

OBJETIVOS DE  
DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL

2 FOME ZERO  
E AGRICULTURA  
SUSTENTÁVEL



# MANEJO DA ÁGUA NA PECUÁRIA

*Aplicação de conceitos,  
princípios e práticas para  
racionalizar seu uso*

**Márcia Cristina Teixeira da Silveira**  
**Gustavo Trentin**

*Editores técnicos*

**Embrapa**

# **Manejo da água na pecuária**

Aplicação de conceitos, princípios e práticas para  
racionalizar seu uso



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Pecuária Sul  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

# Manejo da água na pecuária

Aplicação de conceitos, princípios e práticas para  
racionalizar seu uso

*Márcia Cristina Teixeira da Silveira*  
*Gustavo Trentin*

Editores Técnicos

**Embrapa**  
*Brasília, DF*  
2023

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na: Comitê Local de Publicações da Embrapa Pecuária Sul

**Embrapa Pecuária Sul**  
BR 153, km 632,9, Caixa Postal 242  
96.401-970 - Bagé - RS  
Fone/Fax: 55 53 3240-4650  
www.embrapa.br/pecuaria-sul  
cpsul.sac@embrapa.br

Presidente  
*Marcos Flávio Silva Borba*

Secretário-Executivo  
*Gustavo Trentin*

Membros  
*Gustavo Martins da Silva, Graciela Olivella Oliveira, Marco Antonio Karam Lucas, Ana Cristina Mazzocato, João Carlos Pinto Oliveira, Magda Vieira Benavides, Márcia Cristina Teixeira da Silveira, Lisiane Bassols Brisolara*

Suplentes  
*Emanuelle Baldo Gaspar e Jorge Luiz Sant'Anna dos Santos*

Supervisor editorial  
*Gustavo Trentin*

Revisor de texto  
*Fernando Goss*

Projeto gráfico  
*Editora Café Pequeno*

**1ª edição**  
1ª impressão (2023): 1.000 exemplares

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
Embrapa Pecuária Sul

Manejo da água na pecuária : aplicação de conceitos, princípios e práticas para racionalizar seu uso / Márcia Cristina Teixeira da Silveira, Gustavo Trentin, editores técnicos. — Brasília, DF : Embrapa, 2023.  
73 p. : il. color. ; 16 cm x 22 cm.

ISBN 978-65-89957-64-5

1. Água do solo. 2. Manejo de água. 3. Pecuária. I. Título.

CDD (21. ed.) 333.9116

Graciela Olivella Oliveira (CRB-10/1434)

© Embrapa, 2023

## **Autores**

### **Alessandro Pelegrine Minho**

Médico-veterinário, doutor em Ciências na área de Sanidade Animal, pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP

### **Bráulio Maia de Lana Sousa**

Zootecnista, doutor em Zootecnia com ênfase em Pastagem e Forragicultura, professor do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, SE

### **Emanuelle Baldo Gaspar**

Médica-veterinária, doutora em Microbiologia e Imunologia, pesquisadora da Embrapa Pecuária Sul, Bagé, RS

### **Gustavo Trentin**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia com ênfase em Agrometeorologia, pesquisador da Embrapa Pecuária Sul, Bagé, RS

### **Leandro Martins Barbero**

Zootecnista, doutor em Ciência Animal e Pastagens, professor na Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG

### **José Pedro Pereira Trindade**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Pecuária Sul, Bagé, RS

**Leandro Bochi da Silva Volk**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Pecuária Sul, Bagé, RS

**Márcia Cristina Teixeira da Silveira**

Zootecnista, doutora em Zootecnia com ênfase em Pastagem e Forragicultura, pesquisadora da Embrapa Pecuária Sul, Bagé, RS

**Roberto Trentin**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Agrícola, professor na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

**Teresa Cristina Moraes Genro**

Zootecnista, pós-doutora em Ecologia do Pastejo, pesquisadora da Embrapa Pecuária Sul, Bagé, RS

# Apresentação

As contribuições técnicas e inovações geradas pela Embrapa Pecuária Sul convergem para um compromisso fundamental de viabilizar a produção de alimentos saudáveis a partir de sistemas sustentáveis. O foco de atuação territorial do centro de pesquisa abrange as áreas correspondentes aos Campos Sul-brasileiros, localizadas em dois biomas, Mata Atlântica e Pampa, nos quais a pecuária se destaca como atividade econômica e socialmente relevante, mas também como dependente dos recursos naturais disponíveis.

Cresce a consciência de todos os atores nos sistemas agroalimentares de que esses recursos (água, solo, biodiversidade etc.), embora sejam na sua maioria renováveis, são finitos e precisam ser utilizados racionalmente. Não há dúvida de que, dentre eles, a água é o recurso natural mais essencial, sendo o principal diferencial para a existência de vida em nosso planeta.

Os sistemas pecuários, assim como todos os sistemas de produção de alimentos, dependem criticamente da disponibilidade adequada de água para se viabilizarem de forma sustentável. Contudo, diante das variações naturais no tempo e no espaço dos regimes de chuvas, as quais têm perspectiva de agravamento em função das mudanças climáticas, pode-se prever o agravamento da escassez cíclica e recorrente de água, não somente para a produção de alimentos, mas para as atividades humanas em geral, incluindo o próprio abastecimento doméstico.

Neste sentido, é responsabilidade de todos alcançar o melhor uso da água e, dentro do papel que cabe a Embrapa como instituição de pesquisa e inovação agropecuária e especificamente dentro do foco de atuação na Unidade Pecuária Sul, a presente publicação tem por objetivo apontar a importância que o tema merece nos sistemas pecuários e apresentar conhecimentos e

estratégias de manejo que permitem usar a água de modo eficiente, sem desperdícios, mantendo e até melhorando sua qualidade na produção de carne e leite.

Os autores trazem uma visão global das possibilidades que os produtores têm para, ao considerar o ciclo hidrológico, fazer melhor uso da água, de forma que, em vez de exploradora de água, a atividade pecuária predominantemente a pasto seja transformadora deste recurso essencial em alimento, com neutralidade na sua pegada hídrica. Isto é, uma pecuária que também seja 'produtora de água'.

Esperamos que os leitores desfrutem desta publicação e sugerimos que, em caso de interesse adicional no tema abordado ou necessidades de esclarecimentos, realizem o contato com nosso Serviço de Atendimento ao Cidadão (SAC) ou pelo fone (53) 3240-4650. A Embrapa terá o máximo prazer em atendê-lo.

Boa leitura!

Fernando Flores Cardoso  
Chefe-Geral

# Sumário

## **Capítulo 1**

Uma abordagem sobre a água na pecuária.....11

## **Capítulo 2**

Água na atmosfera e sua relação com sistemas pecuários.....16

## **Capítulo 3**

Água no solo em sistemas pecuários.....29

## **Capítulo 4**

Água na planta no contexto da produção animal a pasto..... 41

## **Capítulo 5**

Água na pecuária: requerimento animal e gerenciamento.....56



# Capítulo 1

## Uma abordagem sobre a água na pecuária

Márcia Cristina Teixeira da Silveira  
Leandro Bochi da Silva Volk  
Emanuelle Baldo Gaspar  
Gustavo Trentin

A água é um recurso natural renovável e essencial à existência de vida. Qualquer sistema de produção, como a pecuária e a agricultura, depende da água, assim como do solo e da biodiversidade que sustenta toda vida em nosso planeta. Segundo Moretti (2021), à medida que cresce na sociedade a consciência de que nosso planeta tem recursos finitos, que necessitam ser usados racionalmente e com inteligência, aumenta de maneira proporcional a preocupação com a sustentabilidade. Portanto, é responsabilidade de todos zelar pelo melhor uso da água e dar a devida importância e atenção que o tema merece.

A água circula na natureza de forma contínua nos vários ambientes, como pode ser observado na Figura 1. Nela, estão representados os principais fenômenos relacionados ao ciclo da água no sistema solo-planta-animal-atmosfera e que se relacionam com o que chamamos de pegada hídrica<sup>2</sup>. O termo designa a quantidade de água, direta e indiretamente usada na geração de produto, integrando o ciclo hidrológico nas principais atividades agropecuárias (Hoekstra; Hung, 2002).

A água não é perdida nesse ciclo. De forma natural ela pode passar por transformações, tem o ciclo alterado, ficando mais simples ou mais complexo. É de amplo conhecimento e consenso que todas as atividades humanas interferem nesse ciclo hidrológico. A questão é que a produção agropecuária tem potencial de usar a água de modo eficiente, sem desperdícios, além de manter ou até melhorar sua qualidade ao integrar o ciclo hidrológico.

<sup>2</sup>A abordagem da pegada hídrica fornece informações sobre água consumida e o impacto do produto em quantidade e qualidade de água. Pode ser dividida em três componentes: Pegada de água “azul”, como a água dos rios, lagos e aquíferos, usada para irrigação, para lavar instalações ou equipamentos, para refrigerar os animais. Pegada de água “verde”, como a água usada da precipitação e da água do solo. Pegada de água “cinza” como volume de água usada e, assim, poluída para cada componente de uma cadeia de suprimentos.

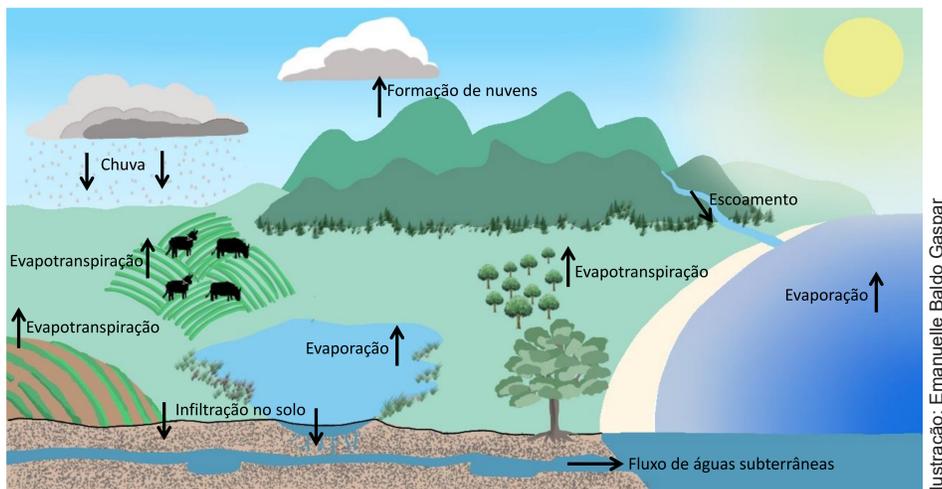


Ilustração: Emanuele Baldo Gaspar

**Figura 1.** Ciclo da água em um ambiente agropecuário. As setas indicam a direção do fluxo da água no ambiente.

Analisando as entradas e saídas de água do sistema representado na Figura 1 é possível pensar que aumentos na eficiência do uso da água podem ser alcançados em diversos componentes do sistema pecuário, como solo, planta e animal. Esta eficiência pode ser entendida como o uso diário de conhecimentos, práticas e tecnologias que possam garantir o fornecimento de água em quantidade e qualidade (Palhares, 2017).

Na condição de recurso natural renovável, a água deve ser conservada para prover a resiliência do sistema de produção pecuária. As pastagens cultivadas ocupam cerca de 2/3 da área agricultável, enquanto os ecossistemas campestres ocupam cerca de 40% da superfície terrestre do nosso planeta, sendo um sistema dependente de recursos naturais, na forma de alimento ou como insumo produtivo. Daí a importância de se conhecer e gerir cada vez melhor os processos que envolvem estes recursos (Barioni et al., 2017). Ademais, o Relatório de Riscos Globais do Fórum Econômico Mundial desde 2008 aponta, junto a um dos maiores fundos de investimento do mundo, que não existe negócio ou setor da economia global que não será afetado por mudanças do clima até 2050 (Moretti, 2021), tanto que uma das métricas que mais tem se destacado no mundo na atualidade é a ESG (Environmental, Social and Governance).

Tal métrica ganha força visto que investidores e acionistas têm demonstrado interesse em ganhos sustentáveis de longo prazo, ao mesmo tempo em que a sociedade e o novo perfil de consumidores clamam para que os produtores trabalhem dentro de uma lógica mais sustentável (Moretti, 2021). Como o produtor, em sua maioria, ainda conta apenas com a remuneração do produto

animal nestes sistemas de produção, é preciso otimizar o manejo para aumentar a produtividade, mas cuidar para não incorrer no erro da “produtividade a qualquer preço” (Nabinger et al., 2017).

Assim, torna-se mais importante considerar, junto ao impacto econômico, o impacto no ambiente, na sociedade e para as próximas gerações do sistema de produção animal que adotamos. É preciso relacionar pontos dentro do sistema de produção com recursos ambientais e outras ciências. Pensando na água, observa-se que ultimamente a discussão sobre pegada hídrica vai ao encontro do que vem sendo desenvolvido para as pegadas ecológica e de carbono, inclusive que já apresentam resultados claros e palpáveis associados ao Plano ABC (Agricultura Baixo Carbono) e agora ao Plano Setorial ABC+. Observa-se que a possibilidade de se criar animais a pasto traz cada vez mais forte a ideia de sustentabilidade dentro de diferentes enfoques.

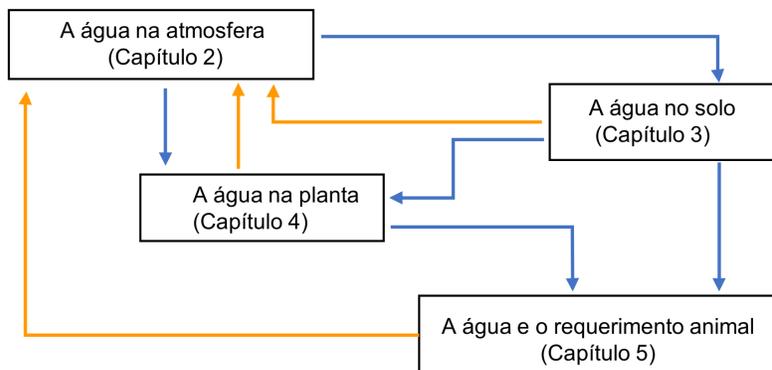
O uso de tecnologias de processos, que nada mais são do que o uso de conhecimentos de forma prática e que são fundamentais para o planejamento e gestão da atividade pecuária, no manejo dos pastos é um dos caminhos para aumentar a produtividade e minimizar os custos ambientais (Nabinger et al., 2017). É possível combinar ganhos em produção e ganhos ambientais, como, por exemplo, maior sequestro de carbono, bem-estar animal, fixação biológica de nitrogênio, manutenção de insetos polinizadores, menores perdas por erosão, menor variação de temperatura, maiores taxas de infiltração e armazenamento de água no solo, menores emissões de metano, e inúmeros outros.

Dentro dessa lógica, nossa abordagem se dará considerando o uso de tecnologias de processo como alternativas de gerenciamento da água em sistemas pecuários. Assim, esperamos demonstrar que apesar da produção animal demandar o uso de água, existem conceitos, princípios e práticas que podem melhorar a eficiência do uso deste recurso.

Ressalta-se que a presente abordagem se aterá à questão do uso das pastagens, mas sem deixar de considerá-las como parte de um sistema mais complexo e diversificado de uso da água. Como alternativas, vamos abordar o uso de conceitos e princípios associados a tecnologias, como plantio direto, sobressemeadura, escolha de época de semeadura, ajuste de carga animal, metas de manejo do pasto via controle de desfolhação, ou seja, tecnologias que impactam grandemente sobre as diferentes etapas do sistema de produção pecuária baseada em pastagem. O uso dessas tecnologias demanda conhecimento de espécies forrageiras, de capacidade de relacioná-las com a distribuição das chuvas, tipo de solo, disponibilidade de água no solo, fertilidade e seu uso para alimentação animal.

Assim, espera-se poder contribuir com a tomada de decisões pelos atores da cadeia produtiva e com a compreensão e conscientização dos leitores quanto aos princípios e processos envolvidos nessa atividade que podem impactar positiva ou negativamente no uso da água.

A abordagem sobre alternativas de manejo que melhorem o uso da água na pecuária será conduzida, de forma didática, em capítulos (Figura 2) que permitirão discutir alguns dos importantes efeitos que o bom manejo pode acarretar ao longo dos níveis ou elos do ecossistema pastagem. Para tanto, serão discutidos e trabalhados princípios que regem o manejo ao mesmo tempo em que serão apresentadas, dentro de cada temática, informações da aplicação desses princípios visando o melhor uso da água no sistema pecuário.



**Figura 2.** Fluxograma de apresentação dos capítulos referentes à abordagem conceitual de alternativas de manejo que melhoram o uso nos diferentes níveis do ecossistema pastagem.

Dentro desta lógica, o leitor poderá analisar que cada sistema de produção necessita de diferentes quantidades de água para o seu funcionamento (Monteiro, 2009). Também verá que o conhecimento das características normais da distribuição da água do local de produção é essencial para o planejamento de todo o sistema (Bergamaschi; Bergonci, 2017), que estará associado a estratégias que visam o armazenamento de água no solo, que por sua vez estará relacionado com o crescimento das plantas, bem como com a necessidade de dessedentação dos animais (Silva et al., 2014).

Ao final, a expectativa é de que o leitor tenha uma visão global das possibilidades para fazer melhor uso da água na pecuária, de forma que a produção não seja vista somente como exploradora de água, mas sim como potencial transformadora deste recurso em alimento, reduzindo os possíveis impactos negativos ao ambiente.

Ressalta-se que este livro não esgota o tema. A intenção é contribuir para a abordagem da relação da água na pecuária, mais especificamente com a produção animal a pasto, uma vez que poucas são as publicações técnicas que hoje se encontram disponíveis com esse enfoque.

A publicação contribui com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 2.4

(ODS 2) contido na agenda 2030, proposta pela Organização das Nações Unidas. Este objetivo visa “garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo”.

## Referências

- BARIONI, L. G.; SILVA, R. de O.; FASIABEN, M. do C. R.; MEDEIROS, S. R. de. Fitting Brazilian livestock production to changes in natural and political environments. In: ANNUAL MEETING OF THE BRAZILIAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 52., 2017, Foz do Iguaçu. **A new view of animal science: challenges and perspectives: proceedings.** Foz do Iguaçu: SBZ: UFPR, 2017. p. 146-163.
- BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I. **As plantas e o clima: princípios e aplicações.** Guaíba: Agrolivros, 2017. 351 p.
- 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. 120 p. (Value of water research report series n. 11). Disponível em: <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report11.pdf>. Acesso em: 10 set. 2017.
- MONTEIRO, J. E. B. A. (org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola.** Brasília, DF: INMET, 2009. 530 p.
- MORETTI, C. Sustentabilidade: uma bússola para a agricultura. **O Estado de S. Paulo**, 18 out. 2021. Opinião. Disponível em: <https://opinioao.estadao.com.br/noticias/espaco-aberto,sustentabilidade-uma-bussola-para-a-agricultura,70003868694>. Acesso em: 25 out. 2021.
- NABINGER, C.; OLIVEIRA, L. V.; COSTA, J. L. B. Sistemas de produção animal a pasto e sustentabilidade socioambiental. In: ANNUAL MEETING OF THE BRAZILIAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 52., 2017, Foz do Iguaçu. **A new view of animal science: challenges and perspectives: proceedings.** Foz do Iguaçu: SBZ: UFPR, 2017. p. 211-220.
- PALHARES, J. C. P. Water footprint and nutrient efficiency in swine and poultry. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 54., 2017, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Foz do Iguaçu: SBZ, 2017. p. 256-269.
- SILVA, G. M. da; REIS, L. L. dos; UHDE, L. T.; TRENTIN, G. **Impactos da estiagem em uma unidade de produção com pecuária de leite na região noroeste do Rio Grande do Sul.** Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2014. 27 p. (Embrapa Pecuária Sul. Documentos, 139).

