



Capítulo 13

Fundamentos e benefícios do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta para os recursos hídricos

*Lineu Neiva Rodrigues
Fernando Falco Pruski*

Introdução

A Organização das Nações Unidas projeta que até 2050 ocorrerá um aumento de 70% na demanda mundial por alimentos e de 55% na de água (WWAP, 2014). A produção de alimentos deverá ter como premissa básica o uso sustentável dos recursos naturais, especialmente solo e água.

Atender as demandas atuais e futuras por alimento, entretanto, irá requerer um rápido aumento da produtividade, que precisa ser feito sem danos adicionais ao ambiente. Para que isso possa acontecer é fundamental que os princípios de sustentabilidade sejam parte central de qualquer política agrícola, para promover incentivos e disponibilizar as condições para o uso sustentável dos recursos naturais (Agricultural Sustainability, 2004). Nesse contexto, é necessário melhorar a eficiência de uso da água e energia, o que demanda melhor uso e aplicação dos avanços na ciência, na engenharia e nas tecnologias de solo, planta e irrigação.

A agricultura tem o desafio de garantir um suprimento adequado e regular de alimentos para a sociedade. O desafio, entretanto, não é apenas produzir mais alimentos, mas produzi-los de forma sustentável. Isto é, produzir maior quantidade de produtos de melhor qualidade a partir de cada hectare cultivado e de cada gota de água aplicada.

Produzir de forma sustentável não é uma tarefa simples. Faz-se necessário reduzir o crescimento horizontal (aumento do uso dos recursos naturais) e aumentar o crescimento vertical (aumentar a eficiência). As tomadas de decisão no ambiente agrícola estão cada vez mais complexas. A agricultura será cada vez mais pressionada na direção da multifuncionalidade, principalmente, na produção de alimentos, fibras e energia.

A complexidade aumenta quando a questão é contextualizada sob a ótica dos recursos hídricos, que são fortemente influenciados pela variação climática e pelas ações antrópicas. Pode-se considerar ainda, como fator agravante, o fato de que aproximadamente 11,6% do total de água disponível no planeta já está sendo utilizado (Shiklomanov, 1990), indicando uma insustentabilidade da atual tendência de utilização desses recursos (Klohn; Appelgren, 1998).

A busca por uma agricultura sustentável tem levado os profissionais da área a repensar as técnicas de manejo e os aspectos econômicos das operações agrícolas adotadas. Neste contexto, o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) se apresenta como uma grande oportunidade para se produzir com sustentabilidade. Embora seja uma prática antiga, pouco se conhece a respeito dos seus benefícios para os recursos hídricos.

Neste capítulo, descreve-se, de maneira geral, como o sistema de ILPF interfere no comportamento dos processos hidrológicos e erosivos, discutindo-se como este sistema pode contribuir para o aumento da infiltração da água no solo e, conseqüentemente, para a redução do escoamento superficial e da erosão hídrica. Em suma, descreve-se como essa prática pode contribuir para o aumento da recarga dos aquíferos, para a manutenção da água no solo e para a redução dos problemas decorrentes da poluição e do assoreamento dos mananciais, melhorando a qualidade e as condições de disponibilidade dos recursos hídricos.

O sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e o ciclo hidrológico

Dois aspectos chamam a atenção quando se discute a sustentabilidade da produção agrícola: a degradação das pastagens e o uso do solo com a agricultura tradicional, com preparo contínuo do solo. Na região do Cerrado, aproximadamente 60% da área de pastagem está degradada ou em processo de degradação.

A cobertura vegetal é a defesa natural contra a erosão. Quanto mais protegida pela cobertura vegetal estiver a superfície do solo contra a ação da chuva, menor será a propensão de ocorrência de erosão. Além de aumentar a quantidade de água interceptada, a vegetação amortece a energia de impacto das gotas de chuva, reduzindo a destruição dos agregados, a obstrução dos poros e o selamento superficial do solo. A cobertura vegetal na superfície também reduz a velocidade do escoamento superficial, pelo aumento da rugosidade hidráulica do seu percurso.

Uma área com sistema de ILPF, por apresentar uma cobertura vegetal mais densa e permanente, é naturalmente mais protegida que uma área com pastagem degradada.

