



Foto: Leandro B. da S. Volk



COMUNICADO  
TÉCNICO

104

Bagé, RS  
Junho, 2020

**Embrapa**

# Princípios técnicos de manejo de sistemas pecuários para maior disponibilidade de água no solo

Leandro Bochi da Silva Volk  
José Pedro Pereira Trindade

# Princípios técnicos de manejo de sistemas pecuários para maior disponibilidade de água no solo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Leandro Bochi da Silva Volk, engenheiro agrônomo, doutor, pesquisador da Embrapa Pecuária Sul, Bagé, RS. José Pedro Pereira Trindade, engenheiro agrônomo, doutor, pesquisador da Embrapa Pecuária Sul, Bagé, RS.

## Introdução

Para os pecuaristas do Rio Grande do Sul, o convívio com eventos de seca ou estiagem é quase rotina. Estes eventos de seca, principalmente na metade sul do Estado, estão mais comuns na última década e possivelmente agravados por mudanças no regime hídrico, evidenciando uma crise hídrica (Pessoa, 2011, 2015). É normal para a região da Campanha do Rio Grande do Sul, nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, a evapotranspiração potencial ficar em valores acima de 150 mm/mês e por vezes ultrapassar o valor de 200 mm/mês (Silveira; Trentin, 2019). São valores de evapotranspiração normalmente acima da média mensal de chuva neste mesmo período.

No levantamento de uso da terra feito pela Embrapa Pecuária Sul (Trindade et al., 2018a), percebe-se que a grande maioria das áreas com algum uso pecuário está sobre solos com algum tipo de limitação. Mais da metade das áreas remanescentes de campo nativo (vegetação natural campestre) e das áreas de pastagens para a pecuária

leiteira estão sobre solos rasos. Essa realidade acarreta em impactos negativos mais severos devido às limitações impostas pelo solo no armazenamento de água (Trindade et al., 2018b). Mas, independentemente do tipo de limitação, é possível minimizar estes impactos.

Os manejos de solo, de vegetação ou de animais (via manejo do pastejo) interferem na qualidade do solo e no estado dos serviços ecossistêmicos que ele entrega. É possível, portanto, intencionalmente melhorar a qualidade de um solo e conduzir para a melhoria da entrega de seus serviços (Seybold et al., 1997; Karlen et al., 2001, Prado et al., 2016).

O desejável é que, por meio de manejos adequados, essas oscilações naturais e inerentes sejam menores e que o solo possa manter e melhorar sua qualidade. O pecuarista, consciente do papel do solo no seu sistema produtivo, deve tomar sua decisão de manejo levando em consideração o impacto que ela terá nos processos naturais pelos quais o solo é responsável.

Alguns dos processos naturais pelos quais o solo é responsável incluem a

infiltração, retenção e disponibilização de água às plantas e animais. Tais processos naturais regulam o ciclo hidrológico e essa é uma função importante do solo, permitindo ao solo seu uso em sistemas agrícolas. Quando o pecuarista se apropria desse conhecimento – (re) conhece – e passa a considerá-lo em suas decisões de manejo – controla, ele passa a transformar essas funções em serviços e benefícios para seu sistema produtivo.

Esse documento, que contribui com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 15 (ODS 15), pretende recuperar alguns dos mecanismos que regem o padrão de funcionamento de processos que envolvem a água no solo em sistemas pecuários, considerando algum aprofundamento de suas complexidades inerentes e, por fim, elenca princípios técnicos para as práticas de manejo a serem adotadas pelos pecuaristas. O entendimento do funcionamento dos processos nos permite controlá-los e transformá-los em benefícios (Anand, 1994).

## Funcionamento do solo e seu impacto na água

A existência de vida em nosso planeta depende dos recursos naturais essenciais. A água é um dos recursos naturais renováveis. É, ao mesmo tempo, vital à nossa existência e de difícil valoração.

Todos concordamos da sua importância e seu valor intrínseco, mas não existe metodologia eficiente em quantificar o valor monetário de um litro de água potável disponível na natureza.

A água doce disponível para o consumo dos seres humanos, bem como para a produção de alimentos, teve sua dinâmica bastante alterada nas últimas décadas. Em escala regional, pela alteração das paisagens naturais por atividades antrópicas, pelo aumento do consumo e pela poluição, e, em escala global, pelas alterações climáticas.

Com o intuito de chamar a atenção para o desperdício e o mau uso da água pela sociedade, principalmente em regiões onde a água doce é escassa, surgiram os conceitos de **água verde** (água naturalmente armazenada no solo), **água azul** (água armazenada em superfície – lagos, rios e barragens, e no subsolo – aquíferos) e **água cinza** (água de reuso ou poluída). Também nesse contexto surgiu a ideia de **água virtual** ou **pegada hídrica** (Hoekstra; Hung, 2002; Allan, 2003; Hoekstra; Mekonnen, 2012). O conceito de água virtual se refere ao total de água utilizada e consumida para a produção de uma *commodity*, enquanto **pegada hídrica** se refere a uma medida de consumo e degradação de água fresca associado com todos os benefícios e serviços consumidos por uma pessoa ou por toda a população de um país (International..., 2003).

Nessa lógica, é fácil entender e visualizar que, quanto maior o grau de industrialização de um produto, maior é sua água virtual ou pegada hídrica.

Nessa lógica, é fácil entender e visualizar que, quanto maior o grau de industrialização de um produto, maior é sua água virtual ou pegada hídrica. Se levássemos em consideração os padrões de consumo e o tempo médio de vida do ser humano, sem dúvida alguma, ele seria o ser vivo com a maior pegada hídrica do planeta. Mas, não existe vida sem o consumo de água. Não é possível “zerar” essa pegada hídrica. Entretanto, é possível diminuí-la.

É importante ter consciência dessa realidade que já afeta a todos, mesmo que em diferentes graus. Conservar e usar a água com responsabilidade é dever de toda a sociedade. A pecuária é dependente do bom funcionamento do solo (Volk; Trindade, 2017). Ainda que esse documento seja direcionado a sistemas pecuários a pasto (tanto em sistema de monocultivo, quanto em sistemas integrados), usos agrícolas mais intensivos também dependem do bom funcionamento do solo. Ele mede processos naturais e cumpre funções ecológicas importantes que garantem o bom funcionamento dos sistemas agrícolas (Karlen et al., 2001). Um solo que “funciona bem”, ou seja, que tem sua máxima qualidade, media incontáveis processos naturais através de suas propriedades físicas, químicas e biológicas.

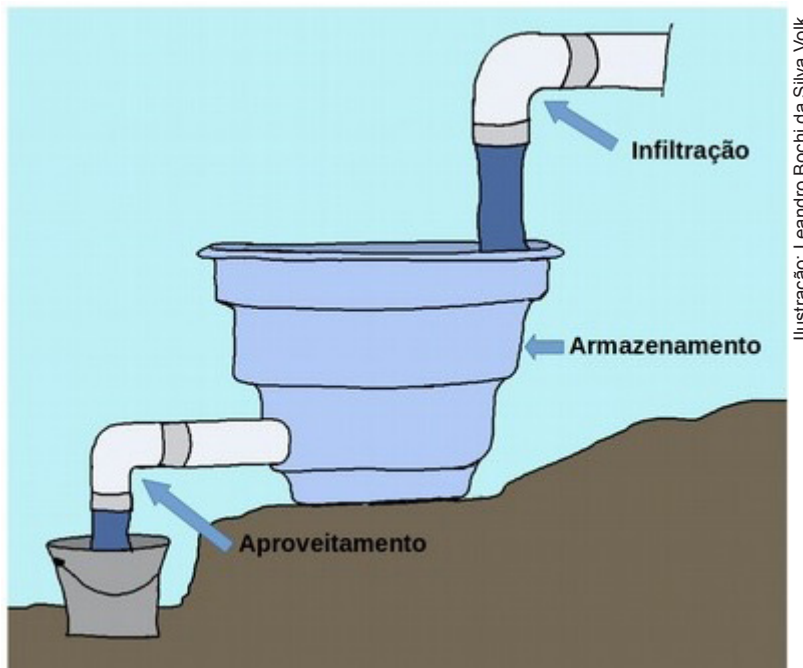
Essa linha de raciocínio vem ao encontro do conceito de qualidade do solo discutido por Vezzani e Mielniczuk (2009).