## Capítulo 2

# Água na atmosfera e sua relação com sistemas pecuários

Gustavo Trentin

Roberto Trentin

O sistema atmosférico tem um papel muito importante para a distribuição da água para a superfície terrestre através do ciclo hidrológico. A disponibilidade de radiação solar e de água influencia diretamente na formação dos diferentes climas do mundo (Allen et al., 2006).

Os diferentes ambientes advindos da diversidade de climas geram oportunidades para produção agrícola, florestal e de forrageiras para a pecuária, além da integração dos sistemas de produção (Bergamaschi; Bergonci, 2017). Cada sistema de produção necessita de diferentes quantidades de água para o seu desenvolvimento (Monteiro, 2009). Assim, o conhecimento das características normais da distribuição da água do local de produção é essencial para o planejamento de todo o sistema (Bergamaschi; Bergonci, 2017), ou seja, para seu armazenamento no solo, para o crescimento das plantas da pastagem, bem como para a dessedentação dos animais (Silva et al., 2014), temas estes que serão melhor detalhados a longo deste livro.

A saída de água armazenada nos solos dos sistemas agropecuários é influenciada, principalmente, pela combinação das variáveis atmosféricas: radiação solar, temperatura do ar, vento e umidade do ar. Essas variáveis são influenciadas pelo local (latitude, continentalidade e altitude do local) e pela época do ano (Heldwein et al., 2009).

A disponibilidade de radiação solar varia conforme a latitude de um local. Por exemplo: próximo da linha do equador (latitude = 0°) a quantidade de radiação solar é pouco variável durante os meses do ano, enquanto em latitudes a Sul, mais afastadas da linha do equador, a disponibilidade de radiação solar é bastante variável ao longo do ano, sendo menor nos meses de junho/julho e maior nos meses de dezembro/janeiro (Bergamaschi; Bergonci, 2017).

A radiação solar é o principal elemento meteorológico que influencia a evaporação e/ou evapotranspiração da água pelas espécies no ambiente. A radiação solar possui variabilidade durante o ano tanto na intensidade como na duração. O movimento de translação é o movimento que a Terra efetua em torno do Sol, esse movimento, associado à inclinação do planeta, condiciona uma

diferente exposição à radiação solar ao longo do ano (Bergamaschi; Bergonci, 2017). Deste modo, no hemisfério Sul durante o período do verão (dezembro-março) há uma maior duração do dia e uma maior disponibilidade de radiação solar. Por outro lado, no hemisfério Norte que está na estação de inverno, a duração e a quantidade da radiação solar é menor (Bergamaschi; Bergonci, 2017).

Para exemplificar a variabilidade da quantidade de radiação solar que chega na superfície em dias sem nuvens utilizaremos os dados de radiação solar da estação do INMET instalada na Embrapa Pecuária Sul, em Bagé, RS (31°20'S, 54°00'W, 226 metros de altitude). No ano de 2019, no primeiro dia sem nuvens após o início de cada estação do ano, foram selecionados os dias 21/março, 26/junho, 22/setembro e 23/dezembro. Nesses dias, a quantidade de radiação solar registrada foi de 25,7; 11,7; 25,3 e 35,3 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, respectivamente.

A declinação solar é o fator que influencia na duração do dia. Por exemplo: para a latitude 31°S a duração do dia varia ao longo do ano de valores próximos de 14 a 10 horas, para o verão e o inverno, respectivamente. A quantidade de radiação no verão é aproximadamente três vezes superior a quantidade de radiação que chega no inverno na região da Campanha Gaúcha. Já no início do outono ou primavera a duração do dia é de aproximadamente 12 horas e a radiação solar permanece próxima de 25 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>.

A variação da radiação solar durante o ano influencia a temperatura do ar, assim, com o aumento da disponibilidade de radiação solar a temperatura do ar se eleva e favorece a aceleração dos processos fisiológicos das plantas que ocasionam um maior crescimento, mas também um aumento do consumo de água por elas (Silveira; Trentin, 2019).

Como exemplo podemos utilizar o capim-sudão BRS Estribo, que é uma espécie anual de verão, a qual o crescimento da planta aumenta com o aumento de temperatura até um limite de 34 °C (Silveira et al., 2015). Nesta condição de temperatura a planta paralisa o seu crescimento devido ao estresse térmico gerado pela temperatura elevada. Nos períodos com baixa disponibilidade de radiação solar e com temperaturas abaixo de 15 °C também há a redução no consumo de água do capim-sudão, mas para espécies que se desenvolvem em períodos frios do ano, como é o caso do azevém, essas temperaturas amenas favorecem o seu crescimento.

A umidade relativa do ar é influenciada pela temperatura do ar. Quanto maior for a temperatura, menor será a umidade relativa devido ao aumento da capacidade do ar em conter vapor d'água. No período do inverno na região Sul do Brasil os valores de umidade relativa do ar são os maiores, enquanto que no verão esses valores são menores. A umidade influencia diretamente na evapotranspiração da água das plantas para a atmosfera. Com o aumento da umidade do ar a evapotranspiração diminui. Quando ocorrem momentos com umidade relativa do

ar próxima de 100% a evapotranspiração tende a zero devido a saturação do ar, ou seja, não é possível a água sair da planta para a atmosfera (Carlesso et al., 2007). Em períodos sem chuvas geralmente a umidade relativa do ar é baixa, facilitando a saída de água da planta para a atmosfera.

A velocidade do vento é um importante elemento para a retirada da umidade do ambiente. No entanto, velocidades de vento elevadas provocam estresse e danos nas plantas (Allen et al., 2006).

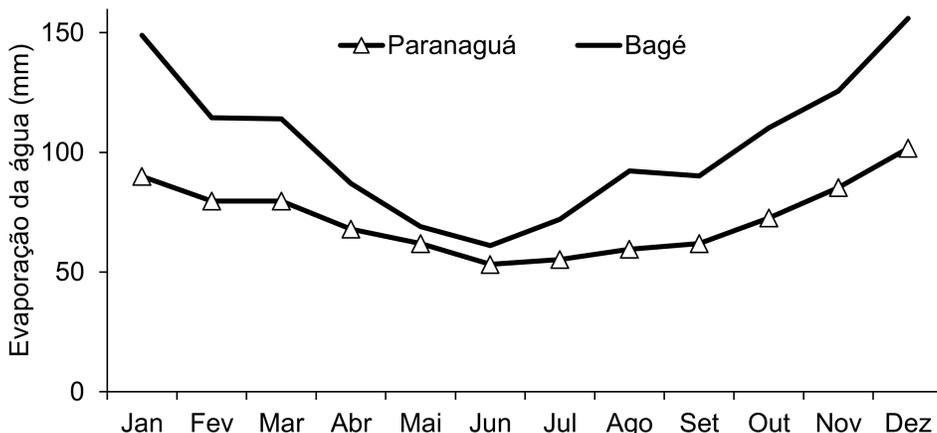
Os principais processos de saída de água dos ambientes produtivos são a evaporação e a evapotranspiração (Allen et al., 2006). A evaporação da água ocorre em ambientes com água livre em superfície como lagos, rios, oceanos e solos com umidade em superfície (Atlas..., 2017). Enquanto a evapotranspiração ocorre em ambientes com presença de vegetais, como por exemplo, pastagens, arbustos e árvores.

A evaporação em um local é dependente da variabilidade diária, principalmente dos elementos meteorológicos: radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento (Bergamaschi; Bergonci, 2017). Na Figura 3 observamos a variação das normais climatológicas para o período de 1981 a 2010 da evaporação média mensal nos municípios de Paranaguá-PR (25°S), que é um município próximo ao litoral e Bagé-RS (31°S) (Instituto..., 2021), que é um município com maior continentalidade e com diferença de seis graus de latitude.

O aumento da continentalidade e o aumento da latitude influenciam no aumento da amplitude da evaporação durante o ano. Por exemplo, para os valores mínimos e máximos foram: 53,2 e 101,7 mm mensais para Paranaguá; enquanto que para Bagé foram: 61,0 e 156,0 mm. A maior demanda de evaporação que ocorre nos meses de verão e primavera reduz os estoques de água que ocorreram nos meses de outono e inverno, quando a perda de água para atmosfera é menor e favorece o armazenamento de água no solo, barragens e açudes.

A evapotranspiração é um processo biofísico dependente das condições atmosféricas locais e da biologia da planta que controla a saída de água através da transpiração (Bergamaschi; Bergonci, 2017). Com a transpiração há a liberação de água para atmosfera permitindo, assim, a regulação da temperatura da planta e o ao mesmo tempo a entrada do gás carbônico necessário para processo fotossintético, após a liberação de oxigênio para a atmosfera.

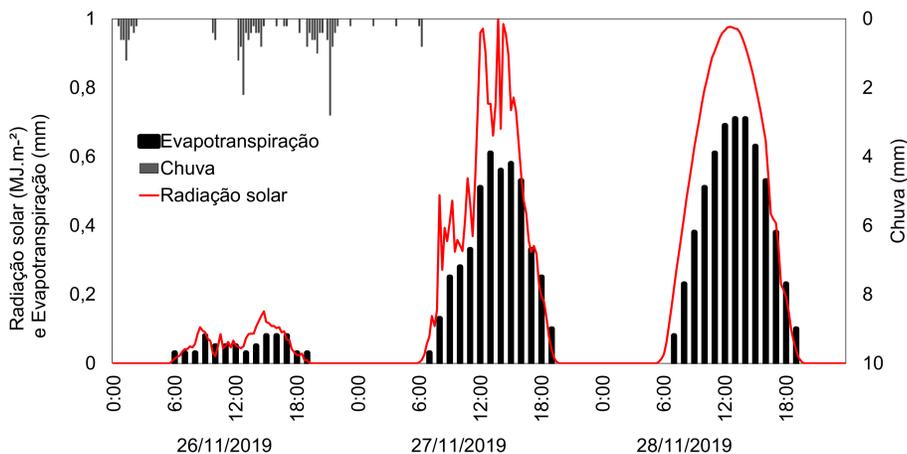
A presença de estômatos nas folhas controla a saída de água e as trocas dos gases carbônico e oxigênio. Em situações de estresse térmico ou hídrico, as plantas podem fechar os estômatos impedindo a saída de água da planta, para manutenção da sua hidratação (Medrano Gil et al., 2007). Quando as necessidades das plantas estão supridas e a superfície de folhas está cobrindo toda a superfície do solo, a vegetação está com a sua evapotranspiração potencial (Silveira; Trentin, 2019).



**Figura 3.** Evaporação da água normal (médias mensais) para o período de 1981 a 2010 para os municípios de Paranaguá-PR (latitude aproximada 25°S) e Bagé-RS (latitude aproximada 31°S).

Para exemplificar a evapotranspiração potencial, na Figura 4 selecionamos três dias consecutivos do período da primavera: nublado com chuva, nublado com garoas e sem nuvens. No dia nublado com chuva a evapotranspiração potencial horária foi inferior a 0,1 mm. O dia nublado com garoas, no decorrer do dia, apresentou momentos com maior presença de radiação solar e o valor máximo horário foi de 0,6 mm, enquanto no dia sem nuvens chegou a 0,7 mm no intervalo de uma hora. A variação dos elementos meteorológicos durante o dia proporcionou uma evapotranspiração potencial de 0,7, 4,5 e 5,8 mm, no dia nublado com chuva, nublado com garoas e sem nuvens, respectivamente. Além disso, podemos observar na Figura 4 que a redução da radiação solar que chega na superfície terrestre em momentos de chuva ou com a presença de nuvens afeta a evapotranspiração potencial.

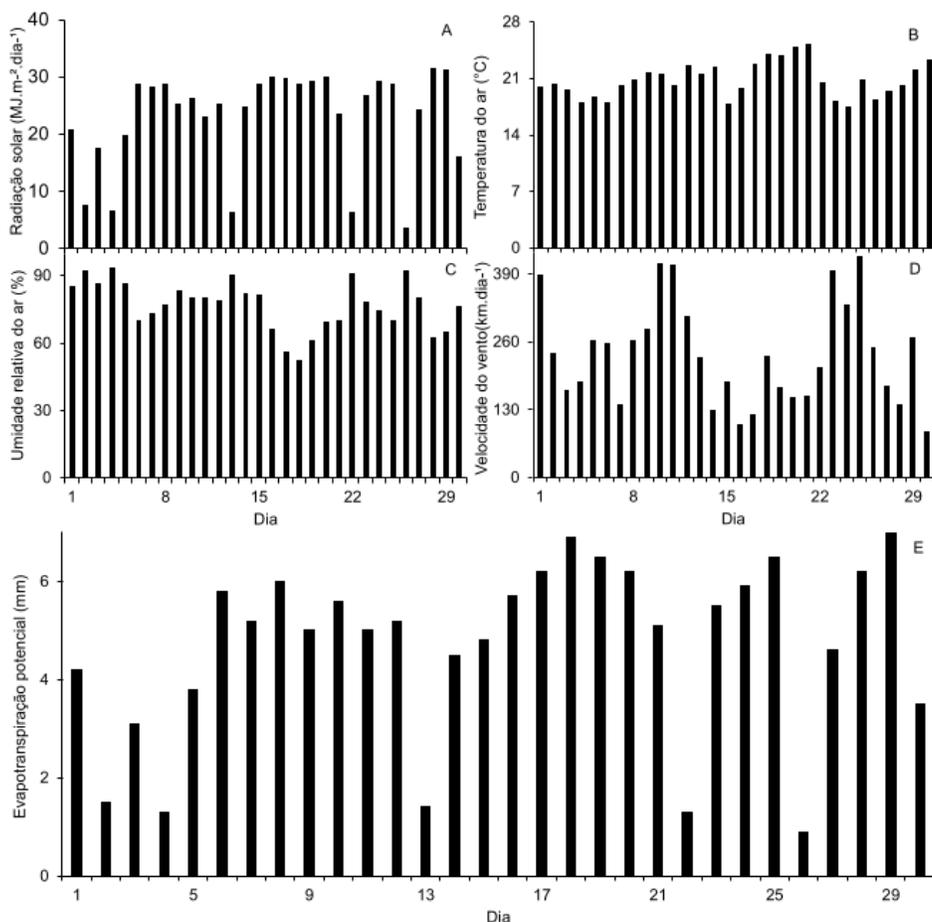
Nos dados apresentados, no dia nublado com chuva a evapotranspiração foi de apenas 12% do dia sem nuvens, e considerando somente o intervalo das 13 às 14 horas do dia sem nuvens, ocorreu uma evapotranspiração superior ao dia chuvoso inteiro. Assim, observa-se que a presença de chuva no período noturno tem pouco efeito na evapotranspiração potencial, enquanto a chuva no período diurno reduz a radiação solar e, conseqüentemente, a evapotranspiração das plantas e o seu crescimento (Carlesso et al., 2007).



**Figura 4.** Radiação solar, evapotranspiração e chuva para dias: nublado com chuva, nublado com garoas e sem nuvens para o período de 26 a 28/11/2019. Os dados foram obtidos na Estação Agrometeorológica da Embrapa Pecuária Sul no município de Bagé-RS.

Na Figura 5 estão apresentados os dados diários dos elementos meteorológicos de radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento, além da evapotranspiração para o mês de novembro de 2019. Nos dias com ocorrência de chuva durante o período diurno a radiação solar foi inferior a  $10 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  (dias 2, 4, 13, 22 e 26/11/2019). Nestes dias a evapotranspiração potencial diária foi inferior a 1,6 mm. Por outro lado, nos dias sem nuvens os valores de radiação chegaram próximos a  $30 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  e a evapotranspiração diária foi superior a 5 mm. Além do mais, a combinação dos elementos meteorológicos pode promover que o dia com a maior evapotranspiração do mês não seja o dia com maior radiação solar. Isso ocorreu, por exemplo, no dia 29/11/2019, quando a segunda maior radiação solar diária, a nona maior temperatura, a quinta menor umidade relativa do ar e a nona maior velocidade do vento ocasionaram um acumulado diário de 7,0 mm de evapotranspiração potencial.

Na Figura 6 são apresentados os valores de chuva e evapotranspiração diária para o mês de novembro de 2019 para o município de Bagé. A presença da chuva no período diurno impactou diretamente na redução da evapotranspiração. Os valores de evapotranspiração permaneceram próximos de 5 mm por dia, mas com a presença da chuva nos dias 2, 4, 13, 22 e 26/11/2019 os valores apresentaram variação de 0,9 a 1,5 mm por dia. No final do mês a saída de água do sistema foi de 140,2 mm pela evapotranspiração, enquanto a entrada de água através da chuva foi de 119,4 mm. Esse déficit pode ser suprido pela água que está armazenada no solo.

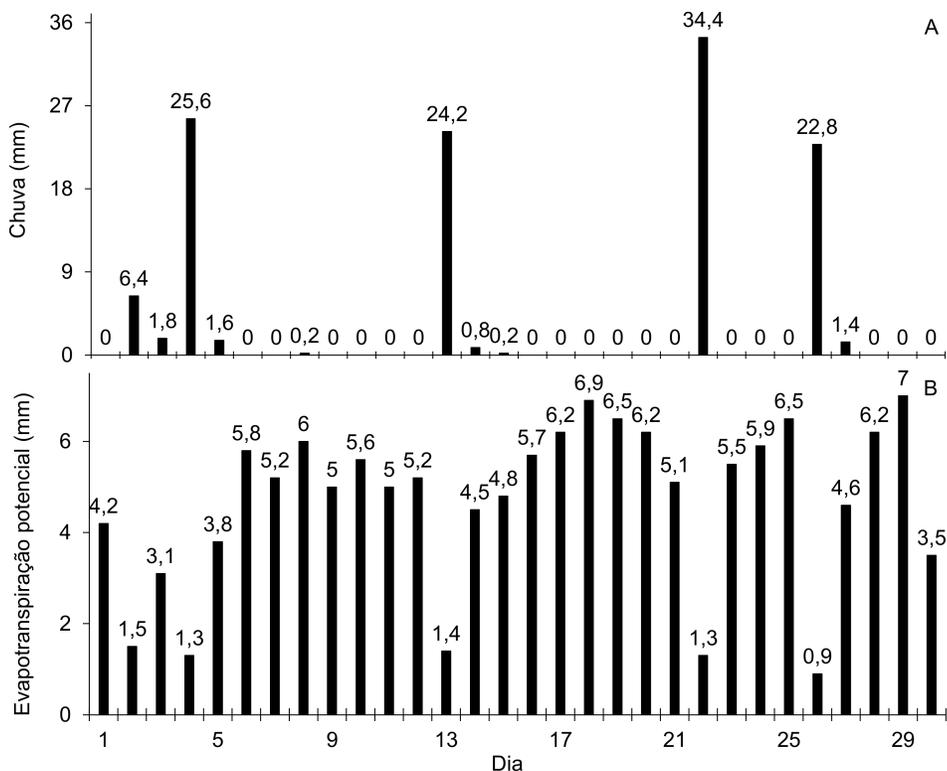


**Figura 5.** Radiação solar (A), temperatura do ar (B), umidade relativa do ar (C), velocidade do vento (D) evapotranspiração potencial, (E) diária para o mês de novembro de 2019. Os dados foram obtidos na Estação Agrometeorológica da Embrapa Pecuária Sul no município de Bagé-RS.