A área foliar e a cobertura morta atuam na dissipação da energia cinética (Figura 1), protegendo o solo contra o impacto das gotas de chuva, reduzindo a ocorrência do selamento.



Fotos: Lineu Neiva Rodrigues

Figura 1. Detalhe do impacto de gotas de chuva com a cobertura vegetal.

A interceptação da água pela cobertura reduz a quantidade de água que chega ao solo, mantendo a infiltração em taxas mais elevadas. O sistema radicular das culturas atua na descompactação do solo, favorecendo a infiltração. Além disso, cria caminhos preferenciais, que favorecem a recarga dos aquíferos e melhora a estrutura do solo, aumentando sua capacidade de retenção de água.

Os benefícios da ILPF para os recursos hídricos são evidentes, entretanto ainda não foram adequadamente quantificados. Para um melhor entendimento desses benefícios é importante compreender como ocorre a circulação da água no sistema solo-planta-atmosfera, fenômeno conhecido como ciclo hidrológico.

O ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a terra e a atmosfera. Nesse sistema a água não se perde, sendo constantemente transferida entre os compartimentos do sistema e renovada. Esse conceito é muitas vezes mal interpretado, trazendo a falsa impressão de que a quantidade de água disponível é infinita. É importante, entretanto, ter-se em mente que o ciclo só é fechado em nível global, sendo aberto em nível local. Isto é, a água evaporada em um determinado local não precipitará necessariamente no mesmo local.

As principais fases do ciclo hidrológico são apresentadas na Figura 2. Todos esses componentes são impactados, direta ou indiretamente, pela cobertura vegetal.

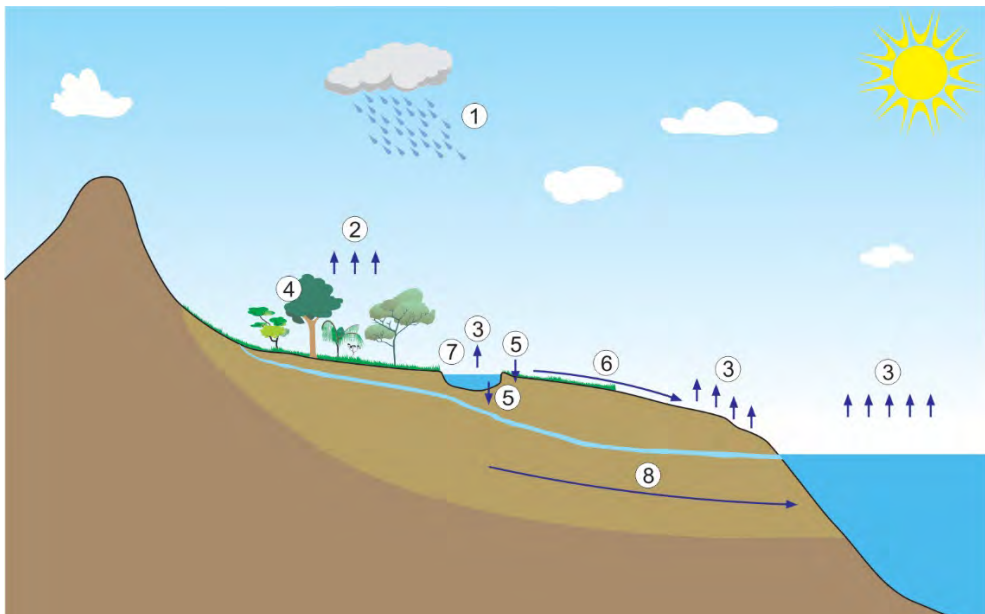


Figura 2. Principais componentes do ciclo hidrológico. Os números indicam: 1. Precipitação; 2. Transpiração; 3. Evaporação; 4. Interceptação; 5. Infiltração; 6. Escoamento superficial; 7. Armazenamento superficial; 8. Escoamento subterrâneo.