De modo complementar, no conceito de serviços ecossistêmicos apresentado por Ecosystems... (2005), o solo tem papel fundamental na entrega de benesses pela natureza ao ser humano. Tal abordagem ganha mais importância a partir da compreensão que é possível interferir nesses processos naturais (e, portanto, nas funções ecológicas e nos serviços ecossistêmicos) via manejo.

A dinâmica da água no solo, do ponto de vista da relação solo-planta, pode ser arbitrariamente separada em processos distintos, como a infiltração, o armazenamento/retenção e a disponibilização (ou acesso pelas plantas).

Esses processos fazem parte de ciclo hidrológico. De maneira resumida, quando a água da chuva cai no solo, parte dela infiltra, parte evapora e, o que não infiltra ou evapora, acaba escoando pela superfície. A água que infiltra é distribuída no perfil do solo em profundidade que pode ser acessada pelas plantas por meio de processos físicos, químicos e biológicos, enquanto outra parte é percolada em maior profundidade, alimentando o lençol freático e redes de drenagem subsuperficiais.

De modo lúdico, podemos fazer a comparação da infiltração como sendo um cano que abastece uma grande caixa de água (que representa o armazenamento/retenção) e o acesso pelas plantas como um cano de saída de água dessa caixa (Figura 1).



**Figura 1.** Representação lúdica dos processos de infiltração, armazenamento e aproveitamento da água no solo.

Seguindo a lógica da ilustração da Figura 1, as recomendações propostas nesse documento pretendem que o pecuarista tenha controle e possa aumentar o “cano” que representa a infiltração, aumentar a “caixa de água” da retenção e armazenamento e aumentar o “cano” do aproveitamento da água do solo pelas plantas.

Apresenta-se, a seguir, o ponto de vista dos autores sobre essas funções ecológicas do solo, com o objetivo de fazer proposições de manejos que melhorem tais funções, buscando a conservação do solo e da água na pecuária, associada à melhoria do potencial produtivo.

## Infiltração da água no solo

A infiltração da água no solo é um processo natural, definido como a entrada da água no solo através de sua superfície (Brandão et al., 2003). Na Figura 1, a infiltração é representada por um “cano” que abastece a “caixa de água”. Pergunta: seria possível aumentar o diâmetro desse “cano”?

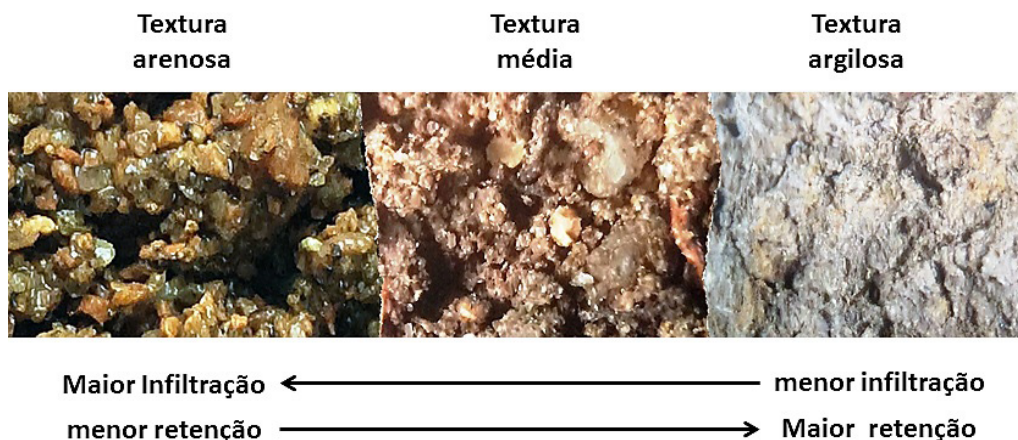
Se for considerado que todo o sistema agrícola é dependente de água, e que a maior parte dessa água vem da chuva, o processo de infiltração ganha muito em importância. Em 2016, dos 268 mil km<sup>2</sup> de sua área superficial, o Rio Grande do Sul cultivou cerca de 8 milhões de ha (80 mil km<sup>2</sup>). Destes, cerca de 6,8 milhões de ha (68 mil km<sup>2</sup>) recebem água exclusivamente via infiltração da água da chuva, ou seja, apenas 1,2 milhões de ha dependem da infiltração de água de irrigação.

Ainda que a totalidade das áreas utilizadas com pecuária, principalmente as áreas de campo (áreas de vegetação natural campestre), podem não constar nessa estatística, é fácil entender que todas as áreas produtivas (agrícolas e pecuárias) são dependentes do processo de infiltração. É essa água que vai abastecer os sistemas hidrológicos de subsuperfície e subterrâneos.

A infiltração é fortemente influenciada por características intrínsecas do solo (mineralogia, textura e rocha de origem, por exemplo – as quais normalmente não sofrem interferência do ser humano) e por outras características extrínsecas, ligadas ao uso da terra e ao manejo e que podem ser modificadas pelo ser humano (Horton, 1940; Hillel, 1980).

Características intrínsecas do solo que afetam a infiltração, como textura e mineralogia, são as mesmas que determinam a sua porosidade. A porosidade é o somatório de espaços vazios por onde a água irá entrar e se distribuir no solo. Os poros maiores são chamados de macroporos e os poros menores de microporos. Como regra geral, a maior porosidade (notadamente os poros maiores) permite maior infiltração. A Figura 2 apresenta uma representação simplificada da relação entre a porosidade, a textura, a infiltração e a retenção de água no solo.

Solos com textura arenosa (normalmente constituído por cristais de quartzo e minerais primários) possuem maior macroporosidade, o que permite maior condutividade hidráulica e, portanto, maior velocidade de infiltração. No outro extremo temos os solos com textura argilosa, cuja mineralogia pode variar muito (desde óxidos de ferro e alumínio – hematita e gibbsita – até filossilicatos 2:1 expansivos – vermiculita e esmectita, por exemplo), e possuem menor macroporosidade, o que determina menor condutividade hidráulica e menor velocidade de infiltração. Salienta-se que a questão não é qual solo é melhor ou pior, mas sim entender como suas características interferem no processo de infiltração.



**Figura 2.** Relação da textura do solo com a infiltração e retenção de água.

Quanto às características extrínsecas ou as características ligadas ao uso da terra e ao manejo, temos aquelas ligadas às condições da superfície do solo e de sua estrutura como presença de cobertura superficial do solo, o tipo de vegetação (prostrada, cespitosa ou florestal) e a estruturação do solo (dada pela atividade das raízes das plantas, dos microrganismos e matéria orgânica – Figura 3). Dentre essas características, a cobertura superficial do solo merece destaque. Ela é composta pela vegetação, palha, mantilho ou serrapilheira e visa à proteção do solo contra elementos climáticos que podem degradá-lo, como chuva, vento, insolação direta, além de ser a principal forma de aporte de resíduo vegetal à superfície do solo.

