_{\text{sub}} = \Delta S \quad \text{Equação (2)}$$

onde ET é a evapotranspiração, P é a precipitação, R_{sup} é o escoamento superficial, R_{sub} é o escoamento subsuperficial e ΔS é a variação de armazenamento de água no solo.

A variação de armazenamento de água no solo é obtida a partir das medidas dos tensiômetros que estão instalados nas profundidades de 10, 30 e 70 cm. Os tensiômetros fornecem a tensão da água no solo. Essa informação é transferida para a curva de retenção, para obtenção da umidade do solo, no instante da leitura da tensão. A precipitação é medida em uma estação pluviográfica, instalada próximo ao lisímetro. O monitoramento do escoamento superficial e subsuperficial no interior do lisímetro foram realizados de forma volumétrica. Foram utilizados galões de 5 e 50 litros, para a coleta do escoamento superficial e subsuperficial, respectivamente, conectados ao lisímetro por meio de tubulação de PVC. Após a ocorrência de eventos chuvosos, são determinadas as quantidades armazenadas nos galões e, em seguida procede-se o seu esvaziamento.

O armazenamento de água no solo foi calculado pela regra do trapézio, conforme Libardi (2005). Assim, a variação de armazenamento de água no solo foi determinada pela diferença dos valores do conteúdo de água do solo obtidos do perfil, nos tempos iniciais e finais de cada intervalo de tempo, utilizando-se a expressão:

$$\Delta S = S_f - S_i \quad \text{Equação (3)}$$

onde ΔS é a variação no armazenamento de água do solo (mm); S_f o armazenamento final de água no solo (mm) e S_i o armazenamento inicial de água no solo (mm).

A avaliação das variáveis hidrológicas do balanço hídrico no lisímetro foi realizada no período de monitoramento, compreendido

entre março de 2008 e maio de 2010. Nos dias 1/11/2008 e 9/11/2009, o milho foi plantado. No primeiro ano o ciclo foi de 155 dias, tendo apresentado uma produtividade de cerca de 1800 kg por hectare e, no segundo ano, apresentou ciclo de 136 dias, com produtividade de 7860 kg por hectare. A cultura foi conduzida em um sistema de cultivo convencional, com revolvimento do solo. No primeiro ano, a cultura foi plantada obedecendo a um espaçamento de seis plantas por m^2 , e no segundo ano o espaçamento entre plantas foi de 0,75m, obtendo-se quatro plantas por m^2 . A adubação, aplicada a lanço, constou de 120 kg ha^{-1} de N e 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 na forma de uréia e superfosfato triplo, no primeiro ano. No segundo ano, além dessa mesma adubação, foi feita uma aplicação de 40 kg ha^{-1} de K_2O , na forma de cloreto de potássio. Os demais tratos culturais, para controle de pragas e plantas invasoras foram feitos de acordo com a necessidade e as recomendações para cultivo de baixa tecnologia (LAUS NETO, 2005).

A produtividade média brasileira da cultura do milho fica em torno de 3,5 t ha^{-1} (CONSELHO NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2010) podendo alcançar até 10 t ha^{-1} , em lavouras nas quais se utilizem tecnologia adequada.

3 Resultados e discussão

A Figura 3 apresenta as curvas de retenção para as diferentes camadas do solo do lisímetro. Na Tabela 1 são apresentados os coeficientes ajustados para as curvas de retenção. Observa-se que as curvas de retenção evoluem ao longo do perfil, exceto aquela da camada de 0 a 5 cm. Essa mudança de valores pode ser explicada pela ação das raízes nas camadas de 5 a 10 e de 10 a 20 cm, fazendo com essas camadas apresentem relações menores do que a camada superficial. A camada superficial é submetida a esforços externos, como a compactação pelo impacto das gotas de chuva e o rearranjo das partículas do solo desagregadas pela energia de impacto e transportadas pela água de infiltração.

