

PRECIPITAÇÃO EFETIVA: UMA PERSPECTIVA PARA OS ESTUDOS EM AGROECOLOGIA

Paula Alvarez Cabanêz

Bióloga, Pós-graduanda em Agroecologia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Alegre E – mail paula.cabanez@gmail.com

Jeferson Luiz Ferrari

Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Alegre, Mestre em Ciências do Solo, Doutorando em Produção Vegetal Alegre E – mail ferrarijl@gmail.com

Michael Ferraz de Paula

Biólogo, Pós-graduando em Agroecologia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Alegre Alegre E – mail michaelfpaula@hotmail.com

Patricia Alvarez Cabanêz

Agrônoma, Pós-graduanda em Agroecologia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Alegre Alegre E – mail capac@hotmail.com

Resumo: A erosão hídrica, o escoamento superficial e a interceptação da água das chuvas apresentam relações diretas no ciclo hidrológico de uma dada região. Todavia, não há informações sobre o estudo dessas variáveis no campo do conhecimento da Agroecologia. Assim, o objetivo do trabalho é analisar a importância e eficiência da vegetação, principalmente no que se refere à interceptação e escoamento pelo tronco, na defesa contra a erosão hídrica no campo de estudo da agroecologia. Observa em todo o processo erosivo, a atuação da vegetação, auxiliando na redistribuição da água da chuva, na proteção do solo, na ciclagem de nutrientes e no auto-abastecimento de água no solo. Com base no estudo feito, vêem-se na agroecologia perspectivas de trabalho no que se refere à interceptação da água das chuvas pela vegetação, em especial a ciclagem de nutrientes através do escoamento pelo tronco, evidenciando os tipos de práticas conservacionistas que podem ser inseridas numa dada região.

Palavras-chave: erosão hídrica, escoamento superficial, escoamento pelo tronco, precipitação interna

EFFECTIVE PRECIPITATION: A PERSPECTIVE FOR STUDIES IN AGROECOLOGY

Abstract: Water erosion, runoff and interception of rainwater have direct relationships in the hydrological cycle of a given region. However, no information on the study of these variables in the knowledge of Agroecology. The objective of the work is to analyse the importance and efficiency of the vegetation, especially with regard to interception and stemflow in the defense against the erosion study in the field of agroecology. Observed throughout the erosion process, the role of vegetation, assisting in the redistribution of rainwater, protecting the soil, nutrient cycling and the self-supply of water in the soil. Based on the study, it is seen in agroecology jog prospects with regard to interception of rainwater by vegetation, especially the cycling of nutrients through runoff from the tree, showing the types of conservation practices that can be inserted into a given region.

Key-words: water erosion, runoff, stemflow, internal precipitation

INTRODUÇÃO

A erosão hídrica é a desagregação das partículas de solo pela ação efetiva do impacto das gotas de chuva. O escoamento superficial, que faz parte da segunda fase deste processo, se inicia quando a intensidade de chuva é superior à taxa de infiltração instantânea do solo (PINESE JUNIOR et al., 2008), favorecendo o transporte dos materiais de solo que foram desagregados pelo impacto direto e/ou indireto da chuva.

São vários os fatores que promovem à erosão, como a declividade do terreno, a precipitação que incide na região, as características do solo da região, o tipo de cobertura vegetal.

A cobertura vegetal, neste sentido, atua no balanço hídrico de determinada região, reduzindo os efeitos maléficos da erosão, auxilia diminuindo a energia cinética das gotas da chuva e também da velocidade do escoamento superficial. E por isso, afirma-se que a cobertura vegetal é a defesa natural do solo contra todo

processo erosivo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985).

Um dos efeitos da cobertura vegetal é a interceptação da água das chuvas pelo dossel das árvores. Assim que ocorre a interceptação pelas plantas, parte da água é evaporada das copas, parte atinge diretamente o solo, parte escoar pelo tronco e parte goteja pelo dossel.

Portanto o estudo da precipitação efetiva é de fundamental importância para entender o funcionamento da interceptação pelas copas das árvores e como se dá a dinâmica deste processo.

A Agroecologia, como ciência, permitira visualizar práticas conservacionistas e seu estudo, no que concerne à dinâmica da água, principalmente sobre a interceptação e precipitação efetiva.

O objetivo do trabalho é analisar a importância e a eficiência da vegetação, principalmente no que se refere à interceptação e escoamento pelo tronco, na defesa contra a erosão hídrica no campo de estudo da agroecologia.

EROSÃO HÍDRICA

A erosão é tão antiga quanto à própria Terra, sendo designada geológica a oriunda de fenômenos naturais que agem continuamente na crosta terrestre, como ocorrência natural do processo de modificação desta e constituindo processo benéfico para a formação do próprio solo (PRUSKI, 2006).

Segundo Pinese Junior et al. (2008) a erosão acontece quando o potencial de transporte da água e/ou do vento ultrapassa o limite de agregação das partículas de solo, desprendendo-se umas das outras e permitindo que possam então ser transportadas.

A ação do splash, também conhecido por erosão por salpicamento, é o estágio mais inicial do processo erosivo, pois prepara as partículas que compõem o solo, para serem transportadas pelo escoamento superficial (GUERRA, 1999). Essa preparação se dá pela desagregação das partículas que salpicam com as gotículas de água e retornam à superfície, podendo vir a selar os poros superficiais, reduzindo a infiltração de água e, em alguns casos, aumentando a sua resistência à erosão pelas forças coesivas (OLIVEIRA et al., 2005).

Quando o solo excede a sua capacidade de acumulação de água e de retenção superficial, poças se formam nas depressões da superfície, iniciando o escoamento superficial.

Nessa perspectiva, a erosão hídrica pode ser dividida em três fases, a desagregação, o transporte e a deposição. A primeira fase, a desagregação, consiste na separação das partículas de solo, pela ação cisalhante do escoamento originado da chuva (PINESE JUNIOR et al., 2008). De acordo com Pruski (2006) os principais agentes externos responsáveis pelo desprendimento dos agregados em condições agrícolas são aqueles associados ao impacto das gotas de chuva e ao escoamento superficial.