A máxima cobertura superficial do solo é condição primordial de qualquer prática de manejo que visa a conservação do solo (Wischmeier; Smith, 1978).

As perdas de solo e água por erosão somente são reduzidas a zero com a taxa de cobertura do solo em 100%, como demonstrado na Figura 4. Essa redução da erosão ocorre por que a cobertura evita a desagregação do solo pela chuva, assim como maximiza a infiltração da água (Volk; Cogo, 2008; Reichert et al., 2011; Weil; Brady, 2016; Volk; Trindade, 2017). Assim, a cobertura do solo é importante para a elevada atividade biológica e melhoria da estruturação, e leva, portanto, à melhor condição para a infiltração da água (Figura 5). Em outras palavras, quanto maior for a cobertura do solo por mantilho ou por vegetação, melhor será a condição da superfície para a entrada de água da chuva no solo, que é essencial para o bom desenvolvimento das plantas.

Apesar do consenso sobre esse princípio, na pecuária um dilema se estabelece, pois o mantilho ou a palhada é encarado por muitos como um “desperdício” de forragem, uma vez que ela “sobra” por não ter sido consumida pelos animais. Para evitar tal desperdício, forçam os animais a consumir todas as folhas, inclusive as folhas já senescentes. O pecuarista, então, equivocadamente maneja seus animais para que o consumo de forragem seja o máximo possível, de modo que todas as folhas sejam consumidas e que não sobre material para formar o mantilho.

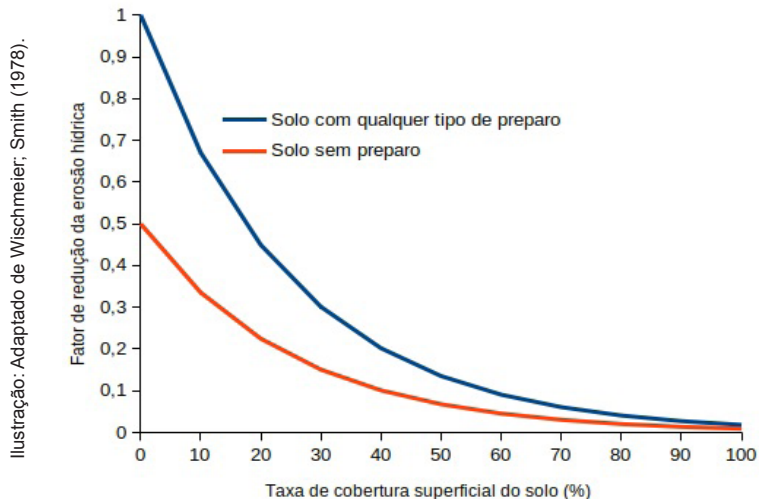
Essa decisão de manejo resulta em menor cobertura e menor aporte de material vegetal ao solo, o que se traduz em menor infiltração e menor disponibilidade de água no solo, risco de degradação por erosão e, por fim, queda de produção da forrageira no médio e longo prazo.



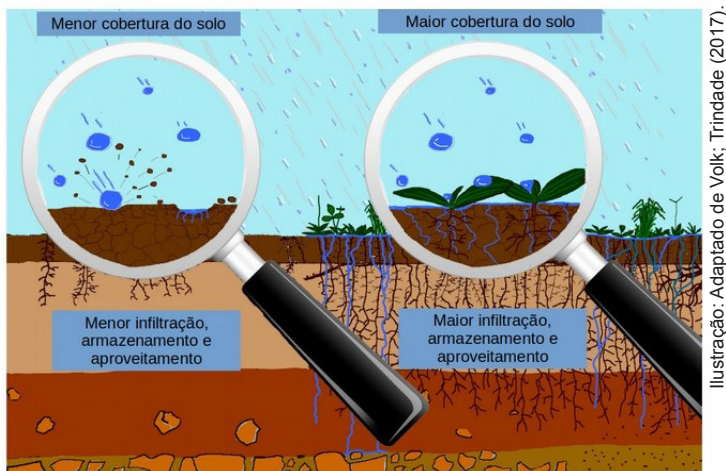
Foto: Adaptado de Volk; Trindade (2017).

**Figura 3.** Anelídeos (A), fungos (B), afídeos (C) e colêmbulos (D) são exemplos de organismos do solo que afetam o desenvolvimento das plantas e influem na estruturação e porosidade, bem como na ciclagem de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio e mineralização da matéria orgânica.





**Figura 4.** Relação entre taxa de cobertura superficial do solo e o fator de redução da erosão hídrica do solo.



**Figura 5.** Representação gráfica da importância da vegetação na infiltração de água. As folhas garantem a cobertura do solo e evitam o selamento superficial, enquanto as raízes e a fauna do solo garantem a estruturação e a maior macroporosidade, permitindo maior infiltração de água.

A estrutura do solo também é fortemente influenciada pelo bom desenvolvimento da vegetação, principalmente pelo desenvolvimento de suas raízes (Tisdall; Oades, 1982), o que se reflete na quantidade e qualidade da macroporosidade do solo, características que são atribuídas à melhoria da estruturação e à criação de bioporos. Os bioporos resultam da atividade biológica, principalmente da movimentação da macrobiota e do espaço deixado pela morte de raízes (Figura 6). Eles merecem nossa atenção, pois se refletem na qualidade da macroporosidade, devido ao aspecto de continuidade. Os macroporos normalmente ocorrem de modo aleatório, enquanto os bioporos ocorrem com continuidade, funcionando como “canos” com elevada eficiência para a passagem da água (Allaire et al., 2002). Nesse sentido, fica fácil o entendimento da importância do correto manejo das pastagens para, além de beneficiar plantas e animais, aumentar a atividade da fauna do solo e o desenvolvimento de suas raízes.

As plantas tendem a manter uma razão estável entre o desenvolvimento de sua parte aérea ou dossel (folhas, caules e colmos) e de suas raízes (Taiz; Zeiger, 2013). A relação entre dossel e raízes será gerenciado pela parte da planta que tem seu desenvolvimento limitado. Em outras palavras, se as raízes estiverem passando por alguma limitação química (acidez ativa do solo ou falta de nutrientes), física (compactação, pouca profundidade, má drenagem ou baixa permeabilidade) ou biológica (ausência de organismos que fazem simbiose ou presença de fungos e insetos danosos às plantas) o desenvolvimento do dossel também será comprometido. O mesmo raciocínio vale para o inverso. Se o desenvolvimento das plantas for limitado pela remoção de suas folhas (objetivo primeiro do processo de pastejo), também será limitado o desenvolvimento das raízes.

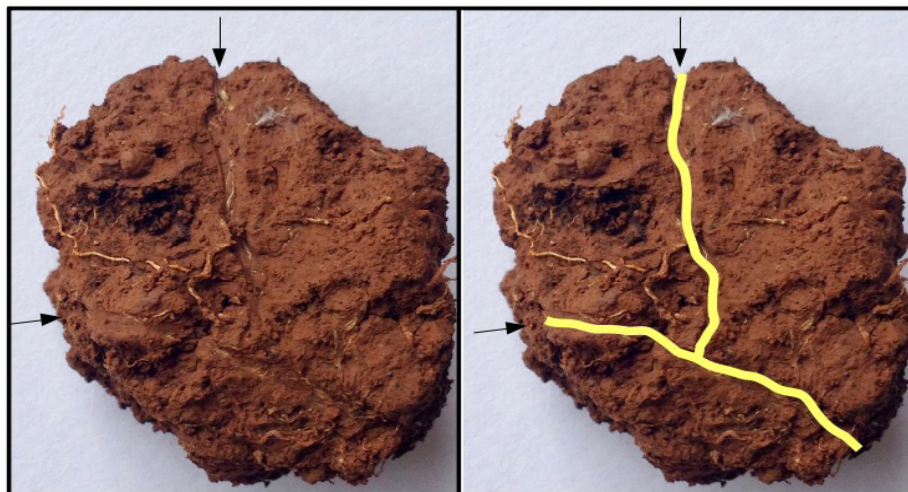


Foto: Leandro Bochi da Silva Volk

**Figura 6.** Exemplo de bioporo com continuidade formado pela morte e decomposição de uma raiz.

A Figura 7 apresenta o desenvolvimento de raízes de grama forquilha (*Paspalum notatum*) em dois manejos distintos: um mais intenso, com cortes a cada 5 dias e resíduo de 5 cm de altura, e outro menos intenso, com cortes a cada 15 dias e resíduo de 15 cm. É visível que a massa de raízes diminui à medida que o pastejo (remoção de folhas) se intensifica.