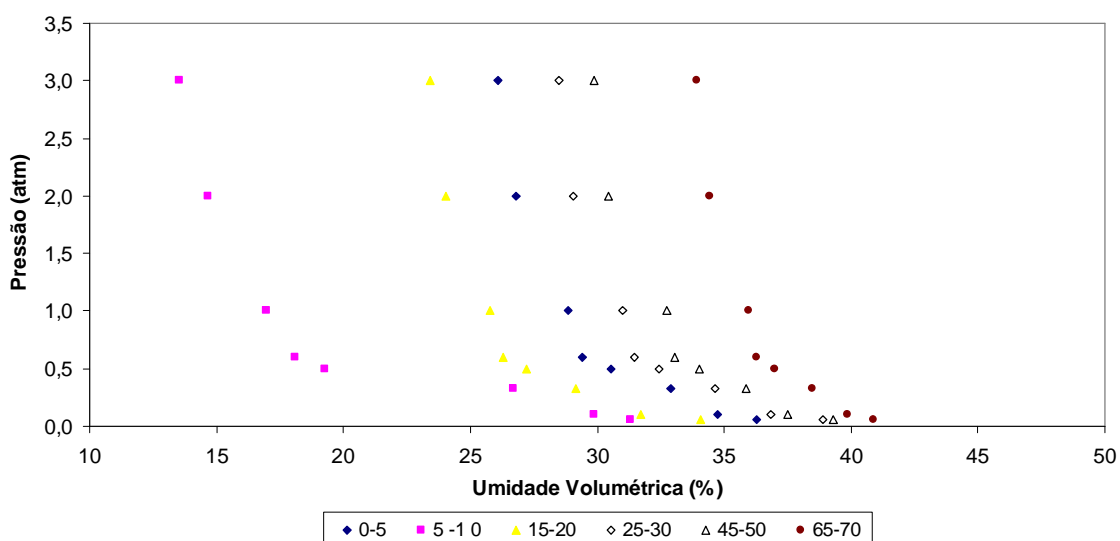


Figura 3 - Evoluções das curvas de retenção nas diferentes profundidades de solo

Tabela 1 - Parâmetros das curvas de retenção do solo ajustados pelo RETC

Profundidade (cm)	θ_r ($m^3.m^{-3}$)	θ_s ($m^3.m^{-3}$)	α	n	K_{sat} ($cm\ dia^{-1}$)	l
0-5	0,024	0,393	0,00039	1,093	3,180	0,500
5-10	0,072	0,368	0,00020	1,396	3,080	0,500
15-20	0,078	0,461	0,00040	1,128	3,100	0,500
30-35	0,030	0,426	0,00634	1,084	3,930	0,500
45-50	0,049	0,439	0,00110	1,072	3,000	0,500
65-70	0,091	0,444	0,01453	1,049	3,000	0,500

Na Figura 4 é apresentada a evolução mensal das precipitações registradas e da evapotranspiração calculadas através do balanço hídrico. Observa-se que, em geral, ocorreu excesso hídrico. A região é caracterizada pela ocorrência de precipitações bem distribuídas ao longo do ano. O período mais seco é observado entre abril e agosto (MITTERSTEIN; SEVERO, 2007). Essa distribuição de precipitação não foi completamente observada nos dois anos de monitoramento da precipitação no lisímetro. As maiores alturas de evapotranspiração ocorreram durante o período vegetativo do milho, principalmente na segunda safra, iniciada em novembro de 2009. As alturas de evapotranspiração nos meses de janeiro e fevereiro foram superiores aos meses precedentes e posteriores. Na primeira safra, a evapotranspiração foi cerca de 2,5 vezes superior. Maiores valores de evapotranspiração para a primeira safra de milho, também foram observados por Silva

(2007), que observou que a evapotranspiração variou de 249,11 a 497,25 mm na primeira safra, e, de 285,46 a 645,07 mm na segunda, sendo ainda que na segunda safra a precipitação foi mais elevada.