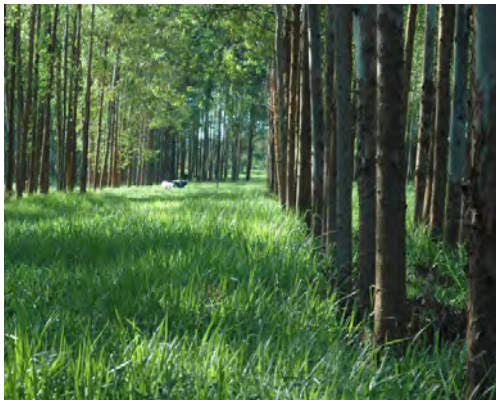
Ilustração: Wellington Cavalcanti).

A ILPF melhora a cobertura e a estrutura física do solo, criando, também, canais biológicos que favorecem o movimento da água no solo, aumentando a infiltração e reduzindo a escoamento superficial, o que contribui para aumentar a recarga do lençol freático. Esse é o principal propósito de qualquer sistema conservacionista, pois é o escoamento subterrâneo que mantém as vazões nos rios durante o período de estiagem. Assim sendo, o aumento da infiltração da água no solo e a conseqüente redução do escoamento superficial, além de reduzir o processo erosivo, promove a redução do risco de ocorrência de enchentes e aumenta a disponibilidade de água em períodos mais secos.

Processos hidrológicos

Para melhor entendimento de como a ILPF pode impactar de forma positiva o sistema hídrico local é fundamental ter-se um entendimento claro do comportamento dos processos hidrológicos, de como ocorre a circulação da água no sistema e de como os processos podem ser impactados.

Para isto, é apresentada, na sequência, uma análise comparativa qualitativa do comportamento dos componentes do ciclo hidrológico em sistema de ILPF plenamente estabelecido (Figura 3) com uma área de pastagem degradada (Figura 4). Em cada caso, é destacado como os recursos hídricos podem ser beneficiados ou prejudicados.



Fotos: Lineu Neiva Rodrigues

Figura 3. Sistema de ILPF plenamente estabelecido.

Figura 4. Área de pastagem degradada.

Precipitação pluvial

No planejamento conservacionista o que se busca é fazer com que a maior parte da água precipitada infiltre no solo, aumentando a recarga dos aquíferos. A precipitação pluvial é a principal fonte de entrada de água no sistema. A chuva constitui, também, o agente responsável pela energia necessária para a ocorrência da erosão hídrica, tanto pelo impacto direto das gotas na superfície do solo quanto pela sua capacidade de produzir o escoamento superficial.

As gotas de chuva, entretanto, são dotadas de energia cinética e ao impactarem a superfície desfazem os agregados e compactam o solo, reduzindo a infiltração (Figura 5).



Foto: Ozanival Dário Dantas da Silva e Lineu Neiva Rodrigues

Figura 5. Detalhe de gotas de chuva impactando a superfície do solo.

Meier e Mannering, citados por Derpsch et al. (1991), estimaram que a energia cinética das gotas de chuva que caem sobre um hectare de terra em um ano corresponde à energia liberada por cerca de 50 toneladas de dinamite. Em uma área com pouca cobertura vegetal o impacto da chuva ocorre diretamente na superfície do solo. Praticamente não há dissipação da energia cinética das gotas de chuva, uma vez que a cobertura do solo é muito reduzida.

A quantidade de solo desestruturado aumenta com a intensidade da precipitação pluvial e com o aumento da velocidade e do tamanho das gotas. Além de ocasionar a liberação de partículas que obstruem os poros do solo, o impacto das gotas tende também a compactá-lo, ocasionando o selamento de sua superfície, e, conseqüentemente, reduzindo a capacidade de infiltração da água. É importante destacar que a velocidade de uma gota aumenta até um valor máximo, denominado de velocidade terminal, que depende do tamanho da gota.

O selamento superficial é de ocorrência comum, principalmente, em solos com pouca cobertura vegetal. A superfície do solo torna-se compactada, e, embora a camada compactada possa ser de pequena espessura, seu efeito nas propriedades físicas do solo influencia expressivamente as condições de infiltração.

Em uma área com sistema de ILPF, as gotas de chuva, antes de atingirem o solo, atingem a cobertura vegetal. Isto reduz a velocidade de queda da gota e o seu tamanho, reduzindo a energia cinética, o selamento superficial e a ação de desprendimento de partículas, que dão origem ao processo erosivo. A infiltração, por sua vez, se mantém em taxas elevadas, o que favorece a recarga dos aquíferos.