A estrutura do solo está associada à sua textura, mineralogia e evolução, mas também à atividade da fauna e microbiota edáfica (como os que aparecem na Figura 3). Daí a vantagem do serviço prestado pela diversidade de espécies forrageiras.

Pastagens monoespecíficas apresentam, obviamente, monoespecificidade de morfologia de raízes. Pastagens de uma só gramínea (Poaceas-monocotiledôneas) vão apresentar apenas raízes fasciculadas com a morfologia específica daquela gramínea. O mesmo raciocínio serve para uma pastagem de uma leguminosa (Fabaceas – dicotiledôneas), que apresentará raízes pivotantes com a morfologia específica inerente. Em complemento, as relações que se estabelecem na rizosfera de cada raiz, também serão restritas ou específicas (Bodner et al., 2014).

Nesse sentido, pastagens pluriespecíficas apresentam algumas vantagens (Weigelt et al., 2009). A diversidade de raízes com morfologias distintas (fasciculadas e pivotantes, mais grossas e mais finas, mais curtas e mais compridas, elevada ou baixa relação C:N e com distintas associações microbianas na rizosfera) auxiliam muito, tanto na estruturação do solo, quanto na atividade de uma maior diversidade de organismos edáficos (Baretta et al., 2011).

Como resultado, a infiltração é maior em pastagens com maior diversidade de espécies, como apresentado na Tabela 1.

Da associação e aplicação destes conhecimentos em práticas de manejo adequadas, pode-se chegar a um incremento muito importante da infiltração de água da chuva, como o exemplo da Figura 8.



Foto: Adaptado de Jaskulski et al. (2013).

**Figura 7.** Diferença no desenvolvimento de raízes de grama forquilha (*Paspalum notatum*) em função de diferentes intensidades e frequências de remoção das folhas.

**Tabela 1.** Taxa de infiltração básica medida com cilindro único em Luvissole Háplico órtico típico (Embrapa Pecuária Sul – Bagé/RS) sob dois sistemas pecuários distintos.

	Número de espécies em 0,25 m <sup>2</sup>	Taxa de cobertura do solo	Teor de matéria seca <sup>(3)</sup> kg.MS/ha	Taxa de infiltração básica mm/h
Campo nativo diferido <sup>(1)</sup>	18	100%	1.800	138
Pastagem de azevém diferido <sup>(2)</sup>	1	80%	1.100	21

<sup>(1)</sup>Campo nativo com 30 dias de diferimento e manejado sob pastejo rotativo com 375 graus-dia de descanso; <sup>(2)</sup>Azevém em área de integração lavoura-pecuária com 30 dias de diferimento antes da dessecação para semeadura da soja em semeadura direta; <sup>(3)</sup>Teor de matéria seca estimada visualmente.



Foto: Leandro Bochi da Silva Volk

**Figura 8.** Área de vegetação campestre (campo nativo) do Rio Grande do Sul (município de Encruzilhada do Sul) mostrando a diferença de umidade do solo após uma chuva de 20 mm em duas condições de manejo.

É importante ressaltar que essas são características cuja modificação (ou sua construção) estão ao alcance do manejador. Então, respondendo à pergunta feita no início desse item: sim, é possível aumentar o diâmetro do “cano”.

## Armazenamento e retenção de água no solo

Como já foi apresentado na Figura 1, se a infiltração é como o “cano” por onde a água entra no solo, o armazenamento (junto com a retenção) pode ser imaginado como a “caixa de água” que esse cano abastece. Pergunta: seria possível aumentar o tamanho dessa “caixa de água”?

O armazenamento, portanto, representa a quantidade de água estocada no solo e que pode ser disponibilizada nos sistemas agrícolas, dentre eles, os sistemas pecuários. Em termos de importância, podemos colocar a retenção e o armazenamento no mesmo grau da infiltração, contudo, o armazenamento e retenção só ocorrem após a infiltração. Assim, é importante o planejamento de manejo do solo visando todas as funções ecológicas.

O armazenamento e retenção de água, assim como a infiltração, dependem de características intrínsecas ao solo (mineralogia, textura e rocha de origem, por exemplo) e de características

extrínsecas ligadas ao uso da terra e ao manejo (as quais podem ser modificadas pelo ser humano).

Contudo, diferentemente da infiltração, o armazenamento e retenção têm maior relação com a microporosidade do solo (Silva et al., 2005). É nos espaços vazios de menor diâmetro que a água fica armazenada ou retida.

Os solos com textura arenosa, apesar de propiciarem maior velocidade de infiltração, possuem menor microporosidade e retêm menos água. No outro extremo, os solos com textura argilosa, cuja velocidade de infiltração é menor, possuem maior microporosidade, o que determina maior armazenamento e retenção de água.

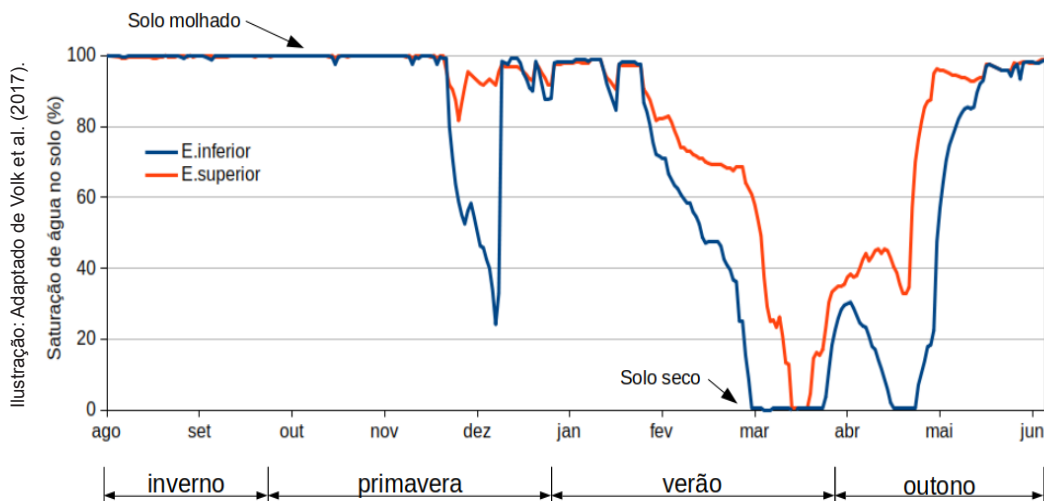
A retenção e o armazenamento da água no solo são funções ecológicas muito importantes. A retenção se refere ao somatório das diferenças das energias (potencial) entre a água no solo e um estado padrão (Reichardt; Timm, 2004). Então, quanto maior é essa diferença de energia (maior potencial), maior é a retenção da água no solo. Em solo não saturado e próximo à superfície, o potencial que mais retém a água no solo é o potencial matricial. Este potencial é o resultado da interação da água com a matriz sólida do solo (principalmente a matéria orgânica e a argila).