Nota-se que em dezembro de 2008, o excesso hídrico foi pequeno, que aliado a um adensamento da cultura, que aumenta a competição entre indivíduos, o que afetou o desenvolvimento da planta, resultando em uma produtividade menor na primeira safra. Na segunda safra, os excessos hídricos foram elevados, proporcionando uma produtividade cerca de 4 vezes superior a anterior. Autores como Silva e Filho (1990), Matzenauer et al. (1995), Bergamaschi et al. (2004) Souza et al. (2009) têm mostrado a relação entre a produtividade do milho e as condições hídricas, especialmente no período mais crítico dessa cultura em relação à água, que ocorre no início do desenvolvimento e na fase de pendoamento-espigamento. Antonino et al.

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.12, n. 1, p. 73-81, jan./jun. 2010

(2000) concluíram que a pouca precipitação e a sua distribuição irregular podem ser responsáveis pelas baixas eficiências de uso de água e baixas produtividade de milho. Segundo Sans et al. (2001), para a cultura do milho, a água é fator determinante da produção, principalmente, na fase de germinação, e nos períodos de floração e enchimento de grãos. Bergamaschi et al. (2004) afirmam que durante o período vegetativo, o déficit hídrico reduz o

crescimento do milho, em função de decréscimos da área foliar e da biomassa. Nesse período ainda não estão sendo formados os componentes do rendimento, portanto, os efeitos sobre a produção de grãos podem ser atenuados posteriormente, se as condições hídricas se tornarem favoráveis, e as necessidades da planta forem supridas, o que poderá garantir níveis não tão baixos de rendimento de grãos.

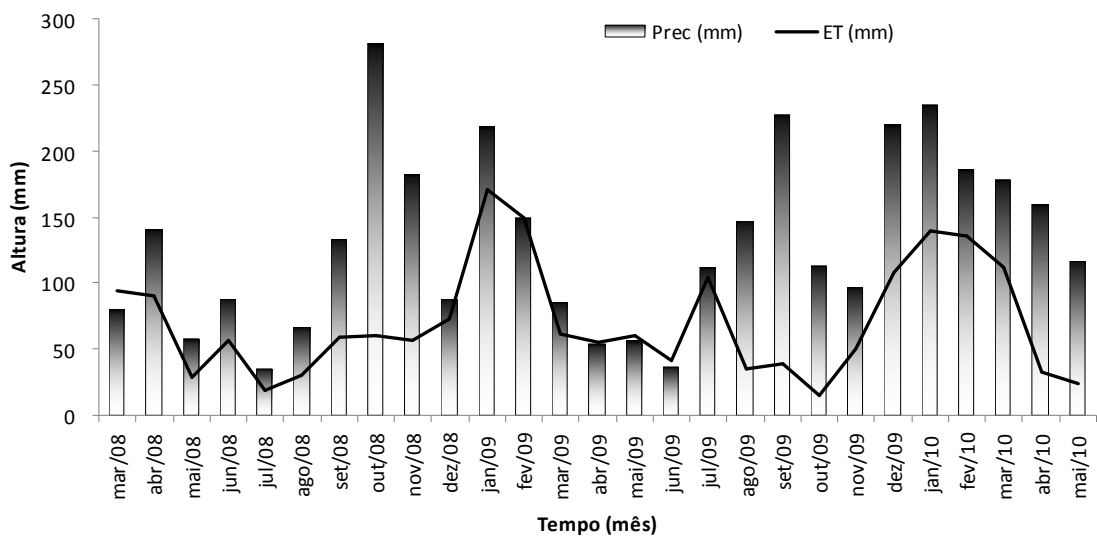


Figura 4 - Evoluções das precipitações e evapotranspirações mensais.

O cultivo do milho influenciou no módulo de escoamento, obtido pela soma dos volumes escoados superficial e sub-superficial profundo, em relação ao volume total mensal precipitado. Igualmente, influenciou no coeficiente de escoamento superficial, obtido pela relação entre o volume escoado superficial e o volume total precipitado. Ele seria equivalente ao coeficiente de *runoff* caso fosse gerado escoamento superficial em todo evento pluvioso.