Interceptação da água pela cobertura vegetal

Parte da água da chuva é interceptada pela cobertura vegetal (Figura 6). Isto é, fica retida nas folhas e caules, de onde se evapora. A quantidade de água retida pode ser significativa em áreas de florestas e de pastagens.

Devido à interceptação, parte da água da chuva é retida e armazenada na cobertura vegetal, retardando o tempo de chegada ao solo. O efeito direto da interceptação é o retardamento do início do umedecimento do solo, o que mantém a infiltração em taxas elevadas e reduz o escoamento superficial.

Considerando-se um modelo teórico do tipo exponencial, onde a intensidade da chuva é maior no seu início, com a interceptação pela vegetação, ao começar a atingir o solo a chuva terá uma intensidade de precipitação menor. Como a intensidade é menor e a infiltração maior, o escoamento é menor. Esse efeito é mais evidente em sistemas de ILPF, pois estes possuem uma cobertura vegetal mais densa do que uma área com pastagem degradada.



Foto: Lineu Neiva Rodrigues

Figura 6. Intercepção da água pela cobertura vegetal.

Evaporação

A evaporação é um fenômeno puramente físico em que a água em seu estado líquido passa para o estado gasoso. Levando-se em consideração o efeito nos processos hidrológicos, o importante é a redução da umidade do solo, uma vez que esta redução melhora a capacidade de armazenamento e de infiltração de água no solo.

O ideal, entretanto, é que a redução da umidade do solo esteja associada à produção vegetal. Em um sistema produtivo, a evaporação é uma retirada não benéfica de água do sistema, uma vez que não contribui para a produção, devendo ser reduzida. Em uma área com pastagem degradada, em virtude da pequena cobertura vegetal, a evaporação direta da água do solo é maior que em uma área com sistema de integração, podendo ser essa diferença muito significativa.

É conveniente também destacar que a evaporação é altamente influenciada pelas condições de superfície. Em superfície com solo descoberto, os primeiros centímetros do solo, que secam rapidamente, passam a governar esse processo. A evaporação direta da água no solo tende a ser menor em sistema com boa cobertura vegetal do que a que ocorre em uma área de pastagem degradada.

Transpiração

A transpiração é a transferência de água na forma de vapor da planta para a atmosfera. Trata-se de uma retirada benéfica de água do sistema, uma vez que, quando associada à cultura de interesse, contribui para o aumento da produção, sendo o seu efeito nos processos hidrológicos similar àquele associado à evaporação.

O sistema de ILPF, por apresentar uma cobertura vegetal usualmente mais densa, inclusive pela presença do componente florestal, apresenta taxas de transpiração mais elevadas quando comparadas a uma pastagem degradada. Na transpiração, a água se movimenta do solo para a planta, reduzindo a água disponível no solo, até mesmo em camadas mais profundas. Essa retirada de água do solo aumenta a capacidade de armazenamento e de infiltração. Desta forma, nas chuvas subseqüentes, no sistema de ILPF, o escoamento superficial será menor e a recarga do lençol freático maior, contribuindo para o aumento do escoamento de base e para a regularização e redução da amplitude das vazões nos rios.

A análise conjunta dos processos de evaporação e transpiração indica que a quantidade destinada a estes processos seja maior no sistema de ILPF do que em condições com baixa densidade de cobertura do solo, o que faz com que a produção média de água em áreas com sistemas de ILPF seja menor. Este comportamento, entretanto, é compensado pelo fato de sistemas de ILPF diminuírem também as vazões máximas, reduzindo, assim, o risco de ocorrência de vazões erosivas e capazes de provocar enchentes.

Em relação às vazões mínimas, existem dois efeitos que atuam em sentidos opostos, o aumento da infiltração da água no solo e o aumento da evapotranspiração, sendo que o sistema de ILPF pode gerar tanto aumento como redução das vazões mínimas, dependendo do efeito predominante, se é o aumento da infiltração ou o aumento da evapotranspiração. Esta predominância está diretamente ligada a diversos fatores, como, por exemplo, a posição do lençol freático.