A evapotranspiração potencial também é variável entre os meses (Monteiro, 2009). Os menores valores da região Sul do Brasil frequentemente ocorrem entre maio e agosto e os maiores valores entre novembro e fevereiro (Instituto..., 2021).

Os fatores meteorológicos influenciam diretamente na evapotranspiração. Para apresentar a variação mensal da evapotranspiração dentro do período de um ano, na Figura 7 foram selecionados dados de evapotranspiração do ano de 2016 em Bagé-RS. A evapotranspiração potencial do mês de maio foi de 30,1 mm, enquanto para dezembro do mesmo ano chegou a 153 mm. A redução

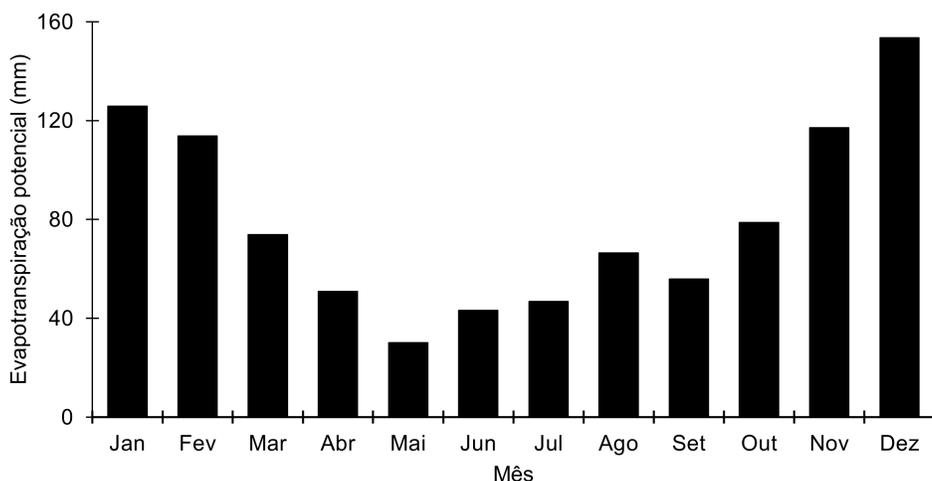
da evapotranspiração no período de outono e inverno auxilia no aumento de água disponível no solo para o período do inverno e no excedente para o armazenamento de água em açudes.



**Figura 6.** Chuva (A) e evapotranspiração potencial diária (B) para o mês de novembro de 2019 para o município de Bagé-RS. Os dados foram obtidos na Estação Agrometeorológica da Embrapa Pecuária Sul.

Quando uma forrageira é sobressemeada em uma área com outras plantas já estabelecidas e em crescimento ativo, a competição pela água pode inviabilizar o estabelecimento das mesmas se houver limitação na disponibilidade hídrica para essas plantas em estabelecimento. De maneira geral, a expectativa é que a diminuição da evapotranspiração que ocorre neste período e a distribuição de chuvas que ocorre em todos os meses do ano, no caso da região Sul do Brasil, favoreçam o acúmulo de água no solo e proporcionem o desenvolvimento do novo pasto, mas é importante observar e melhor planejar ações como a de sobressemeadura ou plantio.

Como o período adequado para a realização da sementeira das pastagens cultivadas de inverno e de verão é curto, para o planejamento os produtores precisam estar atentos às informações meteorológicas no intuito de evitar os corriqueiros problemas de excesso ou falta de umidade do solo, visto que esta é uma realidade da região. Logo, é preciso se organizar e tomar as melhores decisões no intuito de garantir o estabelecimento dos pastos nas mudanças de estação. Inclusive como forma de reduzir os períodos de vazio forrageiro, tão comuns.



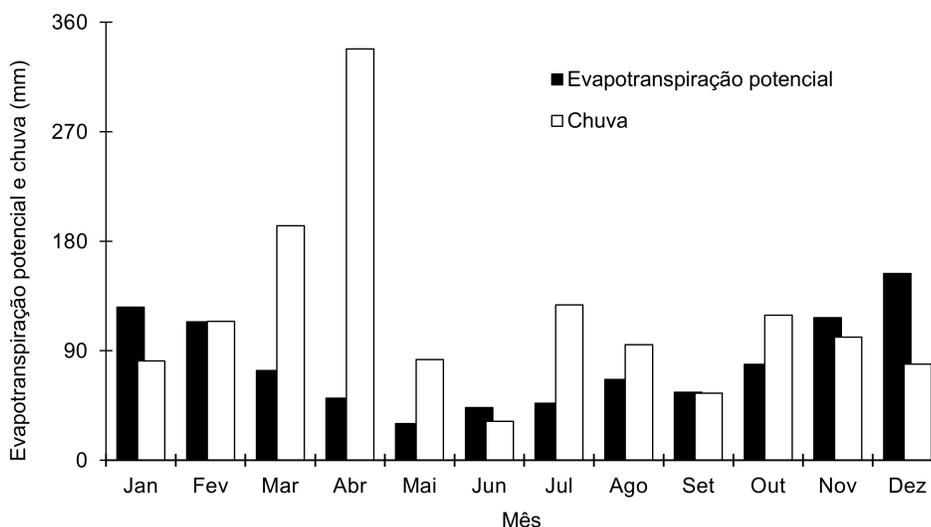
**Figura 7.** Evapotranspiração mensal para o ano de 2016 para o município de Bagé. Os dados foram obtidos na Estação Agrometeorológica da Embrapa Pecuária Sul.

Nos períodos de verão a evapotranspiração elevada ocasiona a redução da água armazenada no solo (Leivas et al., 2006; Silva et al., 2008; Trentin, 2013). Após o estabelecimento dos cultivos, a elevada evapotranspiração frequentemente gera períodos de estresse hídrico, diminuindo o potencial de crescimento das plantas (Trentin, 2013) ao mesmo tempo em que normalmente se observa aumento de consumo de água pelos animais. Entretanto, no período de inverno o que frequentemente ocorre é o encharcamento do solo.

Vale a pena ressaltar que as características climáticas das regiões do Brasil influenciam diretamente na escolha das espécies forrageiras e nas recomendações técnicas (Monteiro, 2009). Por exemplo, ao contrário do que foi descrito para a região Sul, onde as chuvas tendem a ser distribuídas ao longo do ano (Instituto..., 2021), na região Sudeste as chuvas se concentram de outubro a março e no período de abril a setembro diminuem drasticamente (Minuzzi

et al., 2006), quando é chamado de período das secas. Para esta região é importante buscar por espécies forrageiras que entrem no outono com razoável produção e algumas estratégias como redução na carga animal, suplementação e diferimento passam a ser importantes.

Na Figura 8 são apresentados os valores de chuva (entrada de água) e evapotranspiração (saída de água) para os meses do ano de 2016 para Bagé-RS. A característica de ocorrência das chuvas normal (média de um período de 30 anos) na região da Campanha varia de 102,6 mm (março) a 161,3 mm (abril) ao longo de todos os meses do ano (Instituto..., 2021). No entanto, quando observamos os dados de chuva em escala mensal dentro de um ano específico, a ocorrência de eventos atmosféricos pode provocar a distribuição de água de maneira desequilibrada como foi o caso do mês de abril de 2016.

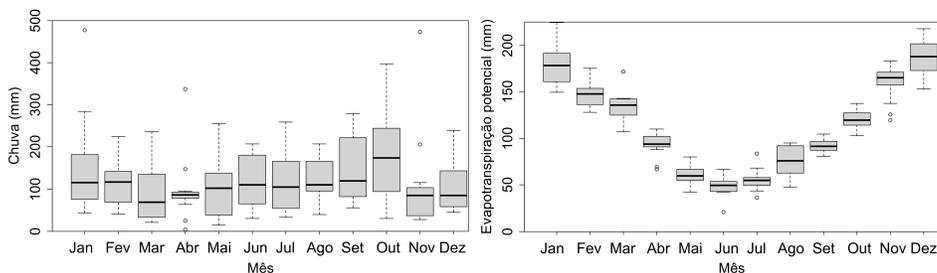


**Figura 8.** Evapotranspiração e chuva mensal para o ano de 2016 para o município de Bagé. Os dados foram obtidos na Estação Agrometeorológica da Embrapa Pecuária Sul.

Para entender a variabilidade da chuva durante os meses do ano em um período de tempo, a Figura 9 apresenta um período de 14 anos de dados mensais de chuva para o município de Bagé-RS. A mediana é a linha que está no centro dos retângulos mensais, enquanto os dados que estão acima ou abaixo da mediana são representados pelas linhas pontilhadas. Os desvios da mediana e os valores extremos são maiores para a chuva do que para a evapotranspiração potencial.

Para exemplificar numericamente o período entre 2007 e 2020, escolhemos o mês de janeiro (Figura 9). As variáveis estatísticas observadas serão: mínimo, mediana e máximo. Os valores de chuva foram: 52,4, 115,0 e 478,0 mm, já os valores de evapotranspiração potencial foram: 149,6, 178,1 e 224,6 mm.

Em um trabalho utilizando um banco de dados de 36 anos, Silva et al. (2007) observaram que a chuva é variável entre os meses e os anos. Enquanto para a evapotranspiração, a variação dentro do mesmo mês é menor, conforme pode ser observado na Figura 9. No período do verão, como a demanda de água para evapotranspiração (Figura 9B) é superior à quantidade de água disponibilizada pelas chuvas (Figura 9A), observa-se frequentemente deficiências hídricas para as plantas em um período do crescimento (Berlato et al., 2005; Bergamaschi; Bergonci, 2017). Nesta região não existe um período com características de secas, mas frequentemente ocorrem estiagens, que é um estágio anterior às secas (Svoboda; Fuchs, 2016). A variabilidade das chuvas é influenciada por fenômenos atmosféricos oceânicos como o El Niño e La Niña (Grimm, 2003; Berlato et al., 2005).



**Figura 9.** Chuva (A) e evapotranspiração potencial (B) nos meses do ano para Bagé, no Rio Grande do Sul, de janeiro de 2007 a dezembro de 2020. Os dados foram obtidos na Estação Agrometeorológica da Embrapa Pecuária Sul.

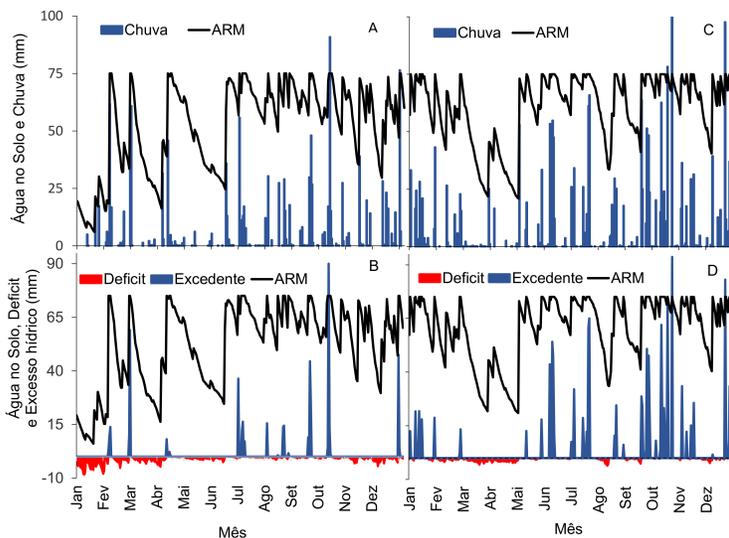
A água utilizada pelas plantas é proveniente da água disponível no solo. Após a ocorrência de uma chuva a água pode infiltrar ou escoar sobre o solo (Volk; Trindade, 2020). A água escoada é direcionada aos rios, lagos, açudes e barragens. Enquanto a água que infiltra é armazenada no solo e utilizada pela planta para realizar os processos fisiológicos de crescimento, sendo perdida para atmosfera por meio da transpiração (Volk; Trindade, 2020). No período vegetativo as pastagens toleram pequenos déficits hídricos. No entanto, períodos de estiagens longos provocam a redução da produção de forragem e consequente perda do ganho de peso animal (Silva et al., 2014).

Assim, a distribuição do sistema radicular das pastagens, a quantidade de raízes e a capacidade de armazenamento de água do solo influenciam na

água disponível nos solos para as pastagens (Volk; Trindade, 2020), sendo que informações mais detalhadas podem ser consultadas no capítulo sobre a água no solo.

Um exemplo de como a água disponível para a planta é dependente da distribuição das chuvas pode ser observado na Figura 10, que busca representar um solo com capacidade de armazenamento de 75 mm. A distribuição e quantidade da chuva no ano de 2012 (Figura 10A) foram menores no primeiro semestre que no ano de 2015 (Figura 10B) para o mesmo período em Bagé-RS.

O período do verão de 2012 foi influenciado pelo fenômeno La Niña, reduzindo a água disponível nos solos na Campanha Gaúcha. Já a primavera de 2015 ocorreu em condições de excesso de chuva associado ao fenômeno El Niño provocando, assim, o excesso de água no solo. Como no período de outubro e novembro na região da Campanha Gaúcha, geralmente são realizadas as semeaduras de espécies de verão, com o excesso de chuva registrado na primavera de 2015 foi comum o relato de produtores quanto a dificuldade na instalação dos cultivos, atrasos e/ou necessidade de replantio. Por outro lado, nos anos de ocorrência de La Niña há a diminuição de chuvas neste período, o que também pode comprometer a implantação de pastagens e lavouras.



**Figura 10.** Água no solo diária (A, B, C, D), chuva diária (A, C) Déficit e Excesso hídrico diário (B, D) para os anos de 2012 (A, B) e 2015 (C, D) para um solo com capacidade de armazenamento de 75 mm durante os meses dos anos para Bagé, no Rio Grande do Sul. ARM = Armazenamento de água no solo (mm).

A maioria das plantas forrageiras cresce em solos com no mínimo uma pequena quantidade de oxigênio no solo. Desta forma, as plantas podem apresentar um crescimento mínimo ou nulo no momento que os solos se encontram inundados como pode ser observado pelo excesso hídrico no mês de outubro de 2015 (Figura 10D). Dentro desta lógica, o desejável seria que a distribuição das chuvas fosse mais uniforme durante um período de crescimento no intuito de potencializar o crescimento das pastagens e garantir também a oferta de água para o consumo dos animais. Como esta situação ótima é um pouco utópica, diante do conteúdo apresentado fica evidente a importância do acompanhamento e uso, por parte de produtores e técnicos, das previsões climáticas no dia a dia da propriedade para melhor uso da água em sistemas de produção animal a pasto.

### Considerações finais

Diante do exposto, como recomendação prática, ressalta-se a importância do acompanhamento das informações/previsões meteorológicas no sentido de melhor orientar a tomada de decisão, principalmente quanto a um momento crítico que é o de estabelecimento das pastagens. A não observância e uso dessas informações contribuem para o aumento dos riscos na atividade pela redução das janelas de plantio e uso das pastagens na região, inclusive impactando nos períodos de vazio forrageiro. Logo, é preciso conhecer as previsões e tendências climáticas futuras para viabilizar o planejamento e buscar alternativas que possam minimizar este tipo de situação de risco ao mesmo tempo em que possa se fazer o melhor uso da água naturalmente disponível.

## Referências

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2006. 299 p. (Estudio FAO riego y drenaje, 56).
- ATLAS irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Brasília, DF: Agência Nacional de Águas, 2017. 86 p. Disponível em: <http://atlasirrigacao.ana.gov.br>. Acesso em: 21 jan. 2021.
- BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I. **As plantas e o clima: princípios e aplicações**. Guaíba: Agrolivros, 2017. 351 p..
- BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 5, p. 423-432, maio 2005.
- CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; ROSA, G. M. da; HELDWEIN, A. B. **Usos e benefícios da coleta automática de dados meteorológicos na agricultura**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2007. 170 p.

GRIMM, A. M. The El Niño impact on the summer monsoon in Brazil: regional processes versus remote influences. **Journal of Climate**, v. 16, n. 3, p. 263-280, Jan. 2003.

HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria. **Revista Ciência Ambiente**, v. 38, p. 43-58, jan./jun. 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas do Brasil: 1981-2010**. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 25 fev. 2021.

LEIVAS, J. F.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Risco de deficiência hídrica decendial na metade sul do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 397-407, jun. 2006.

MEDRANO GIL, H.; BOTA SALORT, J.; CIFRE LLOMPART, J.; FLEXAS SANS, J.; RIBAS CARBÓ, M.; GULÍAS LEÓN, J. Eficiencia en el uso del agua por las plantas. **Investigaciones Geográficas**, n. 43, p. 63-84, 2007. DOI: <https://doi.org/10.14198/INGEO2007.43.04>

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; BARBOSA, E. da M.; de MELO JÚNIOR, J. C. F.; CATALUNHA, M. J. Estudo climático do comportamento do período chuvoso no Estado de Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 53, n. 306, p. 266-275, 2006.

MONTEIRO, J. E. B. A. (org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET, 2009. 530 p.

SILVA, G. M. da; REIS, L. L. dos; UHDE, L. T.; TRENTIN, G. **Impactos da estiagem em uma unidade de produção com pecuária de leite na região noroeste do Rio Grande do Sul**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2014. 27 p. (Embrapa Pecuária Sul. Documentos, 139).

SILVA, J. C. da; HELDWEIN, A. B.; MARTINS, F. B.; TRENTIN, G.; GRIMM, E. L. Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 67-72, fev. 2007.

SILVA, J. C. da; HELDWEIN, A. B.; TRENTIN, G.; STRECK, N. A.; MARTINS, F. B. Funções de distribuição de probabilidade decendial e mensal para a deficiência hídrica no solo. **Ciência Rural**, v. 38, n. 7, p. 1893-1899, out. 2008.