Em áreas com pouca ou nenhuma cobertura vegetal, por exemplo, a desagregação do solo é mais intensa. Pinese Junior et al. (2008) trabalhando com área exposta, monocultivo de milho, soja, sorgo, revegetação natural, brachiaria e mata, evidenciaram que a parcela com solo exposto perdeu cerca de quatro vezes mais material de solo do que qualquer outro uso da terra.

A segunda fase da erosão hídrica, o transporte, consiste na transferência das partículas de solo desagregadas de seu local de origem para outro, seja pelo salpicamento decorrente do impacto das gotas da chuva, seja pelo escoamento superficial (PRUSKI, 2006). Pode-se entender que a energia de impacto das gotas é responsável pela desagregação da maior parte do material que será transportado.

E a terceira e última fase, a deposição, consiste na deposição do material que foi desgastado e transportado e, segundo Volk (2006), ocorre quando a carga de sedimentos na enxurrada é maior do que sua capacidade de transporte.

A erosão hídrica consiste basicamente numa série de transferências de energia e matéria geradas por um desequilíbrio do sistema água/solo/cobertura vegetal, as quais resultam numa perda progressiva de solo ocasionada pela ação da água e do vento, constituindo a principal causa da degradação das terras agrícolas (MAFRA, 1999; PRUSKI, 2006).

Para Romkens et al. (2000), a erosão do solo é um fenômeno complexo, que envolve a desagregação e o transporte das partículas de solo, a infiltração da água no solo, o armazenamento de parte da água precipitada e o escoamento superficial e, de acordo com Silva et al. (2005), tem contribuído para o empobrecimento e redução ou perda de sustentabilidade dos agroecossistemas, decorrentes do arraste de solo, água, nutrientes e carbono orgânico a ela associada.

As conseqüências do processo erosivo são apontadas por Pruski (2006) e tem-se o escoamento superficial que transporta nutrientes químicos, matéria orgânica, sementes e defensivos agrícolas, as perdas por erosão que tendem a elevar os custos de produção, o aumento da necessidade do uso de corretivos e fertilizantes, redução do rendimento operacional das máquinas agrícolas, a poluição e o assoreamento dos mananciais e a redução no volume de água que atinge o lençol freático, causando problemas à qualidade e disponibilidade de água.

Além dos fatores climáticos, têm-se outros fatores que ajudam a romper com o equilíbrio natural do solo, como a declividade do terreno, a capacidade de infiltração da água no solo e a sua resistência à ação erosiva da água, a distância percorrida pelo escoamento superficial, a rugosidade superficial do terreno, o volume de cobertura do solo quando da ocorrência da chuva, a declividade do terreno e comprimento da encosta e o uso e manejo do solo (PRUSKI, 2006).

Para Cogo et al. (2003), a inclinação do declive do terreno é um fator que influencia fortemente as perdas de solo e água por erosão hídrica, pois à medida que ela aumenta, aumentam o volume e a velocidade da enxurrada e diminui a infiltração de água no solo.

O comportamento do solo diante do processo erosivo depende da capacidade de infiltração e de armazenamento da água, das forças de resistência do solo à ação da chuva e do escoamento superficial, ou seja, quanto menores a estabilidade dos agregados do solo e a capacidade de infiltração de água nele, mais susceptível é esse solo à erosão (PRUSKI, 2006).

A umidade do solo apresenta comportamento complexo, ora agindo a favor, ora contra a erosão hídrica, ou seja, quando o solo está pouco úmido fica sujeito à erosão por não manter suas partículas agregadas, mas tem a capacidade de absorver mais água, evitando assim o escoamento do solo, e, quando o solo está muito úmido, suas partículas estão agregadas e é mais difícil ser separadas e transportadas pela ação do splash, porém ele está sujeito à saturação com o preenchimento de seus poros por água, que acarretará a formação de poças, e posteriormente o escoamento superficial quando o terreno for inclinado (PINESE JUNIOR et al., 2008).

Com bases em estimativas de que o Brasil perde, por ano, quinhentos milhões de toneladas de terra por erosão e supondo que os solos brasileiros tenham, em média, 0,10% de nitrogênio (N), 0,15% de fósforo (P_2O_5) e 1,5% de potássio (K_2O), o montante de perdas desses nutrientes seria mais de oito milhões de toneladas (POMIANOSKI, 2005). Essas perdas resultam da interação do clima, solo, topografia, cobertura e manejo do solo e adoção de práticas conservacionistas (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

Segundo Bertol et al. (2004), as perdas de água, solo e nutrientes, são as principais responsáveis pelo empobrecimento das terras cultiváveis, o que leva a uma diminuição acelerada da capacidade produtiva pelo empobrecimento do solo, e conseqüentemente, a insustentabilidade dos sistemas de produção agrícola.

Vários são os trabalhos que visam estimar as perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. Dentre estes vale ressaltar Melo et al. (2003), Oliveira et al. (2010), Silva et al. (2005), Cogo et al. (2003), Beutler et al. (2003) e Barros et al. (2009).

Segundo Mello et al. (2003), no período de enxurrada constante, as perdas de solo e de água, em geral, comportam-se de maneira semelhante àquelas ocorridas durante o período inteiro de duração da enxurrada, no que se refere à influência do sistema de manejo do solo e do número de chuvas sobre a erosão hídrica.

De acordo com Oliveira et al. (2010), as perdas de água acumuladas foram 2,8, 3,9, 4,8 e 3,9 mm, para os padrões de chuva avançada, intermediária, atrasada e constante no campo experimental da Embrapa (Rio de Janeiro), e, as perdas de nutrientes foram pouco afetadas

pelo padrões de precipitação, sendo mais influenciada pela água da enxurrada que pelo material sólido em suspensão.

Silva et al. (2005) observaram que as perdas de água para o Cambissolo háplico (28,67%) foram três vezes maiores em relação ao Latossolo vermelho (8,78%).