O armazenamento se refere à quantidade de água retida no solo. A retenção da água é fortemente relacionada com área superficial específica (ASE) das partículas sólidas do solo, sendo a argila e a matéria orgânica as que possuem maior ASE.

O resultado interessante desse processo é que a matéria orgânica pode aumentar muito a retenção de água em solos arenosos e pode manter ou diminuir um pouco, em solos muito argilosos (Grohmann; Camargo, 1973). Ou seja, é possível modificar (para melhor, obviamente) o armazenamento de água no solo por meio de ações de manejo, por exemplo com práticas que aumentam a matéria orgânica no solo.

Seguindo a mesma lógica da infiltração, o armazenamento e retenção de água têm forte influência da estrutura do solo e, portanto, da vegetação e do seu manejo.

Considerando o que foi apresentado e discutido em relação à Figura 6, pode-se inferir que o sistema radicular das plantas forrageiras e não-forrageiras merece atenção. Pastagens cujo manejo permite o maior desenvolvimento do seu sistema radicular, também permitem maior retenção e armazenamento de água a ser disponibilizada para as plantas. Um exemplo disso é apresentado na Figura 9. Percebe-se que, num período de 300 dias, a área mais pastejada (linha azul) apresentou 46 dias de solo seco entre o verão e outono (período de maior evapotranspiração e maior retenção), enquanto a área menos pastejada (linha vermelha) apresentou apenas 4 dias de solo seco.

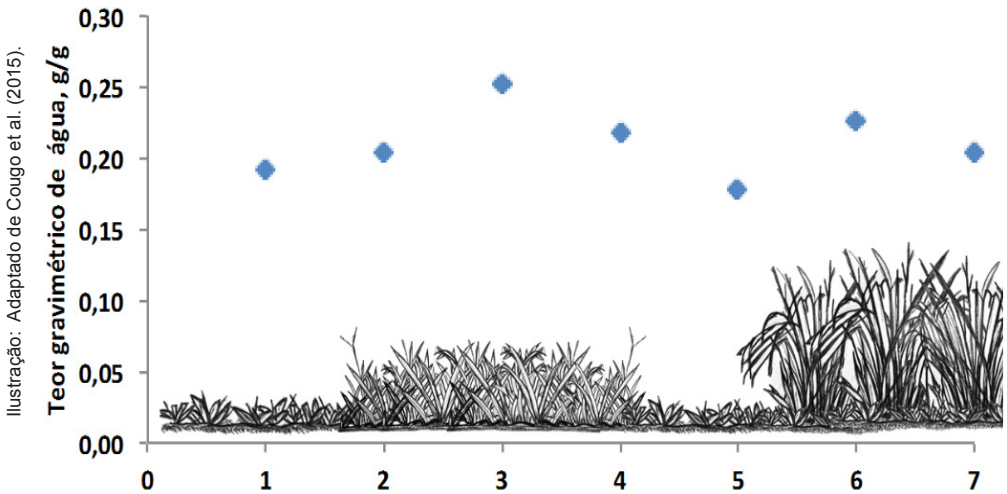


**Figura 9.** Saturação de água no solo a 10 cm de profundidade em área de *Saccharum angustifolium* – macega estaladeira (vegetação pouco pastejada e com sistema radicular mais volumoso – E.superior) e em área com predominância de *Axonopus affinis* – grama tapete (vegetação muito pastejada e com sistema radicular menos volumoso – E.inferior), em Bagé/RS entre agosto de 2014 e junho de 2015.

Essa figura ilustra que o pecuarista que deseja aumentar o armazenamento de água em seu solo e diminuir o risco de perdas com um período de estiagem pode manejar o pastejo dos animais para permitir a ocorrência tanto de áreas pastejadas (preferidas pelos animais), quanto de áreas pouco pastejadas (áreas menos preferidas pelos animais ou de exclusão de pastejo).

Para tal, existem distintas ferramentas à disposição, como o ajuste de oferta de forragem, régua para altura, ajuste de carga, cujos usos variam em função do tipo de pastagem. O mesmo princípio é válido para pastagens pluriespecíficas e para as pastagens naturais (como o campo nativo).

No caso de pastagens naturais, esse tipo de manejo fica ainda mais fácil, pois naturalmente existem plantas que não são pastejadas pelos animais, como exemplificado na Figura 10.



**Figura 10.** Teor de água do solo (de 0 a 10 cm) sob campo nativo em transecta com diferentes estruturas de vegetação (1, 2 e 5 = estrato inferior pastejado; 3 e 4 = estrato inferior não pastejado; 6 e 7 = estrato superior não pastejado).



A Figura 10 mostra que os pontos 3, 4, 6 e 7 armazenam mais água que os pontos 1, 2 e 5. Então, mesmo que não sejam pastejados (e para um olhar desavisado seja uma zona de desperdício de forragem), essa vegetação ajuda no armazenamento de água no solo a ser disponibilizada para as áreas pastejadas, aumentando a reserva de água do potreiro como um todo. Então, em resposta à pergunta feita no início desse item: sim, é possível aumentar a “caixa de água”.

Por fim, uma vez armazenada a água no solo, é nossa vontade que ela seja disponibilizada e acessada pelas plantas, e não ser perdida por evaporação. É desejável que a água saia do solo pelo processo de transpiração, ou seja, passando pela planta. É como colocar uma “tampa” na “caixa de água”.

## Disponibilização e aproveitamento da água do solo pelas plantas

A água que infiltrou e está armazenada no solo não garante o acesso pelas plantas. É necessário ainda permitir que as plantas tenham acesso a ela. Na Figura 1, este processo é representado pelo cano por onde a água sai da caixa de água. Pergunta: é possível aumentar o diâmetro desse “cano”?

As plantas forrageiras absorvem água e nutrientes do solo por meio das raízes. Assim, para uma planta crescer, se desenvolver e produzir, ela necessita que o seu sistema radicular também tenha boas condições para seu crescimento e desenvolvimento. Essa condição permitirá que as raízes se aprofundem no solo e tenham acesso à água e nutrientes.

Como já apresentado (Figura 7), as plantas mantêm uma proporção estável entre seu sistema radicular e seu dossel ou parte aérea, sendo um deles regulado pelo acesso a recursos do outro (Taiz; Zeiger, 2013). Ou seja, se o sistema radicular não tiver acesso à água, ar e nutrientes do solo, ele irá reduzir o crescimento do caule e das folhas da planta. Do mesmo modo, se as folhas da planta não tiverem acesso à luz e ar, isso irá limitar o crescimento das raízes.

O excesso de pastejo limitará o desenvolvimento do dossel das plantas, portanto, limitará o desenvolvimento das raízes também (Figura 11). Vários autores já exemplificaram esse comportamento fisiológico em distintas forrageiras e, essencialmente, quanto mais intenso o pastejo, menor é o desenvolvimento das raízes (Stanton, 1988; Rodrigues; Cadima-Zevallos, 1991; Ryser; Lambers, 1995; Thornton; Millard, 1996; Giacomini et al., 2005). O princípio, portanto, é que o manejo adotado permita, tanto o bom desenvolvimento do dossel da planta (afinal é dele que os animais dependem para sua alimentação), quanto o bom desenvolvimento das raízes. É o crescimento das raízes que permite o acesso à água armazenada no solo.