SILVEIRA, M. C. T. da; SANT'ANNA, D. M.; MONTARDO, D. P.; TRENTIN, G. **Aspectos relativos a implantação e manejo de capim-sudão BRS Estribo**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2015. 11 p. (Embrapa Pecuária Sul. Comunicado técnico, 89).

SILVEIRA, M. C. T. da; TRENTIN, G. **Manejo para pastagens irrigadas: fundamentos e recomendações práticas**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2019. 44 p. (Embrapa Pecuária Sul. Documentos, 163).

SVOBODA, M.; FUCHS, B. **Handbook of drought indicators and indices**. Geneva: World Meteorological Organization, 2016. 45 p.

TRENTIN, G. **Manejo de irrigação para pastagens**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2013. 1 fôlder.

VOLK, L. B. da S.; TRINDADE, J. P. P. **Princípios técnicos de manejo de sistemas pecuários para maior disponibilidade de água no solo**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2020. 26 p. (Embrapa Pecuária Sul. Comunicado técnico, 104).

## Capítulo 3

### Água no solo em sistemas pecuários

Leandro Bochi da Silva Volk  
José Pedro Pereira Trindade

#### Sistema edáfico e a água

A água é um dos recursos naturais que sustenta a vida. Como o solo é um sistema que contém vida, ele também depende da água.

O solo é definido como um sistema natural organizado (Vezzani; Mielnickuk, 2009). Tem sua origem na alteração lenta de rochas por elementos do clima ao longo de milhões de anos. Por consequência dos processos de gênese, o solo se apresenta organizado em distintas camadas, conhecidas por horizontes. De modo geral, o horizonte mais superficial é rico em material orgânico e os mais profundos acumulam características da sua formação e da rocha de origem. Estes horizontes são responsáveis pela manutenção de processos químicos, físicos e biológicos de ocorrência natural.

Um solo só é saudável se tiver diversidade biológica, desde os microrganismos, passando pela meso e macrofauna, até as plantas superiores. Todos esses organismos dependem, em maior ou menor grau, da água do solo para sua sobrevivência ao mesmo tempo que interferem na capacidade do solo em “ter” água. Assim posto, fica evidente que um solo precisa da água para “ser solo”, além da dependência da vegetação e dos organismos que contém e dá suporte.

Por causa dessa forte relação de interdependência entre água, atividade biológica e solo, propomos tratá-los como sistema edáfico. O termo “edáfico” se refere ao que pertence, se relaciona ou que está contido nos limites da definição de solo. O sistema edáfico, portanto, vai além do solo e engloba o seu funcionamento a partir da relação dele com a água, com a vegetação e com a fauna edáfica. Uma exemplificação gráfica e simplificada do sistema edáfico está na Figura 11. Nesta figura, percebe-se que a entrada e armazenamento da água (lupa 1) depende da estruturação do solo (lupa 2) que é promovida pela atividade biológica de organismos vivos (lupa 3) e pelas raízes e suas associações (lupa 4).

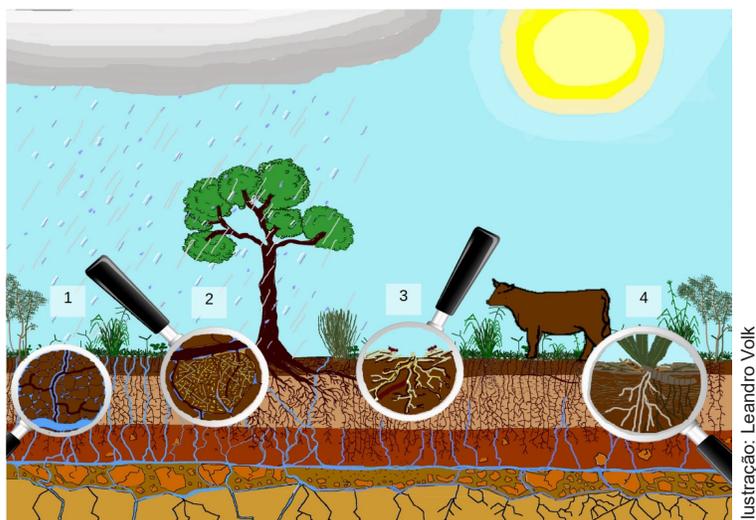


Ilustração: Leandro Volk

**Figura 11.** Representação gráfica do sistema edáfico que resulta da relação de interdependência entre água, atividade biológica e solo. (1 - Detalhe da água que infiltrou e está armazenada nos espaços vazios criados pelos agregados e raízes; 2 - Agregado formado pelas raízes e microrganismos no sistema edáfico; 3 - Atividade biológica da macro e mesofauna edáfica; 4 - Microrganismos - fungos, bactérias e actinomicetos - associados à rizosfera das plantas.)

O sistema edáfico representado na Figura 11 regula e é regulado pelo ciclo hidrológico. A água entra, é armazenada e sai deste sistema num circuito mais lento ou mais rápido de acordo com o estado de funcionamento do solo e da vegetação. Por outro lado, o estado de funcionamento do solo e da vegetação depende da mesma água que entra, é armazenada e sai desse sistema.

A regulação dos ciclos geoquímicos do sistema edáfico depende do solo, da atividade biológica e da água. Os ciclos do carbono, do nitrogênio ou do enxofre, ao passarem pelo solo, dependem da atividade biológica para ocorrerem e, portanto, dependem da água.

Os sistemas agrícolas, da horta à lavoura, das florestas às pastagens, dependem das incontáveis funções que o sistema edáfico entrega. Portanto, a contribuição deste capítulo é entender a relação entre o solo e a água é a base para sistemas agrícolas produtivos.

O sistema edáfico, com suas propriedades físicas, químicas e biológicas, intermedia diversos processos naturais, que garantem seu funcionamento e o permitem entregar serviços ecossistêmicos. Tal abordagem ganha em importância se entendermos que podemos interferir nesses processos naturais (e, portanto, nas funções ecológicas e nos serviços ecossistêmicos) via manejo.

Os manejos dirigidos ao solo, à vegetação ou aos animais (via manejo do pastejo) interferem na qualidade do sistema edáfico e na qualidade dos serviços que ele entrega. Essa qualidade (ou sua capacidade de entregar seus serviços que aqui propomos) pode se manter no tempo (indicando uma estabilização), pode aumentar (indicando melhoria), ou pode diminuir (indicando degradação) (Seybold et al., 1997). Ao mesmo tempo, naturalmente a qualidade do sistema edáfico pode oscilar ao longo do tempo, tanto por características inerentes quanto por variações de externalidades (manejo e clima, por exemplo) (Karlen et al., 2001).

Como manejadores, devemos buscar a estabilidade do sistema por meio de manejos adequados do solo, das plantas ou dos animais. Que essas oscilações naturais e inerentes sejam menores e que o sistema edáfico possa manter e melhorar sua qualidade. O pecuarista, consciente do papel destes recursos naturais no seu sistema produtivo, precisa tomar sua decisão de manejo levando em consideração o impacto que ela terá nos processos naturais (bem como nas funções e serviços) pelos quais o sistema edáfico é responsável.

Alguns dos processos naturais pelos quais o sistema edáfico é responsável incluem a infiltração (em destaque nas lupas 1 e 3 da Figura 11), armazenamento e aproveitamento (em destaque nas lupas 2 e 4 da Figura 11) de água pelas plantas e animais. Tais processos naturais regulam o ciclo hidrológico e essa é uma função importante do sistema edáfico. É uma das funções que permitem seu uso em sistemas agropecuários.

A dinâmica da água no sistema edáfico, do ponto de vista da relação solo-planta, pode ser arbitrariamente separada em processos distintos, como a infiltração, o armazenamento e a disponibilização (ou acesso pelas plantas). A Figura 12 traz uma representação esquemática destes processos.

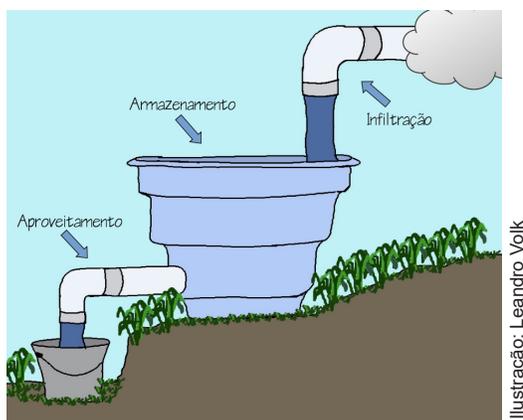


Ilustração: Leandro Volk

**Figura 12.** Representação dos processos de infiltração, armazenamento e aproveitamento da água no solo.

Fonte: Adaptado de Volk e Trindade (2020)

Na Figura 12, o processo de infiltração é representado por uma entrada de água que abastece o sistema. O armazenamento de água no sistema edáfico é apresentado como um grande reservatório. O aproveitamento da água pelas plantas ou organismos vivos do sistema edáfico é representado por uma saída de água do sistema.

A intenção dessa representação é a percepção de que, por meio de manejos, é possível aumentar o “cano” de entrada de água no sistema (aumentar a infiltração), aumentar o tamanho da “caixa d’água” (aumentar o armazenamento), bem como aumentar o “cano” que permite a saída de água do sistema (disponibilizada ou acessada pelas plantas).

Se considerarmos que todo o sistema agrícola é dependente de água, e que a maior parte dessa água vem da chuva, os três processos são muito importantes. Mas essa dinâmica começa pela infiltração. A infiltração da água no sistema edáfico é um processo natural, definido como a entrada da água no solo através de sua superfície (Brandão et al., 2003).

A infiltração é fortemente influenciada por características intrínsecas ao sistema edáfico, como sua mineralogia, textura e gênese, e por outras características extrínsecas que podem ser modificadas pelo ser humano e são ligadas ao uso da terra e ao manejo (Horton, 1941; Hillel, 1980).

As características intrínsecas que afetam a infiltração são as mesmas que determinam a sua porosidade, ou seja, os espaços vazios por onde a água irá entrar e se distribuir no sistema edáfico. Como regra geral, a maior porosidade (notadamente a macroporosidade) permite a maior infiltração. Solos de textura mais arenosa possuem proporcionalmente mais macroporosidade que solos argilosos, portanto a infiltração neles também é maior.

Quanto às características extrínsecas ou as características ligadas ao uso da terra e ao manejo, temos aquelas ligadas às condições da superfície e da estrutura do sistema edáfico: presença de cobertura do solo (seja por palha, mantilho ou serrapilheira, seja por vegetação), o tipo de vegetação (prostrada, cespitosa ou florestal) e a estruturação do solo (dada pela atividade das raízes das plantas, da fauna e microbiota edáfica e matéria orgânica), como já exemplificado na Figura 11.

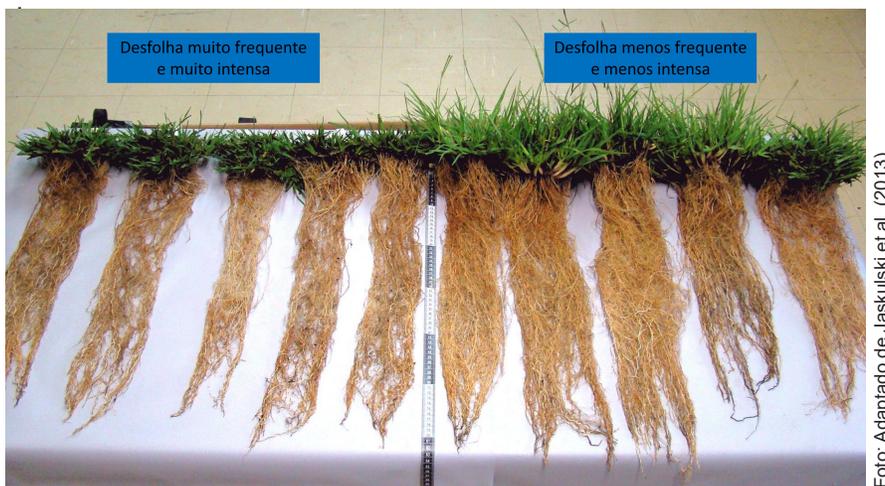
Nesse sentido, o sistema edáfico precisa estar apto para que a água entre pela sua superfície. A situação que se deve evitar é o solo exposto ou descoberto, sem qualquer cobertura. Essa situação leva ao selamento superficial do solo, causado pelas gotas de chuva, e à degradação da estrutura, a qual impede a infiltração da 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. Podemos simplificar separando a influência do

desenvolvimento das raízes em dois processos: a melhoria da estruturação e a criação de bioporos. Os bioporos merecem nossa atenção, pois se refletem na qualidade da macroporosidade devido ao aspecto de continuidade. Os bioporos funcionam 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 aumentar o desenvolvimento de suas raízes (Volk; Trindade, 2017; Trindade et al., 2018).

As plantas tendem a manter uma razão estável entre o desenvolvimento do seu dossel (folhas, caule, bainhas, colmos...) e de suas raízes (Taiz; Zeiger, 2013). A relação entre dossel e raízes será gerenciada pela parte da planta que tem seu desenvolvimento limitado. É comum as raízes terem seu desenvolvimento restringido por alguma limitação química (como a acidez ativa ou falta de nutrientes na solução do solo), física (compactação, pouca profundidade, má drenagem ou baixa permeabilidade) ou biológica (ausência de simbioses ou presença de fungos e insetos fitófagos, por exemplo). Contudo, o mesmo raciocínio vale para o inverso. Se limitarmos o desenvolvimento das plantas pelo excesso de retirada de suas folhas, estamos limitando o desenvolvimento das raízes também.

A Figura 13 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 na medida em que o pastejo (retirada de folhas) se intensifica.



**Figura 13.** Diferença no desenvolvimento de raízes de grama forquilha (*Paspalum notatum*) em função de diferentes intensidades e frequências de remoção das folhas.

A estrutura do solo no sistema edáfico também está associada à atividade da fauna e microbiota edáfica. É uma vantagem do serviço prestado pela diversidade de espécies forrageiras (Figura 14). Assim, 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) auxiliam muito, tanto na estruturação do solo quanto na atividade de uma maior diversidade de organismos edáficos (Baretta et al., 2011). Nessa lógica, percebe-se que é possível a adoção de estratégias de manejo que maximizem a infiltração de água no solo em pastagens.



Ilustração: Leandro Volk

**Figura 14.** Representação da diversidade de sistema radicular associada à diversidade de espécies da vegetação campestre.

O armazenamento da água no sistema edáfico é uma função ecológica muito importante. O armazenamento pode ser definido como a quantidade de água contida no solo (Reichardt; Timm, 2004) e que pode ser disponibilizada aos sistemas agrícolas, entre eles os sistemas pecuários.

O armazenamento de água, assim como para a infiltração, depende de características intrínsecas e extrínsecas ao sistema edáfico. Contudo, diferentemente da infiltração, o armazenamento tem maior relação com a microporosidade do solo (Silva et al., 2005). É nos espaços vazios de menor diâmetro que a água fica armazenada.

Solos com textura arenosa, apesar da maior velocidade de infiltração, possuem menor microporosidade e armazenam 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. Salienta-se que a questão não é qual solo é melhor ou pior, mas sim entender como suas características interferem nessas funções ecossistêmicas.

O armazenamento da água é fortemente relacionado com a área superficial específica (ASE) das partículas sólidas do solo, sendo a argila e a matéria orgânica as que possuem maior ASE. O resultado interessante dessa relação é que a matéria orgânica pode melhorar o armazenamento de água em solos arenosos e 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.

Seguindo a mesma lógica da infiltração, o armazenamento de água tem forte influência da estrutura do solo e, portanto, da vegetação e do seu manejo (Figura 15).

Considerando o que foi apresentado e discutido em relação à Figura 13, é possível inferir que o sistema radicular das plantas forrageiras e não forrageiras devem ganhar nossa 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.

O manejador, no desejo de aumentar o armazenamento de água em seu sistema 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 quanto de áreas pouco pastejadas. Para tal, existem distintas ferramentas à disposição, como o ajuste de oferta de forragem, régua para altura, ajuste de carga, cujos detalhes variam com o tipo de forrageira. O mesmo princípio é válido para os campos, que são pluriespecíficos por natureza.

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.

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 condições para seu crescimento e desenvolvimento. Essa condição permitirá que as raízes se aprofundem no solo e tenham acesso à água e nutrientes.

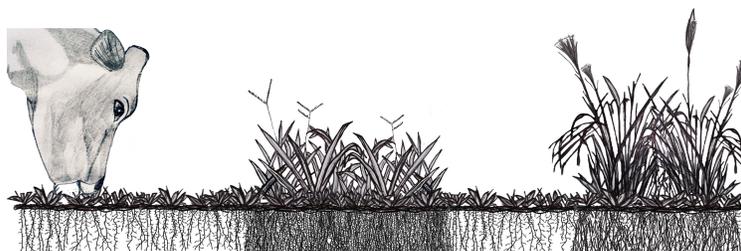
O excesso de pastejo limitará o desenvolvimento do dossel das plantas, portanto, limitará o desenvolvimento das raízes também (Figura 16). Vários autores já exemplificaram esse comportamento fisiológico em distintas forrageiras e, essencialmente, quanto mais intenso o pastejo, menor é o desenvolvimento das raízes (Stanton, 1988; Rodrigues; Cadima-Zevallos, 1991; Ryser; Lambers, 1995; Thornton; Millard, 1996; Giacomini et al., 2005).



Ilustração: Leandro Volk

**Figura 15.** Ilustração do efeito da cobertura por palhada, da vegetação e da estruturação do sistema edáfico no processo de infiltração e armazenamento de água. (1 - Maior infiltração de água no sistema edáfico pelo efeito benéfico da cobertura superficial, do sistema radicular e da estruturação; 2 - Água acumulada na superfície pela menor infiltração de água). Destaque recuperado da lupa 4 da Figura 11.

O princípio, portanto, é que o manejo adotado permita tanto o correto desenvolvimento do dossel da planta (afinal é dele que os animais dependem para sua alimentação) quanto o correto desenvolvimento das raízes. É o crescimento das raízes que permite às plantas o acesso à água e aos nutrientes armazenados no solo. O manejo do pastejo tem 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 a melhoria do uso da água.



**Figura 16.** Efeito do pastejo na relação entre as folhas e as raízes, bem como na diversidade estrutural da vegetação campestre. Fonte: Adaptado de Trindade et al. (2018).

## Princípios de manejo do sistema edáfico

Na pecuária se estabelecem relações complexas, de forma direta e indireta, entre os animais, as plantas e o sistema edáfico. Algumas dessas relações diretas são óbvias, nas quais 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.

Na ideia de entender os processos para controlá-los e transformar a realidade, o manejador tem papel fundamental. Ao entender essas relações, ele pode interferir nas mesmas por meio das ações de manejo do sistema edáfico (Volk; Trindade, 2020).