Cogo et al. (2003) avaliando as perdas de solo e água por erosão hídrica, influenciada por diferentes métodos de preparo do solo, perceberam que as maiores perdas de solo ocorriam quando o período de maior erosividade das chuvas coincidia com a época de semeadura das culturas e o início de desenvolvimento das plantas, agravado pela utilização de técnicas de preparo que mobilizam muito o solo, como o preparo convencional, que expõe o solo à ação erosiva das chuvas.

Beutler et al. (2003) trabalhando com algumas culturas utilizadas na primavera/verão e no outono/inverno (milho, feijão e soja) num latossolo vermelho aluminoférrico, observaram que as perdas de água apresentaram as mesmas tendências das perdas de solo quando se comparam as estações do ano entre si, sendo, no entanto, menos afetadas do que as perdas de solo pelo sistema de preparo e cultivo.

Barros et al. (2009) observaram que a ausência de proteção do solo devido à remoção da cobertura vegetal para o plantio jovem de acácia, combinada aos períodos de maior precipitação, que foram os de maior erosividade, tornou o horizonte A do solo mais suscetível à enxurrada.

Para evitar ou diminuir o efeito da erosão hídrica numa área é necessário realizar um planejamento conservacionista, através de práticas para o controle da erosão. Segundo Botelho (1999) o planejamento conservacionista, em geral, refere-se aos estudos de planejamento que priorizam a utilização racional e a preservação dos recursos naturais, principalmente o solo e a água, com fins agrícolas.

Dessa forma, as práticas conservacionistas podem ser divididas em edáficas, vegetativas e mecânicas. As práticas edáficas, de acordo com Pruski (2006), são aquelas em que se procura adequar o sistema de cultivo de modo a manter ou melhorar a fertilidade do solo e, conseqüentemente, manter sua superfície com maior cobertura. Dentre elas, pode-se citar o controle das queimadas, a adubação verde, adubação química, adubação orgânica e a calagem.

As práticas de caráter vegetativo são aquelas que se valem da vegetação para proteger o solo contra a ação direta da precipitação e, conseqüentemente, para minimizar o processo erosivo, pode-se citar o florestamento e reflorestamento, pastagem, manutenção da superfície do solo coberta, cultivo em contorno, cultivo em faixas, cordões de vegetação permanente, barreiras vivas ou faixas de retenção, ceifa das plantas daninhas, alternância de capinas, cobertura morta e rotação de culturas (PRUSKI, 2006).

E por fim, têm-se as práticas de caráter mecânico, que se utilizam de estruturas artificiais, visando

à interceptação e condução do escoamento superficial, sendo a mais importante o terraceamento de terras agrícolas, não podendo, entretanto, deixar de citar as barragens para contenção da água decorrente do escoamento superficial (PRUSKI, 2006).

ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O escoamento superficial é a parcela do ciclo hidrológico relacionado ao deslocamento das águas sobre superfícies do solo (CHOW & MAIDMENT, 1988), sendo regido por leis físicas e representado, qualitativamente, por variáveis como vazão, profundidade e velocidade do escoamento (TUCCI, 2004) que está relacionado com a erosão hídrica (SILVA et al., 1999).

Para entender o escoamento superficial é necessário analisar a capacidade de infiltração que um solo possui. Segundo Pruski (2006), a capacidade de infiltração deve ser entendida como a quantidade máxima de água que pode infiltrar no solo em um dado intervalo de tempo.

Se a chuva que atinge o solo apresentar uma intensidade menor do que a capacidade de infiltração da mesma no solo, ocorre a infiltração, entretanto, se a precipitação apresentar uma intensidade maior, excede a capacidade de infiltração no solo e dá início ao escoamento superficial.

De modo geral, sob uma intensidade constante de chuva, a infiltração e o escoamento superficial são processos antagônicos: à medida que um diminui (infiltração) o outro aumenta (escoamento), até atingirem certo equilíbrio dinâmico (estabilização) (SPOHR et al., 2009).

Em uma análise mais atenta, o escoamento superficial é tanto mais intenso quanto menor for a taxa de infiltração das águas pluviais do terreno, e, por sua vez, a infiltração relaciona-se diretamente à permeabilidade do terreno, variando tanto pelo efeito da compactação promovida pela ocupação do solo, quanto pela intensidade e frequência das chuvas, natureza e organização do solo, e inclinação, geometria e comprimento das vertentes (SALOMÃO, 1999).

Segundo Spohr et al. (2009) quanto maior a porcentagem de cobertura vegetal, a rugosidade da superfície do solo e a evapotranspiração da cultura, maiores serão as taxas de infiltração de água no solo quando ocorrer uma chuva e, conseqüentemente, menores serão as perdas por escoamento superficial.

No trabalho desenvolvido por Pinese Junior e colaboradores (2008) o escoamento superficial se mostrou inversamente proporcional à cobertura vegetal, indicando que esta é uma proteção eficaz para a contenção do fluxo superficial, por oferecer uma barreira física contra o aumento da energia cinética do escoamento, em outras palavras, quando mais densa é a cobertura vegetal e a serrapilheira no solo, mais eficaz é a planta no controle da erosão.

Coelho et al. (2000) trabalhando em uma área isenta de vegetação, observaram a formação de canais preferenciais de escoamento de água no terreno, provavelmente em decorrência das elevadas intensidades de precipitação na área (22,77 e 48,04 mm.h⁻¹), entretanto em condições de baixa intensidade de precipitação ocorre a formação de microbacias de acúmulo de água sobre a superfície do solo.

Além da ação destrutiva que promove no solo, o escoamento superficial constitui o principal meio contaminação dos mananciais de água superficial devido ao transporte de sedimentos e produtos químicos (OLIVEIRA et al., 2005).

PRECIPITAÇÃO EFETIVA: INTERCEPTAÇÃO DA ÁGUA PELA VEGETAÇÃO

A vegetação contribui fortemente para o equilíbrio do ecossistema de quatro maneiras diferentes: com a realização da fotossíntese; quando a radiação é absorvida pelas plantas; com a interceptação das precipitações e; com o efeito de sua rugosidade (TRICART, 1977).