Infiltração

O processo de infiltração consiste na passagem da água em estado líquido pela superfície do solo. Ela é responsável pela recarga dos aquíferos, que irá contribuir para a vazão dos cursos d'água. Quanto maior a taxa de infiltração, menor é o escoamento superficial. A taxa de infiltração é máxima no início da chuva e diminui com o passar do tempo e com o aumento da água armazenada no solo.

Em áreas com pastagem degradada a compactação do solo é maior, bem como a sua suscetibilidade ao processo de selamento superficial. Consequentemente, a infiltração é menor, sendo menor também a recarga dos aquíferos e, consequentemente, a contribuição da área para o aumento da disponibilidade hídrica nos períodos de estiagem.

Em áreas com sistema de ILPF, como a recarga é maior, aumenta o escoamento subterrâneo, também conhecido como escoamento de base, que é lento. Isto é, mesmo em bacias hidrográficas pequenas, a água da chuva fica no sistema por meses, sendo disponibilizada durante o período de estiagem e com melhor qualidade do que a água que chega aos mananciais hídricos pelo escoamento superficial.

Armazenamento superficial

Quando a intensidade de precipitação é maior do que a taxa de infiltração da água no solo, a água começa a ficar retida nas depressões e nas irregularidades do terreno e a empilhar na superfície do solo, iniciando, então, a fase de armazenamento da água na superfície, chamado de armazenamento superficial (Figura 7).



Foto: Ozanival Dario Dantas da Silva e Lineu Neiva Rodrigues

Figura 7. Armazenamento superficial de água.

A rugosidade da superfície do solo determina a quantidade de água que pode ser mantida como lâmina armazenada superficialmente. O aumento da rugosidade superficial do solo, especialmente pela existência de cobertura vegetal, aumenta o armazenamento de água na superfície e, conseqüentemente, o volume total de água infiltrado, tanto pela redução do escoamento superficial quanto pelo aumento da deposição de sedimentos, com consequência positiva para a recarga dos aquíferos.

Escoamento superficial

O escoamento de água sobre a superfície do solo está diretamente associado à erosão hídrica, que é capaz de desagregar e transportar sedimentos, compostos químicos, matéria orgânica, sementes e agrotóxicos, sendo capaz de causar prejuízos diretos à produção agropecuária e a poluição dos cursos d'água.



Foto: Lineu Neiva Rodrigues

Figura 8. Escoamento superficial.

O escoamento superficial (Figura 8) inicia quando a intensidade de precipitação excede a taxa de infiltração e a capacidade de acúmulo de água na superfície do solo é excedida, terminando quando a intensidade de precipitação for menor do que a taxa de infiltração da água no solo.

O escoamento superficial é muito influenciado pelas condições de superfície. Solos compactados e com pouca cobertura vegetal, como aqueles que se verificam em áreas com pastagem degradada, são mais suscetíveis à ocorrência de escoamento superficial. Por sua vez, nos sistemas de ILPF, a cobertura vegetal densa aumenta a rugosidade da superfície e, conseqüentemente, o armazenamento superficial e a resistência hidráulica, reduzindo o escoamento e aumentando o tempo de oportunidade de infiltração e/ou de evaporação.

A redução do escoamento superficial reduz a energia para que ocorra a liberação de partículas de solo e o seu transporte e, conseqüentemente, o carreamento de sedimentos para os mananciais hídricos. No escoamento superficial as águas fluem rapidamente para as regiões mais baixas, aumentando o risco de ocorrência de enchentes e reduzindo a disponibilidade de água nos períodos de estiagem.

Processo erosivo e medidas para a redução da erosão

A erosão hídrica pode ser dividida nas seguintes fases: desagregação, transporte e deposição das partículas.

A desagregação é a primeira fase do processo erosivo e consiste no desprendimento das partículas de solo da massa que as contém, seja individual ou de agregados. O desprendimento das partículas tem início com o umedecimento dos agregados, o que reduz as suas forças coesivas, enfraquecendo-os e tornando-os menos resistentes ao desprendimento, que somente ocorre quando as forças externas, de natureza cisalhante, superam as forças internas. Os principais agentes externos responsáveis pelo desprendimento dos agregados em condições agrícolas são aqueles associados ao impacto das gotas de chuva na superfície e ao escoamento superficial.