Os princípios envolvidos na relação da pecuária com a água do sistema edáfico se resumem em melhorar o estado de funcionamento do sistema edáfico e são listadas como: a) manter a cobertura do solo o ano todo; b) manter e melhorar a estrutura do solo; c) aumentar a biodiversidade no sistema edáfico; d) manter raízes vivas o ano todo; e e) assumir o manejo do pastejo dos animais (Volk; Trindade, 2020).

a) Manter a cobertura do solo tem o sentido de manter o sistema edáfico pronto para receber o rebanho, seu pastejo e seu pisoteio, bem como a água. A completa cobertura (seja por resíduos ou palhada seja pelas plantas forrageiras) evita que o solo fique exposto ao aumento excessivo de temperatura, ao impacto negativo da chuva e aos danos causados pelo pisoteio dos animais. A temperatura adequada maximiza a atividade da microbiota e fauna (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.

b) Estruturar o solo implica melhorar a formação de agregados. A formação de agregados ocorre 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, dando melhor “piso”. O preparo 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 a sua estrutura.

c) Aumentar a diversidade de plantas nas pastagens traz consigo vários benefícios, entre eles o melhor aproveitamento da fertilidade do sistema edáfico,

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 e associam-se a diferentes organismos edáficos, liberam diferentes exsudatos e absorvem água e nutrientes de modos diferentes. A maior diversidade pode ser promovida via semeadura (ou por consórcio ou por rotação), no caso de pastagens cultivadas, e pode ser induzida via manejo (até mesmo por roçada), no caso de pastagens naturais.

d) Manter 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, 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 vivas é que ajudam no seu funcionamento.

e) Manejo do pastejo dos animais é chave para que os outros princípios funcionem. O grande desafio na pecuária é equilibrar entre o que o gado deve comer e o que a planta necessita para ela. O pastejo é um distúrbio nas plantas e cabe ao manejador decidir qual o 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 e até a suplementação mineral dos animais) ganham em importância na conservação da água e do solo na pecuária.

### **Considerações finais**

O sistema edáfico é base para a pecuária e depende da água para seu funcionamento. O pecuarista tem papel fundamental na gestão do seu sistema produtivo. Portanto, entender como o sistema edáfico funciona e como ele regula seus processos é chave para adoção de práticas de manejos eficazes e eficientes.

A estabilidade do sistema de produção pecuária é uma das virtudes que devemos buscar. Os sistemas pecuários dependem dos processos de infiltração, armazenamento e disponibilização de água pelo sistema edáfico. Os manejos dirigidos ao sistema edáfico, à vegetação ou aos animais interferem no seu estado de funcionamento, bem como na qualidade do sistema edáfico e na qualidade dos serviços que ele entrega.

O manejo da vegetação e o manejo do pastejo pelos animais têm papel fundamental na dinâmica da água no sistema edáfico. A partir do apresentado, elencamos 5 princípios a serem considerados pelo pecuarista na escolha de

práticas de manejo a serem adotadas na busca da melhoria do estado de funcionamento do sistema edáfico, aliando conservação e produção: a) manter a cobertura do solo o ano todo; b) manter e melhorar a estrutura do solo; c) aumentar a biodiversidade no sistema edáfico; d) manter raízes vivas o ano todo; e e) assumir o manejo do pastejo dos animais.

## 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.
- 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: SBSCS, 2011. v. 7, p. 119-170.
- BRANDÃO, V. S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Infiltração da água no solo**. Viçosa, MG: UFV, 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. Doocado 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.
- 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.
- HORTON, R. E. An approach toward a physical interpretation of infiltration-capacity. **Soil Science Society of America Journal**, v. 5, p. 399-417, 1941.
- 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.
- REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. São Paulo: Manole, 2004. 478 p.
- RODRIGUES, A. C. G.; CADIMA-ZEVALLLOS, 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, n. 2, p. 251-265, Mar. 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.

STANTON, N. L. The underground in grasslands. **Annual Review of 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, n. 2, 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.; 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, 2018. 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.; 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. **Princípios técnicos de manejo de sistemas pecuários para maior disponibilidade de água no solo**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2020. 26 p. (Embrapa Pecuária Sul. Comunicado técnico, 104).

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, n. 8, p. 3187-3214, 2009.

## Capítulo 4

### Água na planta no contexto da produção animal a pasto

Márcia Cristina Teixeira da Silveira  
Bráulio Maia de Lana Sousa  
Leandro Martins Barbero  
Teresa Cristina Moraes Genro

#### Introdução

A água é um recurso natural importante, sendo necessário que se tenha publicações na área de produção animal a pasto que tragam, de alguma forma, este elemento na abordagem. Pensando nas relações entre água e planta no contexto de produção animal a pasto, o entendimento do manejo hídrico em sistemas pastoris passa pelo conhecimento e adoção de recomendações mais eficientes em manejo de pastagens.

Dentro desse enfoque, observa-se que a essência da abordagem sobre manejo hídrico passa por uma discussão de disponibilidade hídrica que vai ao encontro com o que vem sendo relacionado a questões ecológicas e de carbono. Ou seja, que visam entender os sistemas de produção como elos de uma cadeia produtiva que se inicia na geração de insumos e termina na oferta de produtos (Palhares, 2016), mas que seja ambientalmente correta e sustentável.

Desta forma, a possibilidade de se criar animais a pasto traz cada vez mais a ideia de sustentabilidade dentro de diferentes enfoques. Neste contexto, podemos dizer que já avançamos no que diz respeito a manejos reprodutivos, nutricionais e sanitários dentro dos sistemas de produção (Palhares, 2013). Também já foi possível começar a internalizar conceitos e valores como o de rastreabilidade, de bem-estar animal e de serviços ecossistêmicos ou ambientais. Agora é o momento de darmos um novo passo, entendendo que manejar sustentavelmente a produção animal a pasto passa por conhecer os fluxos de nutrientes, de energia e também de água envolvidos na atividade.

Espera-se que o conhecimento desses fluxos proporcione uma produção animal ambientalmente mais equilibrada, rentável e socialmente valorizada. A partir do manejo com essa abordagem, a produção animal poderá ser entendida não como uma “exploradora de recursos naturais” (Palhares, 2013), mas também como uma transformadora eficiente de elementos, como a água, em alimento mediante a possibilidade de aplicação de conhecimentos e práticas.

No sentido de avaliar o que se pode agregar à temática de alternativas de manejo que melhoram o uso da água em sistemas pastoris, abordaremos, de forma propositiva neste capítulo, princípios gerais relativos à relação entre a água (principalmente a água verde, que é a água advinda da precipitação, e a água do solo) e a planta forrageira, no contexto de produção animal a pasto, também chamado de ecossistema pastagem.

### **Água verde e sua relação com as demandas das plantas forrageiras no ecossistema pastagem**

Na pecuária, a água é um recurso natural determinante na produção de alimentos de origem animal (leite, carne) ou vegetal (massa de forragem) e não apenas um mero insumo (Palhares, 2016). A sua disponibilidade, distribuição e qualidade dentro do sistema podem facilitar ou inviabilizar a produção agropecuária, especialmente em regiões onde há ocorrência de secas ou a distribuição anual de chuvas é irregular.

Sabendo que, em média, 2/3 da água que chega aos continentes, por meio das chuvas, tem potencial para ficar no solo e 1/3 vai para os rios, lagos e aquíferos (FAO, 2019), temos que buscar formas de melhor utilizar esse recurso (maximizando a eficiência do uso de água em pastagem).

Isso pode ser obtido por meio do conhecimento das plantas forrageiras e dos processos envolvidos no manejo, e traduzindo esses conhecimentos em práticas de fácil adoção. De forma simplificada, o que se sabe é que o conteúdo de água nas plantas é o resultado do balanço das taxas de absorção e de perda de água (transpiração) (Maximov, 1929). Na porção inferior das folhas existem estruturas microscópicas denominadas estômatos. Estas microestruturas têm a capacidade de abrir e fechar para controlar as trocas gasosas que ocorrem nas folhas e permitir a assimilação de CO<sub>2</sub> (gás carbônico) pelas plantas, processo este fundamental para a fotossíntese. Por outro lado, a face superior das folhas é coberta por uma cutícula quase impermeável à água. Tanto a cutícula quanto a capacidade de fechamento dos estômatos auxiliam a redução da perda de água pelas plantas. Para garantir a assimilação de CO<sub>2</sub> algum grau de evaporação de água ocorre (Kramer; Boyer, 1995), sendo que as plantas se ajustam para gerenciar este processo da melhor forma possível.

Tem-se, também, a possibilidade de perda de água pelo solo via evaporação e/ou via lixiviação. Isso sem falar na presença dos animais em pastejo, modificando toda essa dinâmica de fluxo de água entre os componentes do sistema.

De forma geral, se a água não é absorvida pela planta, ela será incorporada ao lençol freático ou então evaporada para a atmosfera. Se absorvida, sofrerá transformações bioquímicas dentro das células das plantas ou será perdida por transpiração. Estas afirmações nos levam a pensar que independente do

caminho que a água seguir, ela potencialmente poderá ser absorvida pela planta e contribuirá com seu crescimento. Sendo assim, quanto maior for a capacidade das plantas em absorver água e usar-lá para seu crescimento e produção (principalmente produção de folhas), mais eficiente poderemos ser, enquanto manejadores de pasto, no ecossistema pastagem em que esta água está inserida.

Dentro desse contexto, é preciso conhecer os processos que estão envolvidos na relação entre água-solo-planta-atmosfera-animal para poder planejar e utilizar práticas de manejo e/ou tecnologias que possibilitem fazer o melhor uso da água disponível, reduzindo a necessidade de água via outras fontes (irrigação, por exemplo).

A quantidade diária de água demandada pelas plantas é variável e influenciada por diversos fatores, sendo esses indiretamente relacionados às plantas (chamados fatores extrínsecos) e diretamente ligados às plantas (fatores intrínsecos). De forma didática e com o intuito de construir conhecimento acerca dos componentes do ecossistema pastagem, o conteúdo a ser apresentado será dividido em dois tópicos. No primeiro será feita uma abordagem de fatores extrínsecos (mais diretamente ligados ao ambiente) que afetam o uso da água pelas plantas na interface solo-planta-atmosfera. A partir de então será realizada uma discussão relativa a fatores intrínsecos e extrínsecos afetando as relações entre água e plantas forrageiras em um contexto mais amplo, ou seja, na interface solo-planta-atmosfera-animal.

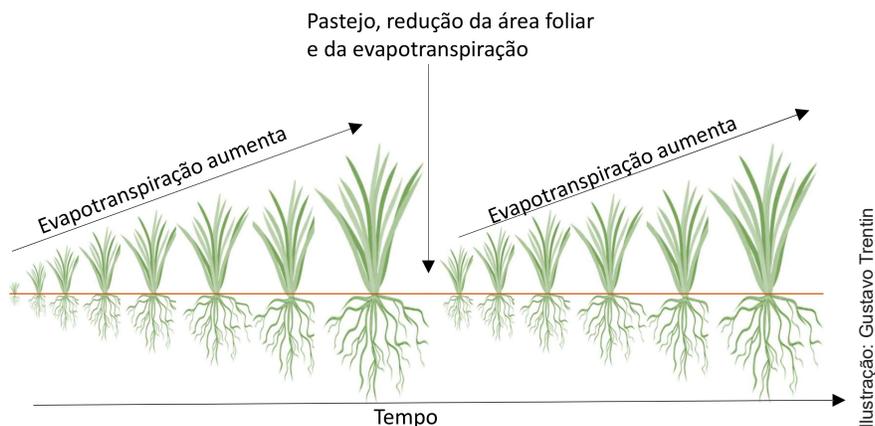
### **A relação entre a água e as plantas forrageiras: fatores que afetam o uso de água pelas plantas na interface solo-planta-atmosfera**

Segundo Duarte (2012), as plantas raramente crescem sob condições ideais e frequentemente experimentam flutuações climáticas e estresses que modificam sua morfologia e taxa de desenvolvimento, limitando a produção e/ou alterando a qualidade.

O conhecimento das condições meteorológicas durante o período de desenvolvimento das plantas, principalmente quanto aos períodos de baixa e/ou irregular precipitação e elevada demanda na evapotranspiração, é de fundamental importância (Santos; Carlesso, 1988). Isto em função dos fatores extrínsecos, que são relacionados ao ambiente, como radiação solar, temperatura, umidade do solo, vento, tipo de solo, e terem influência na relação de uso da água pelas plantas e na capacidade de armazenamento de água no solo por impactarem os processos de absorção, respiração e evapotranspiração (vide capítulos referentes à relação entre a água e a atmosfera e a água e no solo).

Evapotranspiração é o processo conjunto que envolve a evaporação direta do solo e a transpiração das plantas, sendo fundamental para realimentar a

atmosfera com vapor de água. A taxa da evapotranspiração normalmente é influenciada pela demanda da atmosfera, pela intensidade de radiação, pela disponibilidade de água no solo, pelas características da planta forrageira (que possuem mecanismos específicos e distintos de economia de água) e pelo momento do ciclo de rebrotação (Figura 17).



**Figura 17.** Crescimento da área foliar de uma planta forrageira e aumento da evapotranspiração até o momento de realização do corte/pastejo, causando redução da área foliar e diminuição da evapotranspiração, e dando início a um novo ciclo de crescimento.

A disponibilidade de água no solo depende do tipo e da estrutura do mesmo. Solos mais arenosos apresentam grandes espaços ou canais entre suas partículas e agregados, o que reduz a sua capacidade de retenção de água. Por outro lado, solos mais argilosos possuem espaços menores entre suas partículas e agregados, o que aumenta a sua capacidade de retenção de água, especialmente quando associados à matéria orgânica em decomposição (ver Capítulo 3). Assim, os solos apresentam diferenças em termos de capacidade de ceder água para as plantas. Além disso, à medida que o solo seca torna-se mais difícil às plantas absorver água. Este fato ocorre em função de um aumento da força de retenção<sup>3</sup> e diminuição da disponibilidade de água no solo nas camadas mais superficiais. Assim, quanto maior for a demanda evaporativa da atmosfera, mais elevada será a necessidade para suprir água no sistema solo-planta-atmosfera.

Ressalta-se que, mesmo com adequado teor de água no solo, a demanda pelas plantas nos dias ensolarados e quentes pode ser elevada, a ponto de

<sup>3</sup> Força de retenção expressa a energia de ligação da água ao solo como consequência das forças gravitacionais, das forças capilares e das propriedades das partículas minerais e orgânicas, com suas respectivas capacidades de adsorção (adesão) de água.

causar um decréscimo do seu conteúdo nas folhas e colmos durante o dia, com gradual recuperação à noite. Nessa situação, a maior parte da expansão celular de folhas e colmos ocorre durante a noite quando os estômatos estão fechados, as taxas transpiratórias são muito baixas e as plantas estão se reidratando lentamente pela absorção da água do solo.

Também não podemos esquecer que durante as horas de maior demanda evaporativa pode ocorrer déficit hídrico em algumas plantas. Isto acontece quando a transpiração nas folhas excede em muito a absorção de água pelas raízes. Segundo Mendonça et al. (2010), as plantas podem transpirar cerca de 99% da água que absorvem para não sofrerem com superaquecimento, mas neste tipo de situação as plantas precisam se valer de estratégias para sobreviver.

Um exemplo que ilustra perfeitamente uma estratégia de sobrevivência é o da festuca (*Festuca arundinacea*). Esta é uma planta forrageira perene com potencial para uso em pastejo ao longo de dez meses no ano, mas que em momentos de maior demanda evaporativa, e sob condição de restrição hídrica, “enrolam” as folhas, para redução de área foliar, como estratégia de sobrevivência. Nestes momentos, as trocas entre as plantas de festuca e o meio e, conseqüentemente, a fotossíntese praticamente cessam, voltando as folhas e as trocas ao normal após estes períodos de maior demanda evaporativa. A Figura 18 ilustra bem esse padrão de resposta.

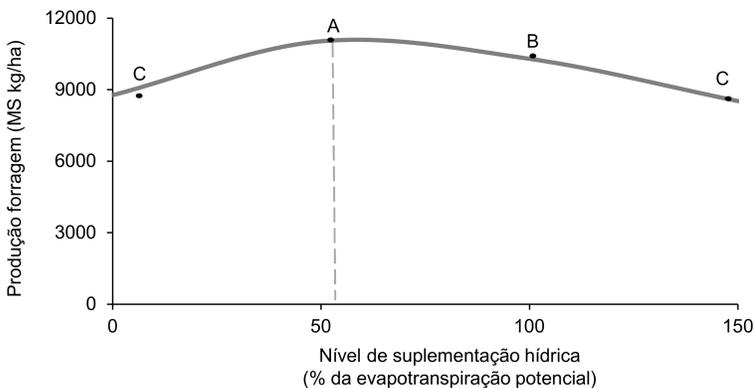


**Figura 18.** Plantas de *Festuca arundinacea* em condições distintas. A- sob baixa demanda evaporativa e sem restrição hídrica com destaque ampliado de folhas túrgidas; B- sob alta demanda evaporativa e sob restrição hídrica com destaque ampliado de folhas enroladas ou retorcidas.

O impacto desse processo é que como o crescimento depende enormemente da água que a planta contém e que pode obter, mesmo uma ligeira queda da turgescência celular pode ser suficiente para causar diminuição notável do crescimento celular. Quando a parede celular deixa de estar sob pressão (pressão de turgescência), o crescimento pode cessar e isto refletir na produção vegetal. O grau de redução na produtividade dependerá da duração do evento, do potencial hídrico do solo, da tolerância da espécie ou da variedade a essa restrição hídrica, do estágio de desenvolvimento da cultura (que será abordado no próximo tópico), dentre outros fatores (associação da restrição hídrica com altas temperaturas, por exemplo).

Para a região Sul, plantas forrageiras comumente utilizadas como o milho, o sorgo forrageiro e o capim-sudão, que são originárias de regiões de baixa precipitação do continente africano, são consideradas plantas mais tolerantes à seca (Harlan, 1992; Silveira et al., 2015).

Estudos desenvolvidos pela Embrapa Pecuária Sul (Trentin et al., 2016; Silveira; Trentin, 2019) com capim-sudão sob diferentes níveis de disponibilidade hídrica (Figura 19) demonstraram que esta planta apresenta boas respostas produtivas com baixos níveis de irrigação suplementar ao que esta planta demanda para seu crescimento potencial, sendo que altos níveis de irrigação proporcionaram até redução da produção vegetal. Esta informação é importante quando se pensa no melhor uso da água.



**Figura 19.** Produção de massa de forragem (kg/ha) de capim-sudão sob diferentes níveis de suplementação hídrica. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente.

### **A relação entre a água e as plantas forrageiras: fatores que afetam o uso de água pelas plantas na interface solo-planta-atmosfera-animal**

Os fatores intrínsecos são relacionados à própria planta e modificam o uso e/ou a necessidade de água. Dentre eles, cita-se o tipo de planta (planta

de clima tropical ou subtropical), o estágio de desenvolvimento (germinação, perfilhamento, pré-pastejo, pós-pastejo) ou a fase do ciclo (crescimento vegetativo e crescimento reprodutivo) que estão diretamente relacionados com a produção de forragem.