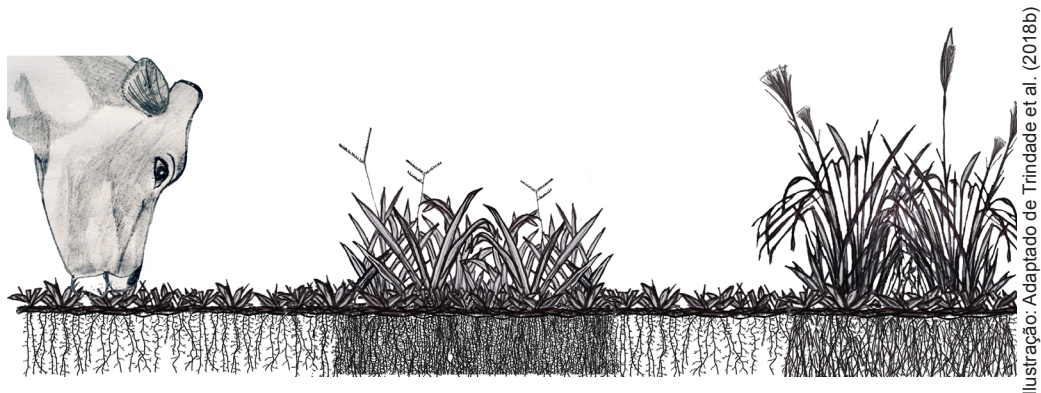


Ilustração: Adaptado de Trindade et al. (2018b)

**Figura 11.** Efeito do pastejo na desfolha e consequente diminuição das raízes.

Utilizando as informações da Figura 10, tendo por base uma umidade do solo de 0,20 gramas de água para cada 1 grama de solo (e densidade de  $1,4 \text{ g dm}^{-3}$ ), se for permitido que as plantas forrageiras aprofundem em 10 cm seu sistema radicular, é o mesmo que disponibilizar **28 litros de água por  $\text{m}^2$** , ou ainda como se fosse aplicada uma irrigação com uma lâmina de  $28 \text{ mm ha}^{-1}$ . No mesmo exemplo, se a umidade do solo for de  $0,25 \text{ g g}^{-1}$  (umidade embaixo das plantas sem pastejo), o aprofundamento das raízes em 10 cm acessará mais **35 litros de água por  $\text{m}^2$**  (equivalente a uma irrigação de  $35 \text{ mm ha}^{-1}$ ).

O entendimento desse processo é chave para o manejo adequado das pastagens cultivadas ou naturais, permitindo a máxima eficiência de uso da água no solo. Então, respondendo à pergunta feita no início desse item: sim, é possível aumentar o “cano” por onde a água sai da caixa de armazenamento.

## Impacto do manejo dos animais no solo e na água

Na pecuária se estabelecem relações complexas, de forma direta e indireta, entre os animais, as plantas e o solo (Figura 12). Algumas dessas relações diretas são óbvias, onde os animais herbívoros se alimentam das plantas, têm o solo como seu piso e ciclam nutrientes via esterco e urina; e organismos e plantas retiram nutrientes e água para seu crescimento e devolvem matéria orgânica, usufruindo e interferindo no solo e nas suas funções.

Nesta relação com o solo, o crescimento das raízes das plantas ganha importância. Já a produção de folhas, ao mesmo tempo que interfere no crescimento das raízes, ajuda na proteção do solo ao excesso de insolação e ao impacto da chuva, refletindo na infiltração, no armazenamento e disponibilização da água.

Na ideia de entender os processos para controlá-los e transformar a realidade, o pecuarista tem papel fundamental. Pelo manejo do pastejo, o pecuarista impõe uma influência muito forte na vegetação (Thornton; Millard, 1996; Carvalho et al., 2009; Trindade et al., 2011). É do entendimento do impacto do pastejo no desenvolvimento das plantas e de suas raízes que vem as premissas do correto manejo das pastagens visando à melhoria do uso da água.

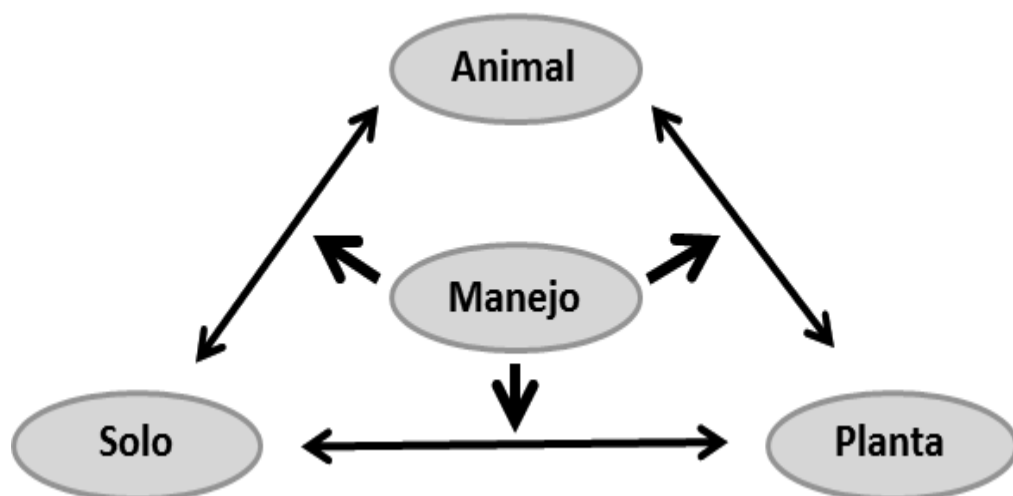


Ilustração: Adaptado de Trindade et al. (2018b)

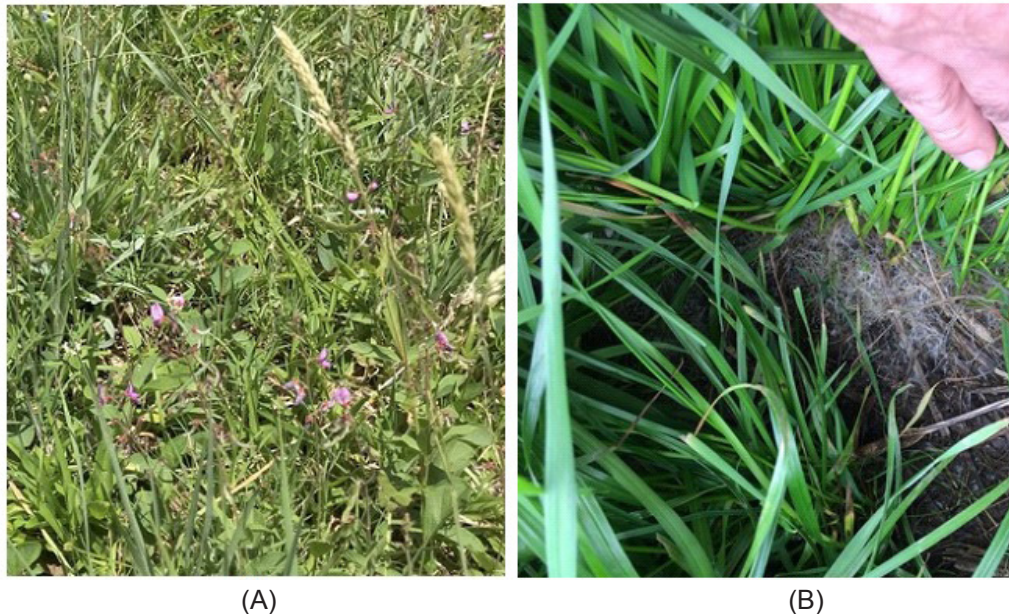
**Figura 12.** Relação solo-planta-animal e o manejo.