A Figura 5 apresenta as evoluções dos módulos de escoamento e do coeficiente de escoamento superficial. Observa-se que com o crescimento vegetativo do milho ocorre redução do módulo de escoamento superficial. Segundo Duley (1939), a cobertura do solo por culturas, além de diminuir a amplitude térmica e conservar melhor a umidade no solo, é fator determinante na redução da erosão hídrica, pois ela dissipa a energia cinética das gotas da chuva exatamente na superfície do solo.

Em outubro de 2008, mês anterior a semeadura do milho, o módulo de escoamento superficial foi de 0,79. No mês seguinte foi de 0,68, tendo atingido o valor nulo no mês de fevereiro, quando a planta atingiu seu estágio máximo de desenvolvimento. Esse resultado corrobora com a afirmação de Debarba e Amado (1997) de que a cultura do milho, em função da arquitetura foliar e do espaçamento entre linhas, oferece pouca proteção à superfície do solo no período inicial de desenvolvimento, fazendo com que a superfície do solo se torne suscetível à erosão hídrica. Segundo os mesmos autores, grande parte das perdas de solo que ocorrem no desenvolvimento dessa cultura ocorre entre a semeadura e os 30 primeiros dias de cultivo. Comportamento similar foi observado na safra seguinte, onde o menor valor do módulo de escoamento ocorreu igualmente no mês de fevereiro.

Durante o período de janeiro a junho de 2009 não foi registrado escoamento

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.12, n. 1, p. 73-81, jan./jun. 2010

superficial. No mês de janeiro, a altura de precipitação foi de 219,0 mm, com o máximo diário de 42,5 mm. O milho estava alcançando o seu estágio máximo de desenvolvimento, o que favoreceu a não geração de escoamento superficial. Nesse mês de janeiro, a evapotranspiração foi de 171,0 mm. No ano seguinte, a precipitação do mês de janeiro foi de 234,0 mm. Dois períodos longos de precipitação foram registrados. O primeiro foi de 4 a 7/1/2010 onde a altura de precipitação foi de 56,5 mm e, o segundo de 10 e 13, cuja precipitação foi 69,9 mm. O total precipitado do segundo evento, ocorrido pouco tempo após o primeiro, apresentava condições adequadas para geração de escoamento superficial. O total escoado foi de 0,1 mm. Feltrin (2009), analisando o balanço hídrico em um lisímetro, observou que as precipitações de maior intensidade são responsáveis pela

produção de escoamento superficial enquanto que as precipitações de menor intensidade e bem distribuídas ao longo do tempo tem maior capacidade de infiltração no solo. Segundo Farré e Faci (2006), a água armazenada no solo e a precipitação são fatores que influenciam a evapotranspiração.

A cobertura do solo no período do cultivo do milho (*Zea mays*) afeta diretamente o escoamento superficial. Mesmo com precipitações com altas intensidades ocorridas no segundo cultivo, não se observou a geração de escoamento superficial. Isso demonstra que a presença da planta mantém a condição de infiltração de água no solo, pelo fato de a superfície do solo não apresentar uma camada de adensamento. Além disso, as folhas das plantas promovem a interceptação da água precipitada.