A interceptação das precipitações pela vegetação tem grande importância no balanço hídrico, principalmente em áreas com florestas de grande porte (OLIVEIRA et al., 2008), pois interrompe o impacto direto das chuvas no solo através da cobertura vegetal, temporariamente, sendo depois redistribuída em água que cai livre no solo, água que escoou pelo tronco e a água que evapora, voltando assim para a atmosfera.

A cobertura florestal, por exemplo, através da interceptação, influencia a redistribuição da água da chuva, em que as copas das árvores formam um sistema de amortecimento, direcionamento e retenção das gotas que chegam ao solo, afetando a dinâmica do escoamento superficial e o processo de infiltração, favorecendo o abastecimento das águas, reduzindo a variação de vazão ao longo do ano, além do retardamento dos picos de cheia (OLIVEIRA JÚNIOR & DIAS, 2005). Além disso, com a presença de plantas, grande quantidade de água é transpirada, reduzindo a umidade do solo, contribuindo para o aumento da taxa de infiltração e a redução do volume de escoamento superficial (BARROS et al., 2009).

Além dos benefícios apontados, Bertoni & Lombardi Neto (1985) destacam também o aumento da capacidade de retenção de água pela estruturação do solo por efeito da produção e incorporação de matéria orgânica, enfatizando que a cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão.

Quanto mais protegida pela cobertura vegetal estiver a superfície do solo contra a ação da chuva, menor será nele a propensão de ocorrência da erosão, pois a infiltração da água das chuvas é favorecida pela cobertura foliar, amortecendo parte da água que atingiria o solo, através da interceptação pela folhas, liberando lentamente a água para a superfície do solo e as raízes que abrem

caminho para a água descendente no solo (PRUSKI, 2006; PINESE JUNIOR et al., 2008).

A interceptação da chuva pelo dossel depende de vários fatores, como as características da precipitação e das condições climáticas, tipo e densidade da vegetação e época do ano (TUCCI, 1993).

Bezerra & Cantalice (2006) trabalhando com cana-de-açúcar, observaram que quanto maiores as porcentagens de cobertura do solo, proporcionadas pelas diferentes formas de cobertura da cana-de-açúcar, menores as taxas de desagregação, decorrentes do menor impacto das gotas de chuva na superfície do solo, diminuindo, assim, a desagregação das partículas da camada superficial do solo (fase um da erosão hídrica). Os mesmos autores compararam às taxas de desagregação do solo para o efeito conjunto do dossel e do resíduo aos 12 meses com o solo descoberto e verificaram uma redução aproximada de 99%.

Nessa perspectiva, de acordo com Pruski (2006) a retirada da cobertura vegetal de um solo pode ser responsável pela destruição da matéria orgânica e dos microorganismos em uma camada de aproximadamente 5 cm.

Resultados convergentes foram obtidos por Melo-Ivo et al. (1997) que, logo após o corte seletivo de árvores, com a formação de clareiras, ocorreu um aumento, tanto na umidade do solo quanto da concentração de nutrientes na solução do solo, devido à disponibilidade de materiais de fácil decomposição, como raízes mortas e a liteira acumulada, que aumentaram suas entradas no solo, entretanto, aumenta a exposição do solo à entrada da água da chuva e de luz. É importante ressaltar que, a cobertura vegetal não foi completamente retirada, deixando o solo ainda coberto, entretanto menos adensado.

Dessa forma, a cobertura florestal e/ou vegetal tem grande importância dentro do contexto do balanço hídrico de determinado local e pode alterar o mecanismo

de entrar de água na superfície do solo (MOURA et al., 2009).

Pinese Junior et al. (2008) também relatam a importância da preservação das florestas em áreas de risco, como vertentes muito inclinadas ou com precipitações elevadas, gerando proteção do solo contra a erosão.

Portanto, a cobertura vegetal proporcionada pela cultura atua na redução dos efeitos danosos da erosão, diminuindo a força de impacto das gotas de chuva, desestruturação do solo, selamento superficial e velocidade das enxurradas, assim, qualquer mudança na cobertura vegetal afetará diretamente a taxa de escoamento superficial (SANTOS et al., 2000).

Geralmente, se confunde a quantidade de água precipitada acima do dossel, com a água realmente disponível para o solo, e essa deficiência na informação de interceptação da chuva pela vegetação, pode induzir a erros nas medidas reais das quantidades de água que contribuirão para a reposição da umidade disponível no solo, comprometendo o cálculo do balanço hídrico (OLIVEIRA et al., 2008).

De acordo com Oliveira Junior & Dias (2005) a precipitação efetiva é importante para os estudos dos processos de interceptação, infiltração, percolação, absorção, transpiração e ciclagem de nutrientes em ecossistemas.

Neste contexto, a precipitação efetiva pode ser entendida como a soma da precipitação interna (parte da chuva que atravessa diretamente a cobertura vegetal) e do escoamento de água pelos troncos das árvores.

Na figura 1 pode ser visualizado a representação esquemática do ciclo hidrológico no meio ambiente natural, enfocando a precipitação, interceptação, transpiração, evaporação do solo e da água livre, escoamento pelo tronco, escoamento superficial e a infiltração no solo.