## Princípios técnicos de manejos para o uso da água no solo em sistemas pecuários

Na relação solo-planta-animal, o solo tem papel fundamental na mediação de inúmeros processos naturais como suporte para animais e plantas; decomposição e mineralização de nutrientes; fixação biológica de nitrogênio e disponibilização de fósforo orgânico; infiltração e armazenamento de água; troca de gases; entre outros. Consciente disso, é possível interferir positivamente no solo com práticas de manejo que aumentem sua qualidade e melhorem o funcionamento desses processos. O estado das funções ecológicas do solo melhora com a adoção dessas práticas, garantindo, não só a prestação de serviços ecossistêmicos importantes, como também as condições para incrementos produtivos.

Os princípios envolvidos na relação da pecuária com a água do solo são: a) manter a cobertura do solo o ano todo; b) manter e melhorar a estrutura do solo; c) aumentar a biodiversidade do solo pela maior diversidade de plantas forrageiras; d) maximizar a presença de raízes vivas no solo; e e) assumir o manejo do pastejo dos animais.

a) **Manter a cobertura do solo** tem o sentido de manter o solo protegido e a pastagem pronta para receber o rebanho, seu pastejo e pisoteio o ano inteiro. A completa cobertura (seja por resíduos ou palhada, seja pelas plantas forrageiras – Figura 13) evita que o solo fique exposto ao aumento excessivo de temperatura, ao impacto negativo da chuva e danos causados pelo pisoteio dos animais. A temperatura adequada maximiza a atividade de organismos (atividade de decompositores, mineralização e fixação biológica de N, e biodisponibilização de P por fungos micorrízicos), além de manter mais água no solo (evita a perda de água por evaporação). A chuva, quando atinge o solo coberto e protegido por palha ou pelas folhas das plantas chega sem velocidade (menor energia) ao solo e pode infiltrar, sem ocorrer o selamento superficial, a formação de crosta (que limita a germinação e emergência de plântulas), além da perda de solo e nutrientes por erosão.



**Figura 13.** Cobertura do solo em área de campo nativo (A) e em pastagem de azevém sobre palhada de capim sudão (B).

b) **Manter ou melhorar a estruturar o solo** indica conservar ou melhorar sua estrutura pela formação de agregados (Figura 14). A formação de agregados é favorecida pelo desenvolvimento das plantas e dos organismos que ocorrem no solo e na sua rizosfera. Passa a ser desejável a elevada produção de raízes e seu maior aprofundamento, associada com a maior atividade dos organismos.

A boa estruturação é um indicativo do seu estado de saúde e conservação. Bem estruturado, o solo permite maior infiltração e disponibilização de água para as plantas e resiste mais ao pisoteio dos animais, proporcionando melhor “piso”. O preparo mecanizado do solo e o excesso de pisoteio são as principais causas de perda de cobertura e de desestruturação. Minimizar a desestruturação do solo é muito importante para não degradar as funções associadas à sua estrutura.



Foto: Leandro Bochi da Silva Volk

**Figura 14.** Exemplo de solo bem estruturado por raízes vivas.

c) **Aumentar a biodiversidade do solo pelo aumento da diversidade de plantas forrageiras** traz consigo vários benefícios, entre eles o melhor aproveitamento da fertilidade do solo, menor estacionalidade da produção forrageira e maior resiliência a eventos climáticos extremos (falta ou excesso de chuva e geadas, por exemplo). As plantas possuem raízes com estrutura e fisiologia diferentes e com isso acessam nichos distintos do solo, associam-se a diferentes organismos edáficos (Figura 3), liberam diferentes exsudatos e absorvem água e nutrientes de modos diferentes. A maior diversidade pode ser promovida via semeadura (ou por consórcio, ou por sucessão/rotação), no caso de pastagens cultivadas, e pode ser induzida via manejo, no caso de pastagens naturais (campo nativo).

d) **Maximizar a presença de raízes vivas no solo** o tempo todo é o grande diferencial que a pecuária pode ter na conservação do solo. As raízes vivas mantêm os organismos de solo ativos e são eficientes na estruturação, principalmente pelo enredamento dos agregados (Figura 15), e na ciclagem de água e nutrientes. São fortemente associadas ao manejo do pastejo, pois plantas com mais folhas, possuem raízes em maior quantidade e mais profundas (buscando água e nutrientes de maneira mais eficiente). As raízes mortas vão fornecer matéria orgânica ao solo (que também é importante), mas as raízes vivas efetivamente ajudam no seu funcionamento.



Foto: Leandro Bochi da Silva Volk

**Figura 15.** Enredamento dos agregados promovido por raízes vivas.

e) **Assumir o manejo do pastejo dos animais** é a chave para que os outros princípios funcionem, como representado na Figura 11. O grande desafio na pecuária é equilibrar entre o que o gado deve comer e o que a planta necessita para se desenvolver. O pastejo é um distúrbio nas plantas e cabe ao manejador decidir qual o nível de impacto desse distúrbio. O desenvolvimento de novas folhas depende de quantas sobraram. É nesse momento que as ferramentas de manejo (ajuste de carga ou de oferta de forragem, diferimento, pastejo rotativo, roçada, suplementação mineral dos animais) ganham em importância na conservação da água e do solo na pecuária.

## Recomendações finais

A intenção é que todos os princípios elencados sejam considerados toda vez que uma prática de manejo for adotada. O atendimento desses princípios levará à melhoria da qualidade do solo, principalmente aquela relacionada à água no solo.

## Referências

- ALLAIRE, S. E.; GUPTA, S. C.; NIEBER, J.; MONCRIEF, J. F. Role of macropore continuity and tortuosity on solute transport in soils. **Journal of Contaminant Hydrology**, v. 58, n. 3-4, p. 299-321, Oct. 2002.
- ALLAN, J. A. Virtual water – the water, food, and trade nexus useful conceptor misleading metaphor? **Water International**, v. 28, n. 1, mar. 2003.
- ANAND, M. Pattern, process and mechanism - the fundamentals of scientific inquiry applied to vegetation science. **Coenoses**, v. 9, n. 2, p. 81-92, 1994.
- BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. (org.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. v. 7, p. 119-170.
- BODNER, G.; LEITNER, D.; KAUL, H. P. Coarse and fine root plants affect pore size distributions differently. **Plant and Soil**, v. 380, n. 1-2, p. 133-151, Mar. 2014.
- BRANDÃO, V. S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Infiltração da água no solo**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 98 p.
- CARVALHO, P. C. F.; TRINDADE, J. K.; MEZZALIRA, J. C.; POLI, C. H. E. C.; NABINGER, C.; GENRO, T. C. M.; GONDA, H. L. Do bocado ao pastoreio de precisão: compreendendo a interface planta-animal para explorar a multi-funcionalidade das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 109-122, jul. 2009. Suplemento especial.
- COUGO, D. da C.; VOLK, L. B. da S.; TRINDADE, J. P. P. Teor de água no solo em função da estrutura de vegetação de campo nativo. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA PECUÁRIA SUL, 5., 2015, Bagé. **Resumos dos trabalhos...** Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2015. p. 35.
- ECOSYSTEMS and human well-being: synthesis. Washington: Island Press, 2005. 155 p. (Millennium Ecosystem Assessment series).
- GIACOMINI, A. A.; MATTOS, W. T.; MATTOS, H. B.; WERNER, J. C.; CUNHA, E. A.; CARVALHO, D. D. Crescimento de raízes dos capins aruana e tanzânia submetidos a duas doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1109-1120, ago. 2005.
- GROHMANN, F.; CAMARGO, O. A. Influência dos óxidos de ferro livres e da matéria orgânica na adsorção da água pelo solo. **Bragantia**, v. 32, p. 203-222, 1973.
- HILLEL, D. General physical characteristics of soils. In: HILLEL, D. **Fundamentals of soil physics**. San Diego: Academic Press, 1980. p. 6-20.
- HOEKSTRA, A. Y.; HUNG, P. Q. **Virtual water trade**: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Delft: IHE, 2002. 66 p. (Value of water research report series, n. 11).
- HOEKSTRA, A. Y.; MEKONNEN, M. M. The water footprint of humanity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 9, p. 3232, 28 Fev. 2012.
- HORTON, R. E. An approach toward a physical interpretation of infiltration-capacity. **Soil Science Society of America Proceedings**, v. 5, p. 399-417, 1940.
- INTERNATIONAL EXPERT MEETING ON VIRTUAL WATER TRADE, 2002, Delft. **Virtual water trade**: proceedings. Delft: IHE, 2003. 239 p. Editado por A.Y. Hoekstra. (Value of water research report series, n. 12).
- JASKULSKI, G. F.; DUTRA, J. G.; SOARES, T. R.; VOLK, L. B. da S.; TRENTIN, G.; TRINDADE, J. P. P.; PINHEIRO, C. L. Massa seca de raízes de *Paspalum notatum* e *Axonopus argentinus* com três manejos distintos. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA PECUÁRIA SUL, 3., 2013, Bagé. **Resumos...** Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2013. p. 14.
- KARLEN, D. L.; ANDREW S, S. S.; DORAN, J. W. **Soil quality: current concepts and applications**. **Advances in Agronomy**, v. 74, p. 1-40, 2001.
- PESSOA, M. L. Ocorrência de eventos climáticos extremos no Rio Grande do Sul. **Carta de Conjuntura FEE**, v. 20, n. 8, p. 8, ago. 2011.