O primeiro agente cisalhante, isto é, aquele que acontece devido ao impacto das gotas de chuva (Figura 9), está diretamente associado à energia cinética da precipitação e, portanto, à massa, ao tamanho e à velocidade das gotas e ao total precipitado.

Nas áreas agrícolas desprovidas de vegetação, ou com pouca cobertura vegetal, a maior parte da desagregação do solo ocorre pelo impacto das gotas das chuvas, sendo que a quantidade de solo desestruturado aumenta com a intensidade da precipitação, a velocidade e o tamanho das gotas. Outra forma de desprendimento de partículas é o escoamento superficial, que ocorre quando este supera a tensão crítica de cisalhamento do solo.



Foto: Ozamival Dario Dantas da Silva e Lineu Nelva Rodrigues

Figura 9. Detalhe de gotas de chuva impactando a superfície do solo

O **transporte**, segunda fase do processo erosivo, 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. A maior parte do solo é transportada pelo escoamento superficial, sendo que a quantidade transportada depende do volume e da turbulência da chuva e da velocidade desse escoamento.

A **deposição** é a terceira e última fase do processo erosivo, que consiste na deposição do material que foi desagregado e transportado. Isso ocorre quando a quantidade de sedimentos contida no escoamento superficial é maior que sua capacidade de transporte.

No caso da erosão, de maneira geral, o maior benefício da ILPF é manter uma cobertura adequada do solo por mais tempo, contribuindo da seguinte forma:

- Amortecimento do impacto das gotas de chuva no solo, reduzindo a energia das gotas e assim reduzindo a desagregação, o selamento e o escoamento superficial;
- Redução da velocidade do escoamento superficial;
- Limitação física ao movimento do solo;
- Melhoria da estrutura e da porosidade do solo pelas raízes e resíduos de plantas;
- Aumento da atividade biológica do solo;
- Transpiração, que reduz a água do solo, resultando no aumento da capacidade de armazenamento de água e redução do escoamento.

Efeito nos recursos hídricos do componente floresta

O sistema de integração lavoura-pecuária-floresta altera a forma como o solo é utilizado. A possibilidade de utilizar o solo durante todo o ano traz benefícios econômicos e possibilita uma produção sustentável.

É importante saber como os recursos naturais, principalmente solo e água, são beneficiados por esse sistema. Em relação aos recursos hídricos, é sabido e foi demonstrado que ele afeta vários dos componentes do ciclo hidrológico da água. A melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, favorece a movimentação e a retenção da água. O aumento da quantidade de matéria orgânica influencia várias características do solo e melhora também sua capacidade de retenção de água.

Para os recursos hídricos, o principal benefício do sistema vem da maior cobertura do solo. A inclusão do componente florestal agrega benefícios adicionais em relação a água. Existem muito poucas informações ou métricas quantificando esse benefício. A maneira mais fácil de entender a relação floresta-água é conhecendo o ciclo da água na floresta.

Neary et al. (2009) relatam que a maior sustentabilidade e melhoria da qualidade de fontes de água doce do mundo se originam em ecossistemas florestais. As características químicas, biológicas e físicas dos solos florestais são particularmente adequadas para o fornecimento de água de alta qualidade em bacias hidrográficas. Os sistemas radiculares sob florestas são extensos e relativamente profundos em relação às terras agrícolas e pastos, e tendem a criar solos com alta macroporosidade, baixa densidade, altas condutividade hidráulica saturada e taxas de infiltração (Alvarenga et. al., 1980).

Normalmente, a relação entre a cobertura florestal e a qualidade da água nas microbacias hidrográficas é positiva, ou seja, a água que emana de microbacias florestadas é em geral de boa qualidade, com níveis baixos de concentração de sedimentos e de nutrientes (Lima, et. al., 2016).

Outro benefício da floresta é que ela ameniza o clima local, reduz a temperatura, alterando as condições de evapotranspiração. É evidente que a magnitude dessa alteração depende de vários fatores, como, por exemplo, o tipo de árvore, a sua orientação e disposição, o espaçamento, etc.