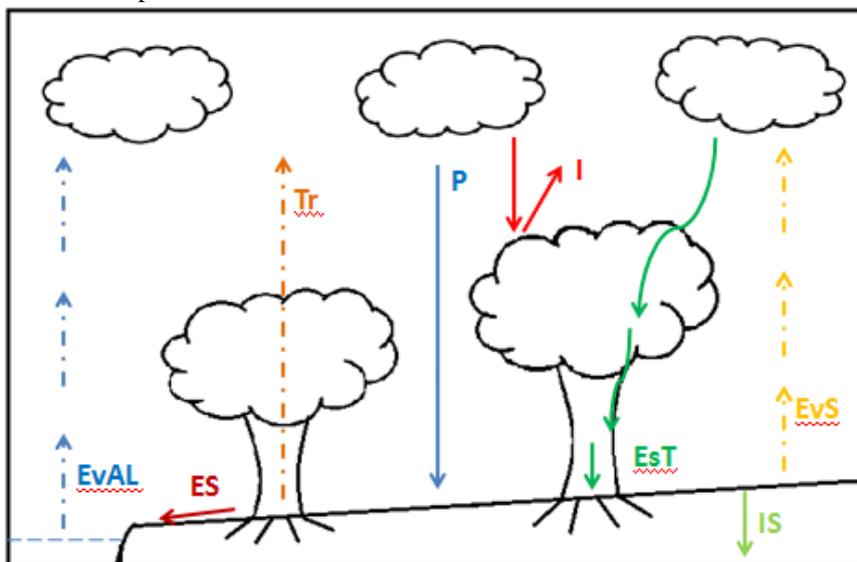


Figura 1 – Ciclo Hidrológico no Ambiente Natural, onde P é a precipitação, I a interceptação, Tr a transpiração, EsT o escoamento pelo tronco, IS a infiltração no solo, ES escoamento superficial, EvAL evaporação da água livre e EvS evaporação do solo (adaptação TUCCI, 2004).

Moura et al. (2009) trabalhando em remanescentes de Mata Atlântica no estado de Pernambuco obtiveram capacidade de retenção do dossel vegetativo, tronco e sub-bosque de 4,9; 8,3 e 7,3 mm, respectivamente. Castro et al. (1983), realizando estudos de interceptação na mesma mata, mas em locais diferentes, encontraram precipitação efetiva igual a 87,6% da precipitação no aberto, com valores de precipitação interna e escoamento pelo tronco igual a 87,4 e 0,2%, respectivamente.

Segundo Oliveira Junior & Dias (2005) a perda por interceptação de 189,9 mm na Mata do Paraíso, representou 18,3% da precipitação total no período compreendido entre setembro de 2002 e maio de 2003. Souza et al. (2010) avaliaram híbridos do milho como plantas protetoras do solo, como medida promissora, principalmente na região sul de Minas Gerais, podendo minimizar o efeito do processo erosivo, principalmente nos períodos de maior ocorrência de precipitação.

Oliveira et al. (2008) obtiveram 248 mm de precipitação interceptada pela vegetação, representando 21,5% da precipitação total, com caráter significativo para a região de Caxiuanã, na Amazônia Ocidental. Segundo Ferreira et al. (2005) a interceptação da chuva pela cobertura florestal representa uma importante parcela de água que cai sob a forma de chuva, retomando parte desta à atmosfera por evaporação antes de chegar ao solo, contribuindo assim diretamente para a massa de valor de água precipitável na atmosfera.

ESCOAMENTO PELO TRONCO - ESTUDOS DE CASO

Uma das principais influências da vegetação ocorre já no recebimento das chuvas pelas copas das árvores, quando se dá o primeiro fracionamento da água, onde uma parte é temporariamente retida pela massa vegetal e em seguida evaporada para a atmosfera (interceptação) e o restante alcança o piso como gotejamento ou precipitação interna e como fluxo que escoam pelo tronco das árvores (ARCOVA, CICCIO & ROCHA, 2003).

A cobertura vegetal tem o papel de inicial de barrar as gotas da chuva, anulando o papel do splash, e posteriormente, as raízes e o tronco da planta oferecem resistência aos materiais transportados superficialmente pela água (PINESE JUNIOR et al., 2008). O escoamento pelo tronco é a fração da chuva que fica retida temporariamente pelas copas juntamente com aquela que atinge diretamente os troncos e que posteriormente escoam pelo tronco das árvores (OLIVEIRA JUNIOR & DIAS, 2005).

De acordo com Johnson (1990) o escoamento pelo tronco funciona como um mecanismo de auto-abastecimento que exerce efeito sobre a qualidade e

quantidade de entrada de água no solo, resultante da distribuição localizada e significativa ao redor dos troncos, principalmente durante o período seco. Vale lembrar que o escoamento pelo tronco é variável para a quantidade de chuva que incide em um dado lugar e para o tipo de árvore encontrada.

Para Xiao et al. (2000), o escoamento pelo tronco é controlado pela umidade inicial da copa e se a superfície estiver saturada, o escoamento depende da quantidade de chuva que poderá ocorrer, por exemplo, quando a quantidade de chuva for maior que a superfície de armazenamento da copa, o escoamento pelo tronco é proporcional à chuva.

Arcova, Cicco & Rocha (2003) observaram que, em média, 18,6% da precipitação total foi interceptada pela floresta secundária de Mata Atlântica, retornando à atmosfera em forma de vapor, um montante de 81,2% alcançou o piso como precipitação interna e apenas 0,2% como escoamento pelo tronco das árvores. Valores próximos foram encontrados por Sousa et al. (2009), que apresentaram os percentuais de transprecipitação, escoamento pelo tronco e interceptação de 89,4%, 0,2% e 10,4%, respectivamente.

Oliveira et al. (2008) encontraram valor de 20 mm de escoamento pelo tronco (ou 1,7% da precipitação total incidente) e esse valor apesar de pequeno não deve ser negligenciado, pois tem grande importância na velocidade e quantidade da água que atingirá o solo florestal e permite boa infiltração além de reduzir a incidência de escoamento superficial. Estes mesmo autores descrevem a importância do estudo do escoamento pelo tronco, por ser eficiente na reposição de água no solo, pois chega à superfície com baixa velocidade devido ao atrito com a casca dos vegetais, e se direciona próximo às raízes o que reduz o escoamento superficial, ou seja, essa água infiltra mais facilmente no solo e favorece o reabastecimento do lençol freático.

Moura et al. (2009) encontraram valores percentuais de escoamento pelo tronco de 0,4% e ressaltou que este valor, apesar de parecer insignificante, promove distribuição localizada da precipitação ao redor do tronco, sendo favorável à planta, principalmente nos períodos menos chuvosos.