Observa-se que há uma lógica de que o suprimento de água para uma cultura resultará de interações que se estabelecem ao longo do sistema solo-planta-atmosfera. Quando temos o animal em pastejo, as interações ficam ainda mais complexas pelas alterações que os animais promovem na área foliar das plantas ao longo do seu ciclo. Assim, as influências recíprocas entre esses componentes básicos tornam o sistema dinâmico e fortemente interligado, de tal forma que, no enfoque deste capítulo, o uso da água pelas plantas dependerá sempre da combinação desses quatro segmentos do sistema (solo-planta-atmosfera-animal). Logo, segundo nosso entendimento, vislumbrar melhor uso da água passa inevitavelmente por entender os processos envolvidos nestes segmentos.

No intuito de descrever as mudanças na demanda e uso da água dentro desses quatro segmentos, didaticamente vamos apresentar duas etapas ou fases do ecossistema pastagem, sendo elas a fase de crescimento e a de utilização.

### Fase de crescimento

Pensando na água como um dos fatores ambientais, a sua disponibilidade ou déficit irá impactar de forma diferente as plantas forrageiras. No que diz respeito ao estágio de desenvolvimento (Figura 20), em geral, as plantas são mais sensíveis ao déficit hídrico na emergência, devido a menor superfície de absorção de água pelas raízes. Assim, sejam forrageiras anuais ou perenes, de verão ou de inverno, no planejamento do plantio um dos fatores que se deve levar em consideração é a disponibilidade de água no solo, de preferência via chuva, para possibilitar uma boa germinação e estabelecimento das plantas.

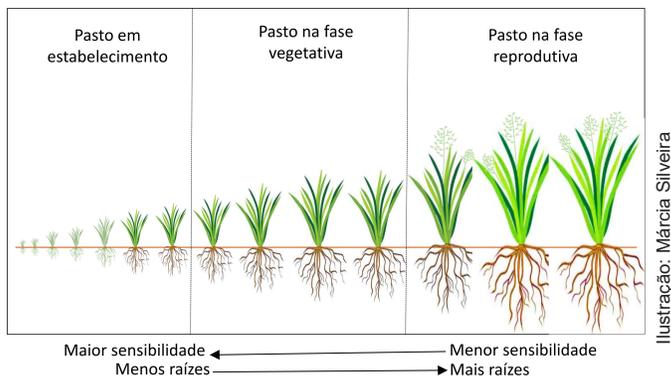


Ilustração: Márcia Silveira

**Figura 20.** Estádio de desenvolvimento de uma planta forrageira hipotética e sua relação quanto à sensibilidade a déficits hídricos.

Ressalta-se a importância desse planejamento, por exemplo, em situações em que a opção for plantar em área não dessecada, ou seja, que já exista alguma planta forrageira a compor uma mescla com a planta que se está implantando (formando cadeias forrageiras, segundo Silveira et al., 2019). Exemplo prático, para as condições da região Sul, seria o melhoramento de campo nativo via sobressemeadura de espécies de inverno (trevos, azevém e/ou cornichão), ou na sobressemeadura de espécies de inverno (aveia ou azevém) em área com tifton, ou ainda sementeira de forrageiras anuais de verão (capim-sudão, sorgo forrageiro, etc.) em área com base forrageira de inverno (trevos e/ou azevém), vide Figura 21.

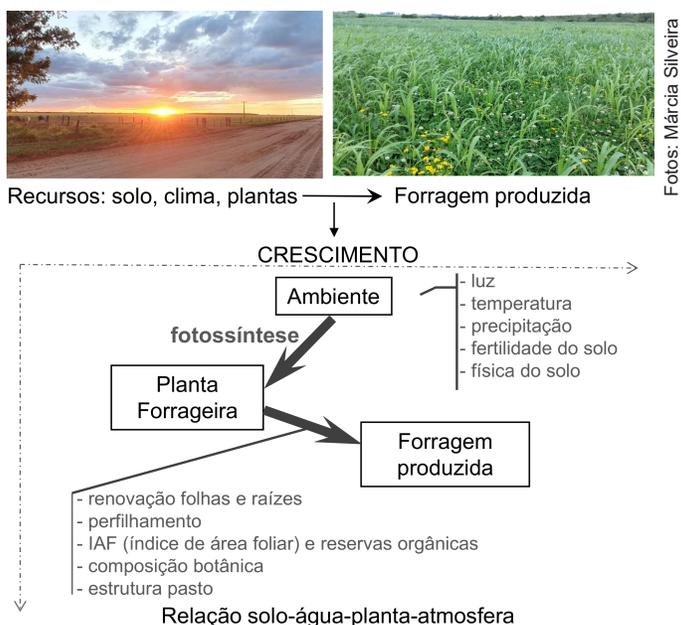
Nesses casos se houver algum período de déficit hídrico, as plantas já presentes na área, por terem um sistema radicular mais desenvolvido, poderão se beneficiar da umidade no solo em detrimento daquelas que estarão em processo de germinação, o que pode impactar o estande de plantas na área e, conseqüentemente, seu crescimento e produção.



Fotos: A - Danilo Sant'Ana, B e C Márcia Silveira

**Figura 21.** A- Imagem de pasto de inverno composto por trevo branco, cornichão e azevém rebaixado, via pastejo, para plantio de forrageira anual de verão; B e C- pasto de forrageira anual de verão implantado em área com forrageiras de inverno sob adequada (B) e baixa disponibilidade hídrica (C), respectivamente, no início do estabelecimento.

Após a germinação, a fase de crescimento (Figura 22), ou seja, de produção de forragem, é atribuída primariamente ao processo de fotossíntese, o qual é responsável pelas transformações dos recursos do ambiente como radiação solar, água e  $\text{CO}_2$  (gás carbônico) em produtos (massa de forragem, por exemplo). Nesse processo, as folhas são responsáveis pela interceptação da luz, assim como pela absorção de  $\text{CO}_2$  e realização dos processos de fotossíntese e de evapotranspiração.



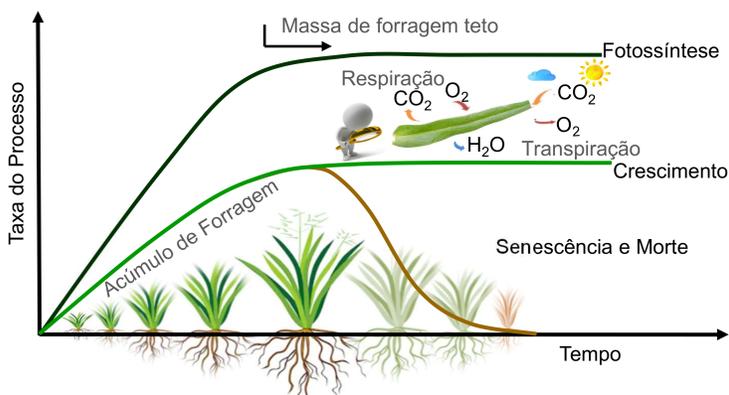
**Figura 22.** Etapa de crescimento das plantas forrageiras no sistema de produção animal em pasto.  
 Fonte: Adaptada de Hodgson (1990) e Silva e Corsi (2003).

Associado ao processo de fotossíntese, o que se observa é que à medida que a planta cresce a taxa de aparecimento de folhas diminui; o crescimento da lâmina foliar, concomitantemente com a bainha foliar, aumenta, até o momento em que a lâmina foliar não cresce mais (Sbrissia et al., 2009). Assim, em pastos mais altos a taxa fotossintética bruta é maior, entretanto a fotossíntese líquida pode ser menor, aliada a uma maior demanda por água na planta nesta fase. Isto pode acarretar na menor eficiência no uso da água por apresentar menor acúmulo de carbono por unidade de água utilizada nesta fase.

Estamos falando aqui da fotossíntese e crescimento de plantas individuais. Por outro lado, pensando que o pasto é um conjunto de plantas, o perfilhamento é que vai proporcionar aumento do número de folhas e de área foliar sobre o solo, até o ponto em que a maior parte da radiação incidente seja interceptada. No entanto, o desenvolvimento vegetativo das plantas não é caracterizado somente pelo aparecimento e desenvolvimento de folhas e de perfilhos. Ocorre também desenvolvimento do sistema radicular e alongamento dos colmos. Lembrando sempre que a produção desses tecidos, que estão relacionados com a massa e a qualidade da forragem, é regulada por fatores ambientais e de manejo.

Abaixo, na Figura 23, se tem uma representação da curva padrão de

crescimento das plantas forrageiras. A importância do entendimento dessa figura está no fato de que os princípios e processos nela representados são os mesmos para qualquer planta, mas a magnitude das respostas é específica e particular para cada planta forrageira e condições climáticas e de manejo a elas impostas.



**Figura 23.** Esquema geral do crescimento e acúmulo de forragem em plantas forrageiras e seus processos.

Fonte: Adaptada de Parsons (1988).

Pela Figura 23 é possível visualizar que em um determinado momento não é mais interessante para as plantas forrageiras permanecerem sem serem pastejadas, pois a massa de forragem chega a um teto (limite máximo) enquanto os processos de respiração, transpiração, senescência e morte continuam. Logo, poderíamos dizer que a água continua sendo demandada pelas plantas e em grande quantidade pela área foliar produzida, porém, sem benefícios significativos em termos de produção de mais forragem para alimentação animal. Na verdade, de acordo com a Figura 23, a forragem acumulada (aquela que estaria disponível para pastejo) pode até reduzir a partir de determinado momento, o que promove ineficiências no processo de produção e, logicamente, ineficiência no uso de água.

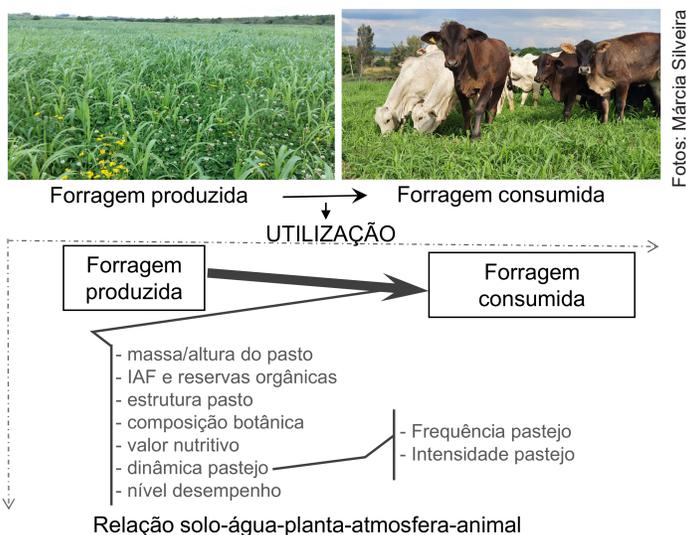
Diante do que foi apresentado em relação à fase de crescimento, observa-se que é imprescindível o conhecimento dos mecanismos básicos que governam a fisiologia das plantas forrageiras e suas inter-relações com os fatores de ambiente. Assim, estudos de fisiologia de plantas forrageiras estão, atualmente, mais voltados à análise dos processos relativos ao crescimento, desenvolvimento, consumo e senescência, cujos resultados permitem uma melhor compreensão do processo de produção de forragem.

## Fase de utilização

O pastejo deve ser controlado para permitir que as plantas maximizem o aproveitamento dos recursos do ambiente no tempo e no espaço e para permitir o aumento do consumo e conversão de nutrientes pelo animal (FAO, 2019). Portanto, a produtividade animal baseada na exploração de pastagens depende do crescimento do pasto e da sua subsequente utilização pelos animais.

Segundo Carlesso (1995), a captação de água pelas plantas é determinada pela habilidade das mesmas em utilizar esse recurso armazenado no solo, enquanto a demanda da atmosfera, por outro lado, está relacionada à combinação dos fatores meteorológicos interagindo com o conjunto das plantas que compõem o pasto. Assim, criar condições, via manejo do pastejo, que favoreçam essas relações, quando se pensa em uso adequado de água pelas plantas, se fazem necessárias.

Estamos falando que após buscar o melhor uso da água na fase de crescimento, o que acarretará em produção de forragem, esta forragem precisará ser colhida eficientemente para dar continuidade ao processo de crescimento e melhor uso da água pelas plantas forrageiras. Em outras palavras, o manejo passa a ser considerado como um fator extrínseco estratégico e integrador entre a planta forrageira, o animal e o uso dos recursos disponíveis no ambiente (água, radiação solar e temperatura). Esta etapa caracteriza a fase de utilização (Figura 24).



**Figura 24.** Etapa de utilização de forragem produzida no sistema de produção animal em pasto.  
Fonte: Adaptada de Hodgson (1990) e Silva e Corsi (2003).

Buscando entender a figura acima, mediante uma visão mais técnica do manejo, pode-se dizer que, no sentido de máximo aproveitamento dos recursos já utilizados, se o material vegetal (massa de forragem) produzido não for colhido antes de entrar em senescência, ele será perdido, pois não será convertido em produto animal. Isto poderia ser considerado mau uso da água, dentre outros insumos, no contexto de produção animal a pasto. Ou seja, dentro do enfoque das relações entre a água e a planta na produção animal a pasto, o resultado da colheita ineficiente é que a forragem foi produzida, com uso de água do sistema, e não foi transformada em produto animal.

Nesse contexto, o manejo adequado do pastejo deve proporcionar a remoção da forragem produzida (alimentação dos animais no momento certo), a qual precisa ser continuamente reposta pelas plantas, uma vez que os processos são simultâneos e dinâmicos. Nessa dinâmica, busca-se melhor explorar o potencial produtivo do ponto de vista da alimentação animal (que passa pelo entendimento da estrutura adequada de pasto para consumo dos animais e que vai interferir no seu comportamento em pastejo no que se refere, por exemplo, ao tamanho e frequência de bocados e tempo de pastejo, composição do pasto e, conseqüentemente, seu valor nutritivo) e garantir, com o menor custo possível para a planta, a reposição da forragem removida.

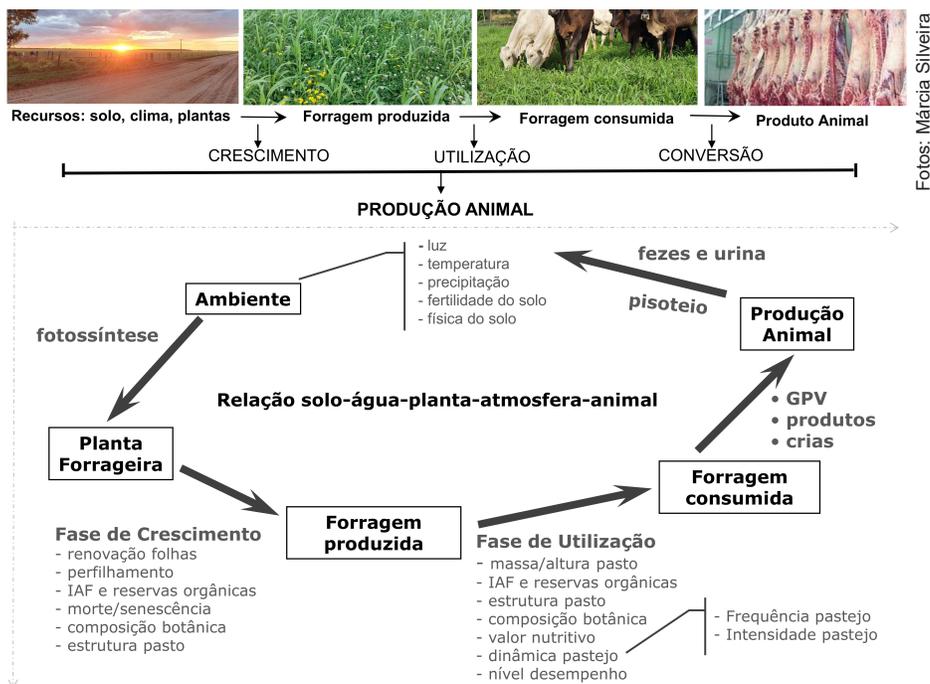
Portanto, a interrupção do crescimento das plantas via remoção da área foliar pelo pastejo dos animais, deve ser realizada em intervalos de tempo específicos (antes de iniciar as perdas por senescência). Entretanto, após uma perda de grande quantidade de área foliar fotossintetizante num evento único, de moderada à severa intensidade, a planta entra numa fase de transição com mudanças rápidas na disponibilidade de carbono e nutrientes, e no padrão de alocação dos mesmos, bem como mudanças no padrão de absorção de água e de nutrientes pelas raízes. Após, uma série de processos de recuperação são iniciados, os quais determinam a duração dessa fase de transição.

Nessas condições, o manejo deve evitar ao máximo desequilíbrios que façam com que as plantas permaneçam por grandes períodos na fase de transição e na dependência de reservas para retomar seu crescimento, o que poderia também acarretar em uso ineficiente de água neste momento pelas plantas. Desta forma, “rapar” o pasto, para só então trocar os animais de área, não parece ser uma estratégia interessante, sendo o inverso também verdadeiro, ou seja, deixar o pasto crescer indiscriminadamente também não é o mais desejado.

Logo, o manejo, sem a generalização de uso de escalas temporais (as respostas das plantas não seguem o calendário em dias e sim um calendário biológico), por exemplo, baseado em oferta de forragem ou em altura de corte ou pastejo (Genro; Silveira, 2018), por respeitar o crescimento das plantas, podem ser estratégias interessantes para determinar o consumo ou não de reservas. Isto, segundo Sbrissia et al. (2007), pelo fato desses manejos permitirem definir a

área foliar remanescente (resíduo após pastejo) e que estará associada a outros fatores como: pontos de crescimento, reserva na base dos colmos, atendimento aos processos entre fotossíntese e respiração após perda por remoção de tecido fotossintético (principalmente folhas), bem como absorção e uso de água.

Vale lembrar que em situações adversas de ambiente (por exemplo, períodos de estiagem), as reservas das plantas podem estar baixas no momento do corte ou pastejo ou podem demandar mais tempo para serem repostas (Silveira; Trentin, 2019). Diante desta situação, seria desejável, por exemplo, deixar maior área foliar remanescente (maior resíduo) para que a planta não permaneça por longos períodos dependendo das reservas. Esta seria uma prática que, em condições não favoráveis, pode auxiliar a retomada do crescimento das plantas. Seria uma forma de flexibilizar o manejo, de maneira a levar em consideração o crescimento das plantas e condições do ambiente e que pode reduzir os riscos de falta de forragem, de redução de estande de plantas e, no caso de pastagens perenes, até de degradação do pasto.



Fotos: Márcia Silveira

**Figura 25.** Visão geral do ecossistema pastagem e suas etapas ou fases. Destaque para as duas fases (crescimento e utilização) abordadas em função da relação direta e indireta da água com as plantas forrageiras.

Fonte: Adaptada de Hodgson (1990) e Silva e Corsi (2003).