É conveniente salientar, entretanto, que a redução da amplitude térmica que ocorre no interior da área florestada não implica necessariamente em redução da evapotranspiração. É importante que outros fatores sejam levados em consideração, tais como área da superfície foliar e a profundidade do sistema radicular. Em geral, esses dois componentes são maiores na floresta, podendo-se, assim, no computo final ter taxas de evapotranspiração mais elevadas.

É fundamental conhecer a magnitude com que cada componente do ciclo hidrológico é influenciado pela adição do componente florestal ao sistema. Por exemplo, em um contexto de mata ciliar do tipo Cerradão, em São Paulo, a interceptação da água de chuva na copa das árvores foi de 37,6% do total precipitado (Lima, 1997). Espera-se um comportamento similar no caso do componente florestal no sistema ILPF.

A quantidade de água interceptada pela floresta é significativa e modifica o perfil da precipitação que atinge o solo e o comportamento dos processos da fase terrestre do ciclo hidrológico. Na natureza os processos ocorrem de forma simultânea, mas para fins de melhor entendimento pode-se imaginar a ocorrência dos processos de maneira individualizada. Neste sentido, a maior interceptação pela cobertura vegetal retarda o

início do processo de infiltração e diminui a quantidade de água disponível para infiltrar no solo. Como consequência haverá também um retardamento do início das fases de armazenamento da água no solo e do escoamento superficial, caso eles ocorram.

Um outro comportamento associado às áreas florestais é o associado à serapilheira, que, além da influência que causa em relação à quantidade de água interceptada, promove, também, um efeito muito expressivo em relação aos processos biológicos que se desenvolvem no solo, e que favorecem o movimento da água, o que, somado à atenuação do selamento superficial, promove o incremento da capacidade de infiltração da água no solo.

Considerações finais

A principal contribuição dos sistemas de integração para o sistema hídrico é manter a superfície do solo com melhor cobertura vegetal por períodos de tempo maiores, contribuindo para a recarga dos aquíferos, reduzindo o escoamento superficial e aumentando a infiltração da água no solo.

É importante, todavia, atentar sempre para a importância das práticas de conservação do solo, principalmente durante a fase de conversão de uma área de pastagem degradada para um sistema de integração, pois nas fases iniciais da transição, o solo será movimentado e ficará sem cobertura, estando, portanto, mais suscetível à ocorrência de erosão.

Referências

AGRICULTURAL Sustainability. [London]: DFID: University of Essex, 2004. 23 p.

ALVARENGA, L. A. A.; MARTINS, M. P. P.; CUARTAS, L. A.; PENTEADO, V. A.; ANDRADE, A. Estudo da qualidade e quantidade da água em microbacia, afluente do rio Paraíba do Sul - São Paulo, após ações de preservação ambiental. **Revista Ambiente & Água** - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, v. 7, n. 3, set./dez. 2012.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U.; KRAUSE, R.; BLANKEN, J. **Controle da erosão no Paraná**, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ), 1991. 272 p.

KLOHN, W. E., APPELGREN, B. G. **Challenges in the field of water resources management in agriculture**. Rome, FAO, 1998. Disponível em: <www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult>. Acesso em: 22 jul. 2017.

LIMA, W. P. Indicadores hidrológicos do manejo sustentável de plantações de eucalipto. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENTS OF EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Anais...** Colombo: Embrapa, 1997. p. 24-29.

LIMA, W. P.; RODRIGUES, C. B.; FERRAZ, S. F. B.; VOIGTLAENDER, M. Sustentabilidade hidrológica de florestas plantadas: o papel do monitoramento em microbacias experimentais. In: RODRIGUES, L. N.; SCHULER, A. E. (Ed.). **Água: desafios para a sustentabilidade da agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 167-183.

NEARY, D. G.; ICE, G. G.; JACKSON, C. R. Linkages between forest soils and water quality and quantity. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 10, p. 2269-2281, 2009.

PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. D. **Escoamento superficial**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2004. 87 p.

PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão**. 2. ed. Viçosa: Ed. Editora UFV, 2009. 279 p.

SHIKLOMANOV, I. A. Global water resources. **Nature and Resources**, v. 26, n. 3, p. 34-43, 1990.

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2014. **The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy**. Paris, UNESCO.