Oliveira Junior & Dias (2005) observaram no trecho da Mata do Paraíso, um valor de 17,9 mm de escoamento pelo tronco, que representa 1,7% da precipitação em aberto e 2,2% da precipitação interna, e acentuaram que os percentuais, apesar de pequenos, devem ser considerados de grande importância, pois a quantidade e a baixa velocidade da água que chega ao solo, através do escoamento pelo tronco, facilita a infiltração.

A água da chuva, quando interage com a vegetação, fica alterada quanto à sua constituição físico-

química (HOLSCHER et al., 2003), devido à lixiviação de metabólitos dos tecidos das folhas, troncos e ramos e também pela lavagem de partículas provenientes da deposição seca que acumulam após o período de estiagem, sendo que as espécies folhosas sofrem maior lixiviação do que as coníferas (OKI, 2002).

De acordo com Souza et al. (2007), a água coletada do escoamento pelo tronco observada na Mata Paraíso (Viçosa, MG), apresentou em média pH 6,34, condutividade elétrica $66,36 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e turbidez 1,94, e observaram que a cobertura vegetal influenciou os valores dos parâmetros físicos da água de chuva, principalmente das chuvas que ocorreram logo após um período de estiagem.

Perez-Marin & Menezes (2008) encontraram teores médios de N, P e K na água da chuva de 0,5, 0,1 e $2,4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; na água que atravessou a cobertura vegetal de 1,4, 0,2 e $8,6 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; e no escoamento pelo tronco de 4, 0,24 e $15 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, respectivamente. Esses mesmos autores explicaram que as maiores concentrações de N, P e K na água escoada pelo tronco podem ser decorrentes de dois processos, a lavagem desses elementos da superfície das folhas e nos troncos das árvores e da lixiviação da solução do apoplasto por meio dos estômatos e outras aberturas da epiderme foliar e do tronco.

ENFOQUE DO CONTEXTO AGROECOLÓGICO PARA A INTERCEPTAÇÃO DA ÁGUA PELA VEGETAÇÃO

A agroecologia é a ciência que procura estabelecer uma base teórica para a agricultura não industrial, procurando entender o funcionamento do agroecossistema e preservar e ampliar a sua biodiversidade, para produzir auto-regulação e sustentabilidade (ASSIS & JESUS, 2005). Para Altieri (1987), esta ciência fornece os princípios ecológicos básicos para o estudo e o tratamento de ecossistemas tanto produtivos quanto preservadores dos recursos naturais e que sejam culturalmente sensíveis, socialmente justos e economicamente viáveis.

Além disso, a agroecologia é uma ciência que se estende inclusive à biologia e à sociologia humana, reinserindo de forma definitiva como parte na natureza, podendo ser definida como uma ciência fundamentada na co-evolução dos seres, em interações positivas, de cooperação, que re-estabelece a relação humana na natureza, resulta da ecologia aplicada ao humano e às suas relações de convivência, sobrevivência e produtiva na natureza (ARL, 2007).

Caberia a Agroecologia, segundo Caporal & Costabeber (2002, p.16), apreendida como um conjunto de conhecimentos, contribuir tanto para a realização de análises críticas sobre a agricultura produtivista quanto para orientar o correto redesenho e o adequado manejo de agroecossistemas, na perspectiva da sustentabilidade.

Portanto o estudo da precipitação efetiva, visando entender a dinâmica do ciclo hidrológico numa propriedade, em uma bacia hidrográfica ou até mesmo em áreas urbanas, é de extrema importância, principalmente para auxiliar neste correto redesenho do agroecossistemas.

No que tange à problemática da água, vê-se na agricultura convencional o uso excessivo desse bem na irrigação, a compactação e desestruturação do solo pelo maquinário pesado, contribuindo para que a ocorrência da erosão hídrica.

Observa-se, porém, que em sistema de plantio, seja convencional, seja mínimo ou direto, não pode dispensar a proteção da superfície do solo, que pode ser feita por uma cobertura morta, por folhas plásticas, por um espaçamento menor da cultura e sua adubação equilibrada, por culturas protetoras, por um plantio consorciado ou por adubação verde e, também, por árvores e arbustos de sombreamento (PRIMAVESI, 2002).

Assim, a cobertura vegetal auxilia na infiltração indireta da água no solo, na aquisição de alguns minerais por escoamento pelo tronco, na diminuição do impacto das gotas da chuva, do escoamento superficial e da erosão hídrica, e, conseqüentemente, na diminuição das perdas de solo e de água.

Segundo Pinese Junior et al. (2008), as áreas de plantio que garantiram proteção inicial no solo, formaram uma “barreira” contra o escoamento superficial e produção de sedimentos, sendo que o problema se agrava após a colheita, quando o solo sofre compactação por ação das máquinas.

Todas as medidas de proteção do solo tropical são, ao mesmo tempo, medidas contra a erosão e tem-se a aração mínima e o plantio direto, a cobertura morta, a cultura protetora, as culturas consorciadas, a adubação completa, incluindo os micronutrientes, etc, que representam medidas antierosivas, uma vez que a produtividade do solo tropical, em grande parte, depende de sua estrutura ativa (PRIMAVESI, 2002). Portanto, não existe uma receita ideal ou certa de evitar ou reduzir o processo erosivo no solo.

A Agroecologia, neste sentido, visa práticas conservacionistas para minimizar estes efeitos erosivos. Para entender quais as melhores práticas a serem introduzidas na propriedade rural, por exemplo, é preciso analisar o tipo de cultura que está sendo utilizado, analisar a quantidade de precipitação que atinge a região, avaliar a precipitação efetiva, a quantidade de água interceptada e que escoou pelo tronco.

Os princípios do manejo em uma propriedade rural, por exemplo, incluem a captação de água e de nutrientes das bacias hidrográficas, reciclagem dos nutrientes, manejo do fluxo de nutrientes para os consumidores e de volta à propriedade, uso ponderado dos recursos hídricos, aumento da biodiversidade e uso de fontes renováveis de energia (PRIMAVESI, 2002). Portanto uma propriedade rural, sob foco da Agroecologia, necessita de um monitoramento dos

nutrientes, água e ciclos de energia, buscando um equilíbrio para o agroecossistema.