No contexto geral, observa-se que o pastejo não controlado (mal conduzido), pode levar, além de possíveis desequilíbrios no sistema (baixo desempenho animal, superficialização das raízes, lixiviação de nutrientes do solo, perda de carbono armazenado no solo, maior emissão de gases de efeito estufa, etc.), ao uso ineficiente da água disponível.

Na Figura 25 está uma representação geral do ecossistema pastagem. Pelo que foi apresentado, é possível ver que cada uma das etapas possui suas próprias eficiências, as quais podem ser influenciadas pelo manejo. Assim, acredita-se que o manejo do pastejo, conduzido mediante o conhecimento dos princípios que regem as interações existentes entre os componentes do sistema, possa ser visto como meio e não só fim, na busca por alternativas que visem, além de maior produção animal, o melhor uso da água na pecuária.

### **Considerações finais**

Com as informações apresentadas acredita-se que seja possível a técnicos ou produtores refletir sobre a questão da água, de forma mais abrangente.

Espera-se inclusive que a abordagem desse capítulo permita o melhor entendimento de alguns processos e princípios e, desta forma, possibilite a elaboração de estratégias para minimizar os efeitos de variações meteorológicas e do pastejo (ou seja, efeitos de fatores extrínsecos) sob o uso da água pelas plantas forrageiras, principalmente ao longo do seu desenvolvimento, de forma a garantir maior produtividade e melhor uso da água na atividade.

Na proposição do capítulo buscou-se explorar de forma mais detalhada as relações entre a água e a planta forrageira, mas com certeza outras alternativas serão apresentadas nos demais capítulos deste livro dentro do objetivo comum que é melhorar a relação do uso da água com a produção animal a pasto.

## **Referências**

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extraível e a produtividade das culturas. **Ciência Rural**, v. 25, n. 1, p. 183-188, 1995.

DUARTE, A. L. M. Efeito a água sobre o crescimento e o valor nutritivo das plantas forrageiras. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 2, p. 1-6, jul./dez. 2012.

FAO. **Water use in livestock production systems and supply chains**: guidelines for assessment: version 1. Rome, 2019. 96 p.

GENRO, T. C. M.; SILVEIRA, M. C. T. **Uso da altura para ajuste de carga em pastagens**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2018. 17 p. (Embrapa Pecuária Sul. Comunicado técnico, 101).

HARLAN, J. R. **Crops and man**. 2nd ed. Madison: ASA: CSSA, 1992. 284 p.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. New York: Longman Scientific and Tech., 1990. 203 p.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils**. San Diego: Academic Press, 1995. 495 p.

MAXIMOV, N. A. **The plant in relation to water: a study of the physiological basis of drought resistance**. London: G. Allen & Unwin Ltd., 1929. 451 p.

MENDONÇA, F. C.; SANTOS, P. M.; CAVALCANTE, A. C. R. Irrigação de pastagens. In: PIRES, A. V. (org.). **Bovinocultura de corte**. Piracicaba: Fealq, 2010. p. 473-496.

PALHARES, J. C. P. A experiência brasileira no manejo hídrico das produções animais. In: PALHARES, J. C. P. (org.). **Produção animal e recursos hídricos**. São Carlos, SP: Cubos, 2016. p. 11-32.

PALHARES, J. C. P. **Consumo de água na produção animal**. São Carlos, SP: Pecuária Sudeste, 2013. 6 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Comunicado técnico, 102).

PARSONS, A. J. The effects season and management on the growth of grass swards. In: JONES, M. B.; LAZEMBY, A. (ed.). **The grass crop: the physiological basis of production**. London: Chapman and Hall, 1988. p. 129-177.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287-294, set./dez. 1998.

SBRISSIA, A. F.; SILVA, S. C. da; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Ecofisiologia de plantas forrageiras e o manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 24., 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 2007. p. 153-176.

SBRISSIA, A. F.; SILVA, S. V. da; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; PEREIRA, L. E. T. Crescimento da planta forrageira: aspectos relativos ao consumo e valor nutritivo da forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 25., 2009, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 2009. p. 37-59.

SILVA, S. C. da; CORSI, M. Manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 20., 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 155-186.

SILVEIRA, M. C. T. da; MONTARDO, D. P.; SANT'ANNA, D. M. **Pasto sobre pasto: estratégias de manejo para uso de mesclas forrageiras de inverno e verão visando melhor distribuição de forragem**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2019. 32 p. (Embrapa Pecuária Sul. Circular técnica, 52).

SILVEIRA, M. C. T. da; SANT'ANNA, D. M.; MONTARDO, D. P.; TRENTIN, G. **Aspectos relativos à implantação e manejo de capim-sudão BRS Estribo**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2015. 11 p. (Embrapa Pecuária Sul. Comunicado técnico, 89).

SILVEIRA, M. C. T. da; TRENTIN, G. **Manejo para pastagens irrigadas: fundamentos e recomendações práticas**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2019. 44 p. (Embrapa Pecuária Sul. Documentos, 163).

TRENTIN, G.; SILVEIRA, M. C. T. da; MALCORRA, M. P.; FAGUNDES, B. F.; SOUZA, A. L. F. de. Produção de matéria verde e seca de capim-sudão BRS Estribo submetido a diferentes disponibilidades hídricas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 26., 2016, Santa Maria. **Cinquenta anos de zootecnia no Brasil: anais**. Santa Maria: SBZ, 2016. Zootec.

# Capítulo 5

## Água na pecuária

### Requerimento animal e gerenciamento das fontes

Alessandro Pelegrine Minho  
Emanuelle Baldo Gaspar

#### Introdução

A água de fato consumida pelos animais, na atividade pecuária, é parte do montante utilizado em toda cadeia produtiva, pois grande parte deste importante recurso natural circula em outros elementos da cadeia. A interação da água com o solo e com as plantas, bem como as estratégias para minimizar as perdas nos sistemas produtivos, principalmente, de produção animal a pasto já foram tratados em capítulos anteriores. Dando continuidade ao tema de manejo hídrico na pecuária, este capítulo trará uma abordagem relativa à interação entre a água e os animais.

A água é o nutriente mais importante para o gado, representando 60-70% do peso vivo (Schroeder, 2008). Para o estabelecimento de uma produção pecuária competitiva, fornecer água em quantidade e qualidade adequada aos animais é fundamental, tanto para a manutenção da saúde e desempenho dos bovinos, quanto para a sustentabilidade da cadeia. Uma perda de água corporal de aproximadamente 10% pode ser fatal para a maioria das espécies de bovinos domésticos, principalmente para os mais jovens (Meehan et al., 2015).

Garantir o abastecimento de água de qualidade, e, ao mesmo tempo, evitar desperdícios, de forma a possibilitar o uso racional deste recurso natural é um desafio cada vez maior para perpetuar a vida e os processos produtivos, tanto nas áreas urbanas quanto nas rurais.

Na atividade pecuária, seja ela de corte ou leiteira, a quantidade e a qualidade da água são fundamentais para suprir as necessidades de consumo dos animais, limpeza e desinfecção das instalações e equipamentos, visando a obtenção de produtos de origem animal que não forneçam risco à saúde humana. Entretanto, infelizmente, aspectos de gestão da qualidade da água e de uso racional da mesma não têm recebido a devida importância.

Portanto, nossa contribuição será no sentido de discorrer sobre a água consumida pelos animais e medidas para garantir o fornecimento adequado e para o uso racional deste recurso.

### **Fatores que afetam o consumo de água**

O consumo de água pelos animais varia em função de fatores intrínsecos, ou seja, relativos aos animais, e extrínsecos ou externos. Dentre estes fatores podemos citar: temperatura e umidade do ar, temperatura da água, produção de leite, período de gestação, intensidade de atividade física, taxa de crescimento, massa corporal, raça, tipo de dieta, ingestão de sal e quantidade de matéria seca ingerida (Mullick et al., 1952; Winchester; Morris, 1956; Hoffman; Self, 1972; Murphy et al., 1983; Crawford et al., 1997; Estados Unidos, 2000; Schlink et al., 2010; Rasby; Walz, 2011).

Os animais de origem zebuína (*Bos taurus indicus*), como as raças Brahman, Nelore, Gir e Guzerá têm uma maior habilidade para se adaptarem ao clima quente e seco e, portanto, podem resistir melhor a curtos períodos de privação de água quando comparados a animais de raças europeias (*Bos taurus taurus*), como Hereford, Angus e Holandesa (Winchester; Morris, 1956).

Todos os fatores que intensificam as perdas de água corporal aumentam os requisitos de ingestão de água dos animais, principalmente dos mais jovens. Os bovinos perdem água pela urina, fezes, suor (em grau limitado) e pela evaporação nos pulmões e na pele. A dieta influencia as perdas de água nas fezes, uma vez que ingredientes ricos em minerais acarretam excreção de água (Schlink et al., 2010). Patologias que causam diarreia ou fezes liquefeitas impactam as perdas de água do animal, agravando o fato de que os bezerros não se adaptam muito bem à restrição de água.

Diferenças sazonais na ingestão de água são comuns, pois são fortemente influenciadas pela temperatura e umidade relativa do ar (Bicudo et al., 2003). Fornecer sombra, principalmente no verão, pode reduzir a ingestão de água (Figura 26). Na ausência de sombreamento natural (Figura 26A), pode-se introduzir estruturas com sombreamento artificial (Figura 26B). Além do sombrite tradicional de polietileno de alta densidade (PEAD), também há no mercado produtos de alumínio que, apesar do maior custo inicial, oferecem vida útil maior e menor gasto com manutenção. Entretanto, apesar de ser uma questão bem estudada no bem-estar animal, a incorporação de sombra nas pastagens de bovinos no Brasil ainda é incipiente.



**Figura 26.** Animais concentrados em áreas sombreadas. Em (A) sombreamento natural, fornecido por árvores de eucalipto. Em (B), como alternativa à ausência de árvores, uma estrutura simples coberta com sombrite fornece sombra artificial aos animais.

Para se ter uma ideia da influência da temperatura do ambiente na ingestão de água, um aumento da temperatura ambiente de 10°C para 32°C pode aumentar o requerimento de ingestão diária de água dos bovinos em até duas vezes e meia (Rasby; Walz, 2011).

O requerimento hídrico de um bezerro de 180 kg é de, aproximadamente, 22 litros de água por dia quando mantido em temperatura ambiente de 21°C. Essa demanda pode aumentar para 35 litros por dia, quando a temperatura atinge 32°C. Com o crescimento do animal, a demanda também cresce proporcionalmente, ou seja, para um bezerro de 272 kg a necessidade de ingestão diária de água passa para 29,5 litros a 21°C e 48 litros a 32°C (Rasby; Walz, 2011).

Além da temperatura ambiente, a temperatura da água também afeta o consumo, pois os animais preferem ingerir água fresca (Bicudo; Gates, 2002). O aquecimento da água pode fazer, inclusive, com que os animais não ingiram a quantidade suficiente para manter os padrões de produção (Bicudo et al., 2003).

Elevação na umidade relativa do ar (URA) pode diminuir ligeiramente os requisitos de ingestão de água.

Nem todas as exigências hídricas do rebanho são supridas pela ingestão direta de água. Vários alimentos contêm água em sua composição e a digestão de alguns pode produzir água no corpo, particularmente, alimentos classificados como de alta energia. A quantidade de matéria seca na dieta é um importante fator influenciador do consumo de água (Rasby; Walz, 2011). Para se ter uma ideia, uma forrageira in natura pode apresentar 75% de água, enquanto na forma de feno pode apresentar apenas cerca de 10%.

Animais mantidos a pasto, ingerindo alimentos com baixo teor de matéria seca, têm suas demandas diárias de ingestão hídrica reduzidas, quando comparados com bovinos que recebem dietas com altos teores de alimentos concentrados (teor de matéria seca 3 a 4 vezes maior do que as forrageiras), e/ ou cuja alimentação é baseada em forragens conservadas (Figura 27). Dietas que incluem alimentos concentrados geralmente apresentam altos níveis de proteínas e sais minerais compostos, que elevam os requisitos de ingestão de água pelo bovino.



**Figura 27.** Necessidade de ingestão hídrica em relação ao tipo de alimento fornecido: quanto maior o teor de matéria seca e menor o teor de umidade do alimento, mais elevada será a ingestão hídrica. (A) Pasto; (B) Silagem; (C) Forragem pré-secada; (D) Feno; (E) Concentrado.

Freqüentemente, a ingestão de água pelos bovinos se dá em picos no final da manhã e durante os períodos mais quentes do dia (Bicudo; Gates, 2002), sendo que em algumas oportunidades um animal pode ingerir em duas horas quase 50% do volume diário estimado. O rebanho tende a pastejar durante a manhã e fim da tarde, depois busca água e, finalmente, procura sombra ou pasteja de forma menos intensa durante as horas mais quentes da tarde.

Os bovinos, principalmente os bezerros recém-desmamados, também são sensíveis ao sabor e ao odor da água, e podem não beber água suja ou contaminada (menos palatável) (Willms et al., 1996). Há trabalhos que relatam um ganho de peso de até 9% maior em bezerros que ingeriram água de boa qualidade, quando comparados a animais que recebiam águas de lagoas (Lardner et al., 2005).

Consumo reduzido de água pode ser sinal de estresse (Meehan et al., 2015). Animais recém alocados no piquete podem recusar a água devido à falta de familiaridade com as fontes, diferença de palatabilidade ou mesmo hierarquia do rebanho. A ingestão de água pelos novos animais deve ser monitorada cuidadosamente, a fim de garantir que eles já tenham identificado a fonte e que já estejam consumindo água. Para os animais jovens deve-se certificar de que a fonte esteja na altura adequada ou que o acesso à mesma seja viável.

Restringir a ingestão de água para níveis abaixo das exigências da categoria resulta na diminuição da ingestão alimentar (Willms et al., 2002; Lardner et al., 2005) e, conseqüentemente, reduz o desempenho zootécnico do animal. A privação de água por longos períodos pode culminar, até mesmo, em morte.

## **Fontes de água**

Para manter o desempenho zootécnico ideal, os animais precisam de acesso a fontes de água limpa em quantidade suficiente para suprir suas necessidades, preferencialmente sem que seja necessário se deslocar por muito tempo ou por longas distâncias (Gerrish et al., 1995).

Diferentes fontes podem ser acessadas pelos animais, desde que a água seja de qualidade e esteja dentro de normas ambientais (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2011) e de segurança alimentar. A qualidade é particularmente relevante na produção leiteira, pois a contaminação da água pode afetar diretamente não só a saúde dos animais, mas também a qualidade dos produtos de origem animal.

A água fornecida para o gado pode ter diversas origens, como lagoas, açudes, rios, riachos, poços, nascentes, ou pode ser fornecida pela rede municipal (pouco comum). Os animais podem acessar a água direto do reservatório ou em bebedouros (Porath et al., 2002).

Se os animais ingerem água direto no reservatório principal da propriedade, o acesso dos mesmos às fontes de água pode contaminar o fornecimento de toda a propriedade. Sempre que possível o acesso dos animais a estes reservatórios deve ser evitado, inclusive com a instalação de cercas (Wright, 2007). Quando há liberdade de acesso, os animais entram nas lagoas, riachos e açudes para se resfriarem durante os períodos mais quentes do dia (Figura 28). Esse hábito pode gerar problemas de casco e contaminação do local com urina e fezes, os quais contêm parasitos, bactérias e vírus patogênicos aos animais e aos seres humanos (Wright, 2007).

Riachos e lagoas têm seus níveis reduzidos nas estações secas do ano, o que pode inviabilizar seu uso como única fonte de água para os animais. É aconselhado sempre verificar as regulamentações municipais, estaduais e federais vigentes para determinar as cotas permitidas de destinação da água retirada do ambiente.

Lagoas profundas geralmente não se aquecem até o ponto em que a temperatura da água possa afetar a ingestão da mesma pelos ruminantes. Por outro lado, as poças, os bebedouros e as lagoas rasas podem ser uma preocupação em períodos quentes, pois, ao longo da tarde, a água aquece, voltando a esfriar somente durante a noite. Bebedouros permitem a higienização regular e evitam que a água fornecida aos animais seja contaminada pelos dejetos. Também, se comparados a fontes com extensa lâmina d'água, permitem menor evaporação, gerando economia do recurso.



Foto: Márcia Silveira

**Figura 28.** Animais tendo acesso direto a fontes de água na propriedade.

### **Fornecimento de água aos animais**

Talvez o aspecto mais importante para o fornecimento de quantidade adequada de água aos animais, sem que haja perdas, seja o planejamento tanto para o dimensionamento quanto para o posicionamento dos bebedouros ou outras fontes de água (McFarland, 2000).

O primeiro fator a ser considerado é o dimensionamento das fontes de água, que está diretamente ligado ao número de unidades animais (UA)<sup>5</sup> a serem mantidas na área. Em áreas muito grandes ou terrenos acidentados o número de bebedouros deve ser maior.

Para um cálculo simples de dimensionamento de bebedouros, deve-se utilizar um comprimento mínimo de quatro centímetros lineares/UA. Deve-se também determinar o número de animais a serem mantidos na área, a fim de estimar o consumo diário de água total tanto para o dimensionamento dos reservatórios quanto da vazão mínima de água.

Um bovino de 450 kg precisa ingerir aproximadamente 40 L de água por dia (Rasby; Walz, 2011). Portanto, num lote de 100 animais, a estimativa de consumo é de 4.000 L/dia. No pico de consumo esses animais poderão consumir até 2.000 L em duas horas. O volume do reservatório, deve ser de, pelo menos, 2.000 L para este período. Outra medida relevante é que a vazão total da tubulação durante um dia deve ser, no mínimo, igual ao consumo do lote neste período. Para um piquete com 100 animais de 450 kg, a vazão mínima diária deve ser de 4.000 L, ou seja, 166 L/hora.

<sup>5</sup>Unidade Animal (UA): refere-se a um animal de 450 kg de peso vivo.

A capacidade dos reservatórios de água deve ser estimada pelo número de animais e tipo de instalações, incluindo o calibre dos encanamentos e o fluxo da fonte (McFarland, 2000). Subdimensionamentos fatalmente resultarão em falha no enchimento do reservatório, havendo o risco de esvaziamento dos bebedouros e gerando privação de água aos animais, o que pode acarretar tentativas frustradas dos bovinos, que poderão mover ou danificar o bebedouro. É, inclusive, recomendável que a boia, ou flutuadores do bebedouro sejam protegidos dos animais para evitar quebras e desperdício de água.

O local de disponibilização dos bebedouros nas pastagens afeta o caminhar e pastejo dos animais no piquete, pois estes deslocam-se várias vezes ao dia em busca de água fresca (Gerrish et al., 1995). Esse fator afeta significativamente o ganho de peso dos animais, principalmente se o lote tiver que percorrer longas distâncias até a fonte de água. O ideal seria que, dentro dos piquetes, as fontes de água estivessem situadas a, no máximo, 300 m de qualquer região disponível para pastejo. Lembrando que o posicionamento de bebedouros nas divisões de cercas, entre dois ou mais piquetes, otimiza o seu uso.