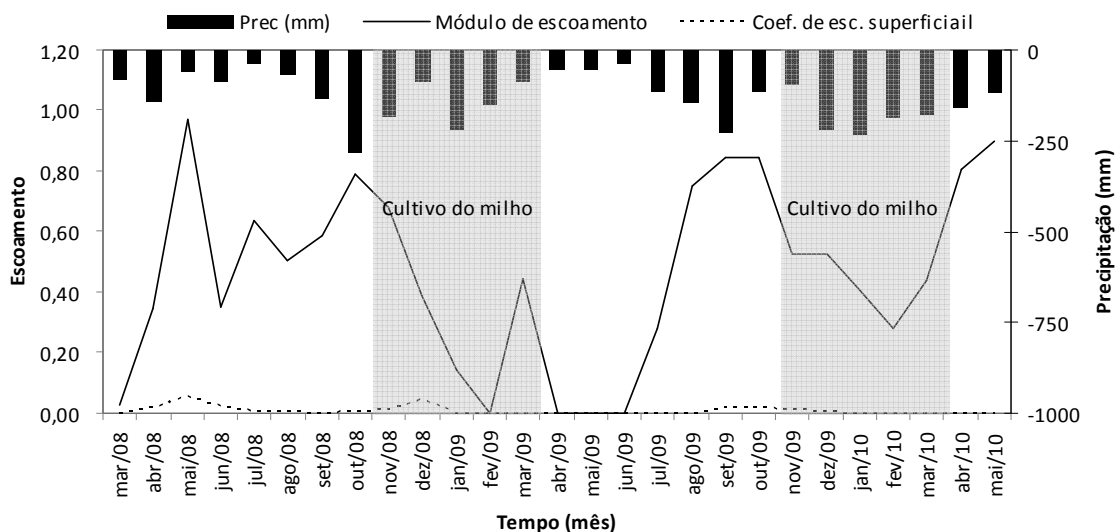


Figura 5 - Evolução do módulo e do coeficiente de escoamento superficial.

4 Conclusões

A produtividade do milho na área de estudo foi dependente da condição hídrica. Observa-se que nos meses em que o milho apresenta o seu máximo desenvolvimento, a evapotranspiração é elevada. Nesses meses a geração de escoamento superficial é pouco expressiva ou mesmo nula. Igualmente, as alturas de

escoamentos sub-superficial profundo são reduzidas. Esses resultados foram obtidos para condições de excessos hídricos e com ocorrência de chuvas de curta duração e intensas. A presença da planta manteve a condição de infiltração de água no solo e as folhas promoveram a interceptação da água precipitada, contribuindo com a redução dos escoamentos e do potencial de ocorrência da erosão do solo.

5 Assessment of hydrologic variables of water balance by using lysimeter in an agricultural area with maize crop.

Abstract: Volumetric lysimeters are an important tool for monitoring changes of variables used in determining the soil water balance. Flows of water in a lysimeter installed in an agricultural area with tillage conventional of maize crops were surveyed. Measurements of precipitation and soil moisture are carried out continuously in three different depths. The humidity is obtained by applying the retention curve for the stresses measured with the tensiometers. The water storage is determined by soil moisture. Runoffs and subsurface flow are measured after the occurrence of rainy events. At the stage of maize maximum development, the evapotranspiration was maximum, the flow modules and runoff coefficients were reduced or zero. The maize yield was dependent on the water availability in the lysimeter.

Key-words: Water balance . Lysimeters. Hydrological processes.

6 Referências

ANTONINO, A.C.D. et al. Balanço hídrico em solo com cultivos de subsistência no semi-árido do nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.29-34, 2000.

BERGAMASCHI, H. et al. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.39, n.9, p. 831-839, 2004.

CONSELHO NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB (Brasília, DF). Comparativo da área, produção e produtividade: safras 2007/2008 e 2008/2009. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/safras.asp>>. Acesso em: 28 jun. 2010.

DEBARBA, L.; AMADO, T. J. C. Desenvolvimento de sistemas de produção de milho no sul do Brasil com características de sustentabilidade. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.21, p.473-480, 1997.

DULEY, F.L. Surface factors affecting the rate of intake of water by soils. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** v.4, p.60-64, 1939.

FARRÉ, I.; FACI, J.M. Comparative response of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. **Agricultural Water Management**, v.83, p.135-143, 2006.

FELTRIN, R. M. **Comportamento das variáveis hidrológicas do balanço hídrico do solo em lisímetros de drenagem**. (Dissertação de mestrado). Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria. 2009, 94 p.