CONCLUSÃO

A erosão acontece na superfície terrestre há milhares de anos e tem contribuído para redução da sustentabilidade nos agroecossistemas, devido a declividade do terreno, a intensidade das chuvas, a redução da cobertura vegetal, entre outros fatores. Entretanto não é um fenômeno simples, pois envolve além da desagregação, o transporte e a deposição dos materiais de solo, a taxa de infiltração da água, o escoamento superficial e, também a dinâmica do ciclo hidrológico.

Como componente do ciclo hidrológico, o escoamento superficial só tem início quando o solo excede sua capacidade de infiltração da água e tem relação direta com a intensidade da precipitação.

A vegetação tem um papel importantíssimo para o entendimento destes processos, contribuindo para o equilíbrio do agroecossistema através da fotossíntese, da absorção da radiação, da interceptação das águas da chuva. A cobertura vegetal além de quebrar a força das gotas da chuva, fornece através do escoamento pelo tronco, o auto-abastecimento de água no solo e a lixiviação de alguns íons.

A interceptação, em especial, auxilia na redistribuição da água da chuva no local, e por isso, quanto mais protegida pela cobertura vegetal estiver a superfície, menor será a ocorrência da erosão hídrica.

Dentro do campo de estudo da agroecologia, vê-se nesta ciência um largo campo de trabalho no que se refere à interceptação da água das chuvas pela vegetação, em especial a ciclagem de nutrientes através do escoamento pelo tronco, evidenciando os tipos de práticas conservacionistas que podem ser inseridas numa dada região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIERI, Miguel. **Agroecology: the scientific basis of alternative agriculture**. Boulder: Westview Press, 1987.
- ARCOVA, Francisco Carlos Soriano; CICCIO, Valdir de; ROCHA, Paulo Augusto Bueno. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em cunha – São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 257-262, 2003.
- ARL, Valdemar. **Reconstrução e re-significação do campo: um desafio sócio-político, científico e educacional**. Ministério do Desenvolvimento Agrário MDA / Universidade Federal do Paraná UFPR, 2007.
- ASSIS, Renato Linhares de; JESUS, Eli Lino de. Histórico, conceitos e princípios da agroecologia. In: PADOVAN, Milton Parron; URCHEI, Mário Artemio; MERCANTE, Fábio Martins; CARDOSO, Sandro. **Agroecologia em Mato Grosso do Sul: princípios, fundamentos e experiências**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005.
- BARROS, Luciana da Silva; VALE JUNIOR, José Frutuoso; SCHAEFER, Carlos Ernesto G. R.; MOURÃO JUNIOR, Moisés. Perdas de solo e água em plantio de *Acacia mangium wild* e savana em Roraima, norte da Amazônia. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 447-454, 2009.
- BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; CASOL, P. C.; AMARAL, A. J.; BARBOSA, F. T. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um Inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 485-494, 2004.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. Piracicaba: Livrocere, 1985.
- BEUTLER, J. F.; BERTOL, I.; VEIGA, M.; WILDNER, L. P. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 509-517, 2003.
- BEZERRA, Sandro Augusto; CANTALICE, José Ramon Barros. Erosão entre sulcos em diferentes condições de cobertura do solo, sob cultivo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 565-573, 2006.
- BOTELHO, Rosângela G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, Antonio José Teixeira et al. (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 269-300.
- CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável. Perspectivas para uma nova Extensão Rural. In: ETGES, Virgínia Elisabeta (Org.). **Desenvolvimento rural: potencialidades em questão**. Santa Cruz do Sul: EDUSC, 2001. p. 19-52.
- CASTRO, P. S.; VALENTE, O. F.; COELHO, D. T.; RAMALHO, R. S. Interceptação da chuva por mata natural secundária na região de Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 7, n. 1, p. 76-89, 1983.
- CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R. **Applied hydrology**. New York: McGraw-hill Book, 1988. 572 p.

COELHO, Rubens Duarte; MIRANDA, Jarbas Honorio de; DUARTE, Sergio Nascimento. Infiltração da água no solo: parte II acúmulo de água sobre a superfície do terreno. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 142-145, 2000.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n.4, p. 743-753, 2003.

FERREIRA, Sávio J. Filgueiras; LUIZAO, Flávio J.; DALLAROSA, Ricardo L. Godinho. Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na Amazônia Central. **Revista Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 1, p. 55-62, 2005.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.) **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 139-155.

GUERRA, Antonio José Teixeira. O início do processo erosivo. In: GUERRA, Antonio José Teixeira et al. (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 17-55.

HÖLSCHER, Dirk; HOHLER, L.; LEUSCHNER, C.; KAPPELLE, M. Nutrient fluxes in stemflow and throughfall in three successional stages of a upper montane rain forest in Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, Winchelsea, v.19, p.557-565, 2003.

JOHNSSON, R. G. The interception, throughfall and stemflow in a Forest in Highland Scotland and the comparison with other upland forests in the U. K. **Journal of Hidrologia**, Amsterdam, v. 118, p. 281-287, 1990.

KLEE, G. A. **World systems of traditional resources management**. New York: John Wiley and Sons, 1980. MAFRA, Neusa Maria Costa. Erosão e planificação de uso do solo. In: GUERRA, Antonio José Teixeira et al. (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 301-322.

MELLO, E. L.; BERTOL, I.; ZAPAROLLI, A. L. V.; CARRAFA, M. R. Perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo de um nitossolo háplico submetido à chuva simulada. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 901-909, 2003.

MELO-IVO, W.; FERREIRA, S.; BIOT, Y.; ROSS, S. **Nutrientes na solução do solo após o corte seletivo de**

madeira em Floresta Tropical Úmida de Terra Firme ao Norte do Manaus, Brasil. Projeto BIONTE – Biomassa e nutrientes florestais – Relatório final. Manaus: MCT/INPA, 1997. p. 173-181.