- PESSOA, M. L. O Rio Grande do Sul corre o risco de enfrentar uma crise hídrica? **Carta de Conjuntura FEE**, v. 24, n. 3, p. 1, mar. 2015.
- PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; MONTEIRO, J. M.; SCHULER, A. E.; VEZZANI, F. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, A. P.; VIANA, J. H. M.; PEDREIRA, B. C. C. G.; MENDES, I. C.; BRAGA, A. R. S.; PARRON, L. M.; CLEMENTE, E. P.; DONAGEMMA, G. K.; TURETTA, A. P. D.; SIMÕES, M. Current overview and potential applications of the soil ecosystem services approach in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1021-1038, set. 2016.
- REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. São Paulo: Manole, 2004. 478 p.
- REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J. A.; GUBIANI, P. I.; KAISER, D. R.; MINELLA, J. P. G.; REINERT, D. J. Hidrologia do solo, disponibilidade de água às plantas e zoneamento agroclimático. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. (org.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. v. 7, p. 1-54.
- RODRIGUES, A. C. G.; CADIMA-ZEVALLOS, A. Efeito da intensidade de pastejo sobre o sistema radicular de pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 3, p. 439-445, mar. 1991.
- RYSER, P.; LAMBERS, H. Root and leaf attributes accounting for the performance of fast and slow-growing grasses at different nutrient supply. **Plant and Soil**, v. 170, p. 251-265, 1995.
- SEYBOLD, C. A.; MAUSBACH, M. J.; KARLEN, D. L.; ROGERS, H. H. Quantification of soil quality. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; FOLLETT, R. F.; STEWART, B. A. (ed.). **Soil processes and the carbon cycle**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 387-404.
- SILVA, M. A. S.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C. B.; MIELNICZUK, J. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 544-552, jun. 2005.
- SILVEIRA, M. C. T.; TRENTIN, G. **Manejo para pastagens irrigadas: fundamentos e recomendações práticas**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2019. 44 p. (Embrapa Pecuária Sul. Documentos, 163).
- STANTON, N. L. The underground in grasslands. **Annual Review on Ecology and Systematics**, v. 19, p. 573-589, 1988.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.
- THORNTON, B.; MILLARD, P. Effects os severity of defoliation on root functioning in grasses. **Journal of Range Management**, v. 49, n. 5, p. 443-447, Sept. 1996.
- TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, v. 33, p. 141-163, 1982.
- TRINDADE, J. P. P.; BORBA, M. F. S.; VOLK, L. B. da S. **Pastejo e a estabilidade de pastagens naturais**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2011. 17 p. (Embrapa Pecuária Sul. Documentos, 125).
- TRINDADE, J. P. P.; ROCHA, D. S. da; VOLK, L. B. da S. **Uso da terra no Rio Grande do Sul: ano de 2017**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2018a. 18 p.
- TRINDADE, J. P. P.; VOLK, L. B. da S.; ROCHA, D. S. da; COELHO, A. **Preservar para produzir: recomendações de manejo para os campos da Campanha, Fronteira Oeste e Missões do Rio Grande do Sul**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2018b. 29 p. (Embrapa Pecuária Sul. Circular técnica, 50).
- VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 743-755, ago. 2009.
- VOLK, L. B. da S.; COGO, N. P. Inter-relação biomassa vegetal subterrânea-estabilidade de agregados-erosão hídrica em solo submetido a diferentes formas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1713-1722, ago. 2008.
- VOLK, L. B. da S.; TRINDADE, J. P. P. **A pecuária e a conservação do solo**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2017. 16 p. (Abc agricultura baixa emissão de carbono).

VOLK, L. B. da S.; TRINDADE, J. P. P.; COELHO, A. A.; QUADROS, F. L. F. Funções ecossistêmicas em vegetação campestre de dupla estrutura acentuada. In: REUNIÓN DEL GRUPO TÉCNICO EN FORRAJERAS DEL CONO SUR, 24., 2017, Tacuarembó. **Bioma Campos**: retomando un camino de oportunidades para una producción ganadera sustentable: memorias. [Tacuarembó]: Inia: Udelar, 2017. p. 106-108.

WEIGELT, A.; WEISSER, W. W.; BUCHMANN, N.; SCHERER-LORENZEN, M. Biodiversity for multifunctional grasslands: equal productivity in high-diversity low-input and low-diversity high-input systems. **Biogeosciences**, v. 6, p. 1695-1706, 2009.

WEIL, R. R.; BRADY, N. C. **The nature and properties of soils**. 15th ed. Columbus: Pearson Prentice Hall, 2016. 1104 p.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosin losses**: a guide to conservation planning. Washington: USDA, 1978. 58 p. (Handbook, 537).

Exemplares desta edição  
podem ser adquiridos na:

**Embrapa Pecuária Sul**

Rodovia BR-153, Km 632,9 Vila Industrial,  
Zona Rural, Caixa Postal 242  
CEP 96401-970, Bagé, RS  
Fone: +55 (53) 3240-4650  
Fax: +55 (53) 3240-4651  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

**1ª edição**

Publicação digitalizada (2020)



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações  
da Unidade Responsável

Presidente

*Fernando Flores Cardoso*

Secretária-Executiva

*Márcia Cristina Teixeira da Silveira*

Membros

*Elisa Köhler Osmari, Gustavo Martins da*

*Silva, Fabiane Pinto Lamego, Graciela Olivella*

*Oliveira, Jorge Luiz Sant'Anna dos Santos,*

*Lisiane Brisolara, Robert Domingues,*

*Sérgio de Oliveira Jüchem*

Supervisão editorial

*Lisiane Bassols Brisolara*

Revisão de texto

*Felipe Rosa*

Normalização bibliográfica

*Graciela Oliveira (CRB 10/1434)*

Projeto gráfico da coleção

*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Edição eletrônica

*Daniela Garcia Collares*

Foto da capa

*Leandro Bochi da Silva Volk*