FELTRIN, R. M.; PAIVA, J. B. D. de. Instalação e avaliação de um lisímetro volumétrico utilizado no balanço hídrico em uma bacia experimental no sul

do Brasil. In **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Campo Grande, Nov. 2009.

FARIA, R. T. de; CAMPECHE, F. de S. M.; CHIBANA, E. Y. Construção e calibração de lisímetros de alta precisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.237-242, 2006.

LAUS NETO, J.A. **Inventário de terras – microbacia Concórdia. Relatório Programa de Recuperação Ambiental e de Apoio ao Pequeno Produtor Rural 2**. Florianópolis, EPAGRI, 2005, 54 p.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. Ed/USP São Paulo –SP, 2005, 329 p.

LOSS, C.; GAYLER, S.; PRIESACK, E. Assessment of water balance simulations for large-scale weighing lysimeters. **Journal of Hydrology**, v.335, p.259-270, 2007.

MATZENAUER, R. et al. Relações entre rendimento de milho e variáveis hídricas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.3, p.85-92. 1995.

MEDEIROS, P. V. **Análise da evapotranspiração de referência a partir de medidas lisimétricas e ajuste estatístico de estimativas de nove equações empírico-teóricas com base na equação de Penman-Monteith**. (Dissertação de mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos – USP, São Carlos, 2008, 241 p.

MITTERSTEIN, M.R.; SEVERO, D. L. Análise de variabilidade intrasazonal e interanual da precipitação no vale do Itajaí com a transformada de ondaletas. **Dynamis** (Blumenau), v. 1, p. 1-10, 2007.

PERUCHI, F. **Evapotranspiração real a partir de medidas lisimétricas e sob diferentes condições de disponibilidade hídrica**.

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.12, n. 1, p. 73-81, jan./jun. 2010

(Dissertação de mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos – USP, São Carlos, 2009, 143 p.

PUPPO, L.; PETILLO-G, M. Determinacion del consumo de agua del duraznero por lisimetría. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**, v.14, n.1, p.25-31, 2010.

SANS, L. M. A. et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de milho na Região Centro-Oeste do Brasil e para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.527-535, 2001.

SANTOS, F. X. et al. Determinação do consumo hídrico da cenoura utilizando lisímetros de drenagem, no agreste pernambucano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.3, p.304-310, 2009.

SILVA, W. R. da & FILHO, J. M. Estudo comparativo entre o desenvolvimento de plântulas de milho após período de exposição a vários potenciais hídricos. VI Congresso Brasileiro de Sementes, Brasília. An. ESALQ, 47 (segunda parte), p.361–387, 1990.

SILVA, M. M. da. **Balanço de água no solo com milho sob sistema plantio direto e diferentes doses de nitrogênio**. Tese de doutorado. Escola Superior de agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007, 87 p.

SOUZA, L. V. de. et al. Capacidade de combinação da produtividade de milho em ambientes com diferentes intensidades de estresses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.44, n.10, p. 1297-1303, 2009.

TUCCI C.E.M., **Hidrologia ciência e aplicação**, 3º ed. rev., Porto Alegre, ABRH-Edusp, 2004, 943 p.

VAN GENUCHTEN, M.Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.892–898, 1980.

VOGEL, T.; VAN GENUCHTEN, M. Th.; CISLEROVGA, M. Effect of the shape of the soil hydraulic functions near saturation on variably-saturated flow predictions. **Advances in Water Resources** v. 24 p. 133–144, 2001.

7 Agradecimentos

Agradecemos MCT/FINEP/CT-Hidro-CNPq, edital 04/2005 Bacias Representativas, convênio 3490/05 e MCT/FINEP/AÇÃO TRANSVERSAL - Previsão de Clima e Tempo 04/2008, convênio 1406/08, pelo financiamento da pesquisa e a CAPES pelas bolsas de mestrado.