MOURA, Albert Einstein Spindola Saraiva de; CORREA, Marcus Metri; SILVA, Elcides Rodrigues da; FERREIRA, Luiz Caraciolo; FIGUEIREDO, Adriana de Carvalho; POSSAS, José Marcelo Cordeiro. Interceptação das chuvas em um fragmento de floresta da Mata Atlântica na Bacia do Prata, Recife, PE. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 461-469, 2009.

OKI, V. K. **Impactos da colheita de *Pinus taeda* sobre o balanço hídrico, a qualidade da água e a ciclagem de nutrientes em microbacias**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz". 2002. 85 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais).

OLIVEIRA JUNIOR, José Carlos de; DIAS, Herly Carlos Teixeira. Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 09-15, 2005.

OLIVEIRA, João R.; PINTO, Marinaldo F.; SOUZA, Wanderley de J.; GUERRA, José G. M.; CARVALHO, Daniel F. de. Erosão hídrica em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes padrões de chuva simulada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 140-147, 2010.

OLIVEIRA, Leidiane Leão de; COSTA, Rafael Ferreira da; SOUSA, Francisco de Assis S. de; COSTA, Antonio Carlos Lôla da; BRAGA, Alan Pantoja. Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 4, p. 723-732, 2008.

OLIVEIRA, Luiz F. C. de; MARTINEZ, Mauro A.; PRUSKI, Fernando F.; GRIEBELER, Nori P.; OLIVEIRA, Geraldo C. de. Rotina computacional para a determinação da velocidade de sedimentação das partículas do solo em suspensão no escoamento superficial. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 126-136, 2005.

PEREZ-MARIN, Aldrin Martin; MENEZES, Rômulo Simões César. Ciclagem de nutrientes via precipitação pluvial total, interna e escoamento pelo tronco em sistema agroflorestal com *Gliricidia sepium*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p. 2573-2579, 2008.

PINESE JUNIOR, José Fernando; CRUZ, Lísia Moreira; RODRIGUES, Sílvia Carlos. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia -

- MG. **Sociedade & Natureza** (Online), Uberlândia, v. 20, n. 2, p. 157-175, 2008.
- POMIANOSKI, D. J. W. **Perdas de solo e água em sistemas agroflorestais da bracatinga (*Mimosa scabrella Benth*) em diferentes declividades e manejos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2005. 91 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).
- PRIMAVESI, Ana. **Manejo ecológico do solo**. São Paulo: Nobel, 2002.
- PRUSKI, Fernando Falco. Prejuízos decorrentes da erosão hídrica e tolerância de perdas de solo. In: PRUSKI, Fernando Falco. **Conservação do solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa: UFV, 2006.
- ROMKENS, M. J. M.; HELMING, K.; PRASAD, S. N. Soil erosion under different rainfall intensities, surface roughness, and soil water regimes. **Catena**, Amsterdam, v. 46, p. 103-123, 2001.
- SALOMÃO, Fernando Ximenes de Tavares. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, Antonio José Teixeira et al. (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 229-267.
- SANTOS, C. A. G.; SUZUKI, K.; WATANABE, M.; SRINIVASAN, V. S. Influência do tipo da cobertura vegetal sobre a erosão no semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n.1, p. 92-96, 2000.
- SILVA, Ademar Barros da; RESENDE, Mauro; SOUSA, Antonio Raimundo de; MARGOLIS, Elias. Mobilização do solo, erosão e produtividade de milho e feijão em um regossolo no agreste pernambucano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 299-307, 1999.
- SILVA, Antonio Marcos da; SILVA, Marx Leandro Naves; CURI, Nilton; LIMA, José Maria de; AVANZI, Junior Cesar; FERREIRA, Mozart Martins. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1223-1230, 2005.
- SOUSA, Rita de Cássia; RANZINI, Maurício; ARCOVA, Francisco Carlos Soriano; CICCO, Valdir de; CÂMARA, Carla Daniela. Redistribuição das chuvas em plantio de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (ARAUCARIACEAE) no Parque Estadual da Serra do Mar, Cunha – SP. **IF Série Registros**, São Paulo, n. 40, p. 203-208, 2009.
- SOUZA, Fabiana Silva de; SILVA, Marx Leandro Naves; CURI, Nilton; AVANZI, Junior Cesar; PINHO, Renzo Garcia Von; LIMA, Gabriela Camargo. Índice de cobertura vegetal pela cultura do milho no período de chuvas intensas no sul de Minas Gerais. **Ciência agrotécnica**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 345-351, 2010.
- SOUZA, Vinícius Valiati de; DIAS, Herly Carlos Teixeira; COSTA, Adriana Albuquerque da; OLIVEIRA, José Carlos de. Análise da qualidade das águas das precipitações em aberto e efetiva em um fragmento secundário da Mata Atlântica, no município de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 737-743, 2007.
- SPOHR, Renato Beppler; CARLESSO, Reimar; GALLÁRRETA, Claudio Garcia; PRÉCHAC, Fernando Garcia; PETILLO, Mario Garcia. Modelagem do escoamento superficial a partir das características físicas de alguns solos do Uruguai. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 74-81, 2009.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE/SUPREN, 1977
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2004. 943 p.
- TUCCI, C. E. M. Interceptação. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH/ Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, EDUSP, p. 243-252, 1993.
- VOLK, L. B. S. **Condições físicas da camada superficial do solo resultantes do seu manejo e indicadores de qualidade para redução da erosão hídrica e do escoamento superficial**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. 149 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo).
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington: USDA, 1978. 58 p.
- XIAO, Q.; McPHERSON, E. G.; USTIN, S. L.; GRISMER, M. E.; SIMPSON, J. R. Winter rainfall interception by two mature open-grow trees in Davis, California. **Hydrological Processes**, Davis, v. 14, p. 763-784, 2000.

Recebido em 12 06 2011

Aceito em 22 12 2011