Bovinos se reúnem em torno das fontes de água, especialmente em áreas sombreadas durante o verão. Essas áreas de alto tráfego animal sofrem danos devido ao intenso pisoteio. Estes danos incluem erosão do solo e formação de terrenos lamacentos e com concentração de dejetos animais.

A colocação de bebedouros em pisos de concreto ou outras superfícies resistentes tais como cascalho, pode minimizar essas ocorrências. O piso deve ser áspero ou grosseiro para evitar quedas ou acidentes. Os bovinos têm que ter espaço para colocar apenas suas patas dianteiras na região próxima ao bebedouro, não deixando espaço suficiente para o animal se virar e ficar de costas para o bebedouro, para reduzir o risco de contaminação da fonte de água por fezes e urina.

Outra opção para diminuição dos danos acarretados pelo pisoteio dos animais ao redor da fonte de água, seria a implantação de bebedouros móveis para bovinos. Existem diversos modelos no mercado, baseados em estruturas metálicas ou bombonas de plástico sobre rodas, os quais são abastecidos por mangueiras e alimentados por gravidade ou por bombas. Sua implantação é relativamente rápida e fácil. Bebedouros feitos com bombonas de plástico podem, inclusive, serem customizados pelo produtor, para redução de custos. Este tipo de bebedouro evita ainda a estagnação da água que pode servir como viveiro para a reprodução de mosquitos e outros insetos.

### **Manutenção das fontes de água**

A manutenção de fontes de água limpa para o gado é um imperativo, a fim de evitarem-se perdas na produção e proporcionar uso mais racional de água para dessedentação. Além da limpeza física dos bebedouros, o uso de uma solução

de água sanitária<sup>6</sup>, diluída na proporção de uma parte para 32 partes de água, pode ser utilizado para desinfecção dos mesmos. Esta solução deve ficar em contato com a estrutura do bebedouro por 15 minutos e depois ser enxaguada.

A cloração da água a ser fornecida aos animais também é desejável, principalmente em propriedades produtoras de leite. A cloração pode ser realizada pela instalação de um clorador, um equipamento simples que é carregado com pastilhas de cloro e posicionado junto ao reservatório principal de água (Otenio et al., 2010). É importante que a concentração de cloro na água seja mantida entre 0,5 a 1 mg/L ou ppm, o que pode facilmente ser verificado com utilização de kits comerciais. Este processo auxilia no controle do crescimento bacteriano na água, sem alterar a palatabilidade para os animais e sem alterar a microbiota do rúmen. A cloração da água, embora não elimine todas as bactérias causadoras de doenças e não afete as toxinas já presentes na água, tem bom efeito no controle de microrganismos. Entretanto, apesar de ser adequada para água de bebedouros, não é viável para barragens agrícolas.

O processo de desinfecção da água por cloração não está relacionado com a presença de resíduos clorados nos produtos lácteos, uma vez que a água de bebida não tem contato com o leite, sendo os poucos resíduos clorados anulados pela presença de saliva e matéria orgânica do rúmen. Os resíduos clorados detectados no leite (exemplo: triclorometanos e cloratos) estão frequentemente relacionados com o uso de desinfetantes sem posterior enxágue com água limpa (Siobhan et al., 2012).

Os tratamentos de aeração e decantação (aplicação de sulfatos) em lagoas e/ou águas superficiais podem melhorar a palatabilidade e reduzir a contaminação por algas, o que aumenta significativamente o consumo de água pelos animais, e, conseqüentemente, o consumo de alimentos (Lardner et al., 2005). O incremento no ganho de peso pode atingir mais de 100g por dia em animais adultos.

### **Qualidade da água e contaminação das fontes**

Aves silvestres que porventura caíam no reservatório de água, excrementos ou cadáveres de animais de produção, agrotóxicos, ou resíduos de esgoto são exemplos de contaminantes nas aguadas das propriedades rurais que alteram tanto a qualidade físico-química da água quanto à biológica. A presença de carcaças de animais em bebedouros ou fontes naturais aumenta significativamente o risco de surtos de botulismo no rebanho (Dutra et al., 2001).

As fontes de água podem estar contaminadas em diferentes níveis. Desde pequenos resíduos que não afetam o bem-estar animal, até níveis que afetem o desempenho, a saúde, ou até mesmo a própria sobrevivência do indivíduo.

Da mesma maneira, a qualidade da água afeta diretamente o meio ambiente e a saúde pública (Brasil, 2006), portanto o uso racional da água e a correta

gestão ambiental desse recurso são fundamentais para a sustentabilidade da pecuária do futuro, baseada não somente na renda, mas na qualidade do produto, no bem-estar animal e do ser humano e, ainda, na preservação dos recursos naturais do planeta.

Atenção redobrada deve ser dada nos períodos de seca, pois a diminuição nos níveis das fontes de água reduz consideravelmente a qualidade da mesma, devido ao aumento da biomassa algal e da sua turbidez (Braga et al., 2015), com aumento do risco da concentração de contaminantes químicos e/ou biológicos, além do óbvio risco de escassez desse recurso.

### **Aspectos físico-químicos**

O pH é uma medida de acidez ou alcalinidade da água. Um intervalo de pH aceitável para a água consumida pelo rebanho encontra-se entre 6,5 e 8,0 (Schlink et al., 2010). O pH da água pode influenciar ainda a palatabilidade, corrosividade e eficiência de cloração da água de bebida. Um pH inferior a 5,5 pode causar acidose e levar a uma diminuição da ingestão alimentar e desempenho animal. Por outro lado, água excessivamente alcalina (pH alto) pode causar perturbação digestiva e efeito laxante.

Os teores de sólidos totais dissolvidos (STD) e de salinidade também podem ser utilizados como índices úteis para classificar se a água fornecida aos animais é ou não adequada para os bovinos (Rasby; Walz, 2011). O nível recomendado de STD na água de bebida dos bovinos é de 3.000 ppm ou menos. O fornecimento de água contendo níveis de STD superiores a 4.000 ppm promove redução no consumo de líquidos e de ração. Níveis acima de 10.000 ppm são totalmente inadequados (Wright, 2007).

Os elementos tóxicos para os bovinos mais comumente encontrados em suprimentos de água são chumbo, cádmio e mercúrio. Altos níveis de ferro e sulfato na água podem contribuir para a manifestação de deficiências de cobre e zinco no rebanho. A contaminação por enxofre, ferro e manganês pode diminuir a ingestão pelos bovinos, pois causam alterações no sabor e no odor da água.

O sal (cloreto de sódio) é um STD comum na água de bebida. Alto teor de sal na água pode reduzir a ingestão da mineralização fornecida aos animais no cocho. O nível de tolerância de sal na água para bovinos que recebem mineralização em cocho está entre 1% e 2% (Weeth; Haverland, 1961). No entanto, alguns trabalhos demonstram que os animais são mais sensíveis à água salgada no verão em comparação com o inverno. A água com 2% de salinidade pode ser tóxica para o gado em condições de altas temperaturas.

Muitas vezes, a salinidade pode ser confundida com a dureza da água. Dureza

<sup>6</sup> Água sanitária: solução de hipoclorito de sódio diluído para uso doméstico.

refere-se, principalmente, aos teores de cálcio e magnésio da água (Wright, 2007), enquanto a salinidade refere-se à concentração total de sais dissolvidos. Essa característica de dureza, geralmente, não afeta a aceitação, palatabilidade e ingestão da mesma, entretanto está relacionada à dificuldade na higienização e formação da chamada “pedra de leite” em equipamentos de ordenha.

Os nitratos na água potável também podem ser um problema. Nitratos provenientes de estrume ou fertilizantes podem contaminar os reservatórios de água e causar danos aos animais (Wright, 2007). As fontes propensas ao escoamento dos fertilizantes utilizados em lavouras são mais comumente associadas a problemas com a sanidade dos animais, principalmente nas estações mais secas do ano. Casos crônicos de intoxicação por nitrato podem resultar em redução na ingestão alimentar, taxas de crescimento reduzidas e abortos.

Níveis de nitratos na água menores que 100 ppm geralmente são considerados seguros (Estados Unidos, 2000), enquanto níveis entre 100 e 300 ppm são questionáveis para o consumo animal e acima de 300 ppm são classificados como inseguros.

Sulfatos de sódio, de magnésio, de cálcio e de ferro que podem estar presentes na água atuam como laxantes (Weeth; Hunter, 1971; Loneragan et al., 2001; Grout et al., 2006), sendo o sulfato de sódio o mais laxativo, que normalmente desaparece após algumas semanas. O sulfato de ferro pode reduzir a ingestão de água mais do que outras formas de sulfato.

Pesticidas pulverizados no rebanho, ou presentes em brincos, podem ser transferidos para as fontes de água em que os animais têm acesso direto (Schroeder, 2008). Situações como esta representam exemplos claros de uso não racional da água na atividade pecuária. As regiões que ainda utilizam banheiros de imersão para o controle de ectoparasitos em bovinos geram milhares de litros de água contaminada com químicos antiparasitários, que são, via de regra, descartados no ambiente, levando à contaminação das aguadas das propriedades.

Vale salientar que nunca se deve utilizar recipientes vazios de herbicidas, pesticidas ou fertilizantes para o transporte de água ou para estoque (Brasil, 2002). Há vários relatos de morte de animais em decorrência de água contaminada com compostos nitrogenados presentes em frascos de fertilizantes. Existe ainda o risco dos bovinos acumularem resíduos químicos em seus tecidos acima dos limites permitidos na legislação e, quando detectados, resultam em graves consequências econômicas ao mercado dos produtos de origem animal.

Após eventos meteorológicos severos, como tempestades (Wright, 2007), deve-se observar cuidadosamente o rebanho, a fim de identificar quaisquer sinais que sugiram desidratação, pois a contaminação das fontes pode suprimir a ingestão de água, já que o excesso de chuvas pode carregar contaminantes, tais como terra e restos de árvores para as fontes de água, além de revolver o fundo dos reservatórios.

### **Aspectos biológicos**

Via de regra, as fontes de águas não são estéreis e a contaminação microbiológica é, até certo nível, aceitável. As resoluções 357/2005; 410/2009 e 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) versam sobre a qualidade de água aceitável, entre outros usos, para o consumo animal. Vale mencionar que o valor aceitável de contaminação por coliformes fecais<sup>7</sup> é bem menor para animais criados em confinamento. Ou seja, neste caso, a qualidade da água tem que ser superior (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2011).

Porém, além da contaminação inerente a qualquer fonte de água, quando os animais são dessedentados por águas de lagoas, riachos ou açudes, estas aguadas são contaminadas pelo acesso direto de animais e por seus dejetos (fezes e urina) (Wright, 2007). Não só bactérias, como vírus e parasitas patogênicos também podem ser veiculados aos animais pelo contato com a água contaminada.

A maioria dos microrganismos presentes nas fezes animais é potencialmente patogênica (pode causar doenças aos animais e aos seres humanos) (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2020), sendo que a contaminação das águas com dejetos contribui para a redução da saúde e do desempenho animal, tornando-se assim fonte de prejuízo econômico e risco para a saúde pública. Além disso, o uso de antimicrobianos na agropecuária é um fator que reforça o cenário atual de alta prevalência de bactérias resistentes aos medicamentos, nesse contexto introduzimos o conceito de Saúde Única (saúde animal, humana e ambiental), altamente relacionado à qualidade da água dos mananciais (McEwen; Collignon, 2018).

Reservatórios nos quais os animais têm livre acesso podem atingir concentrações de coliformes acima dos limites permitidos por lei (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2011), aumentando o risco de doenças gastrintestinais no rebanho.

Muitos produtores rurais acreditam que pelo fato de terem água de mina ou de outra fonte natural, a mesma possui excelente qualidade microbiológica, o

<sup>7</sup> Bactérias presentes em grandes quantidades nos intestinos de seres humanos, bovinos e outros animais de sangue quente.

<sup>8</sup> Algas azuis

que não é corroborado pelos resultados de pesquisas científicas em diversos estados do país. A água de poços e minas pode estar contaminada, apesar de sua aparência inodora e incolor, sendo que a contaminação microbiológica pode variar ao longo do ano (Amaral et al., 1995; Rocha et al., 2006; Marcílio et al., 2009).

Além da contaminação por bactérias, vírus e parasitas potencialmente patogênicos, as águas também podem estar contaminadas por cianobactérias<sup>8</sup> que, em determinadas condições no ambiente, podem produzir neurotoxinas ou hepatotoxinas (cianotoxinas) que podem, até mesmo, levar os bovinos a óbito. Para isso, as resoluções do CONAMA também dispõem sobre valores máximos tolerados de cianobactérias (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2011).

Existem diversas doenças veiculadas pela água. Exemplos destas doenças podem ser visualizados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Principais doenças dos bovinos veiculadas pela água

Doença	Tipo de agente causal	Principais sinais clínicos	Potencial zoonótico
Criptosporidiose	Parasito	Diarreia	Sim
Giardíase	Parasito	Diarreia	Sim
Colibacilose	Bactéria	Diarreia	Sim
Leptospirose	Bactéria	Aborto, falhas reprodutivas	Sim
Salmonelose	Bactéria	Diarreia	Sim
Campilobacteriose	Bactéria	Abortos, gastroenterites	Sim
Fasciolose	Parasito	Anemia, problemas hepáticos	Ocasional
Botulismo	Bactéria	Paralisia flácida	Ocasional
Carbúnculo hemático	Bactéria (toxina)	Edema, hemorragia	Ocasional
Carbúnculo sintomático	Bactéria (toxina)	Claudicação (manqueira), toxemia	Não
Actinomicose	Fungo	Problemas de pele	Não
Mastite	Bactéria	Mastite	Não
Pododermatite	Bactéria	Claudicação (manqueira)	Não
Doenças respiratórias	Vírus	Pneumonia	Não
Enterites virais	Vírus	Diarreia	Não

Fonte: Atwill et al. (2012), Praveen et al. (2016) e Lenaker et al. (2017).

## Peculiaridades do gado leiteiro

A água constitui 87% do leite, sendo que 30% da água consumida pela vaca em lactação, durante um dia, pode ser secretada junto ao leite. Assim, os requisitos hídricos do gado leiteiro são fortemente influenciados pelo estágio de lactação e nível de produção de leite. Aproximadamente 83% da necessidade hídrica do gado leiteiro é suprida pelo consumo de água, sendo o restante ingerido junto dos alimentos (silagem, ração, forragem verde ou pré-secada, feno e/ou sal mineral). Embora também seja importante para o gado de corte, a gestão da qualidade da água é estratégica para a produção leiteira, pois a água de baixa qualidade com relação aos parâmetros microbiológicos pode não só contaminar os animais, mas também contaminar o leite estocado (Lunder; Breene, 1996; Amaral et al., 2003).

Alta contagem microbiana no tanque resfriador em propriedades com poucos casos de mastite subclínica e com contagem de célula somática baixa, possivelmente indica contaminação pós-ordenha, o que pode ser atribuído à lavagem do equipamento com água contaminada.

A implantação de um programa de gestão estratégica da qualidade da água nas propriedades leiteiras pode auxiliar significativamente na melhoria da qualidade do leite, na produtividade e na rentabilidade de grande parte das propriedades produtoras, pois influencia na melhoria da sanidade do rebanho e na higienização das instalações e dos tanques resfriadores (fontes comuns de contaminação do leite por bactérias do ambiente).

Além da melhoria na saúde animal e humana, a gestão das fontes de água acarreta ainda um impacto ambiental positivo, contribuindo diretamente na sustentabilidade da atividade rural.

Um estudo demonstrou que, na criação de bovinos leiteiros, apenas 10% da água consumida é referente à dessedentação animal, 37% refere-se à água usada na ordenha/limpeza dos equipamentos e o maior valor, 48% foi consumido na limpeza do piso (Palhares et al., 2016). A partir destes valores nota-se mais facilmente a importância dos cuidados na sala de ordenha para a economia de água. A instalação de hidrômetros, que permitem o acompanhamento do consumo, bem como a utilização de lavadoras sob pressão, mangueiras com reguladores de fluxo, melhoria da eficiência de raspagem do piso, são recursos baratos que podem representar economia significativa de água na produção de leite. Mudanças de hábitos e manejos simples podem resultar em economia de até 30% no consumo, o que é bastante significativo.

Assim, proteger as nascentes e promover a gestão adequada das fontes, como, por exemplo, realizar a vedação e higienização periódica de caixas d'água, são medidas simples, mas fundamentais para que o produtor assegure a produção de leite de boa qualidade, além de minimizar problemas de saúde no rebanho, de interesse na saúde pública, ou relacionados à legislação ambiental.

### **Considerações finais**

As exigências de água para a manutenção do rebanho bovino brasileiro podem competir com as da população humana, ou com as demandas da produção agrícola do país. Portanto, a utilização racional da água na propriedade torna-se cada dia mais necessária, especialmente se levarmos em conta a previsão de cenários futuros do comércio internacional de produtos de origem animal.

Com relação ao uso da água pelos animais, principalmente aqueles criados a pasto, alguns aspectos fundamentais devem ser considerados pelos produtores. O primeiro é relacionado à qualidade da água, o que pode ser garantido com as medidas discutidas ao longo deste capítulo, tais como, impedir o acesso dos animais às fontes, manutenção e limpeza periódica destas, construção de bebedouros e tratamento da água, quando possível. O segundo aspecto é com relação ao fornecimento de quantidade adequada aos animais. Finalmente, outro aspecto que nem sempre é observado, mas que é tão importante quanto os primeiros, diz respeito ao uso racional da mesma, evitando-se desperdício. Medidas como o controle da água captada e consumida, pela instalação de hidrômetros ou ainda a reutilização da água de lavagem dos equipamentos e instalações de leiterias para a fertirrigação, podem ser simples, mas representam economia com relação ao uso da água.

Tanto do ponto de vista sanitário, quanto de redução do consumo, o ideal é a construção de bebedouros para o fornecimento de água de beber aos animais. Nestes é possível fazer limpeza e desinfecção periódicas e usar água tratada. Além disso, este tipo de fonte não fornece acesso à imersão dos animais na água, minimizando a transmissão de doenças de veiculação hídrica. Também proporcionam menores perdas por evaporação, se comparados a fontes com grandes áreas de lâmina d'água e permitem o controle de captação e consumo de água.

Porém, os custos de implantação de bebedouros muitas vezes inviabilizam seu uso em propriedades. Na impossibilidade de construir bebedouros, é desejável o acesso a sombreamento em abundância, para evitar que os animais permaneçam longos períodos imersos nas fontes de água, pois quanto maior o tempo de permanência dos animais dentro d'água, maior a chance de contaminação da mesma.

Além das questões ambientais referentes aos mananciais, a melhoria na qualidade da água pode ter um impacto profundo na saúde, no bem-estar e no desempenho dos animais e, conseqüentemente, na lucratividade da propriedade.

De forma geral, a gestão eficiente dos recursos hídricos deve assumir uma posição de destaque no planejamento do controle sanitário do rebanho, sempre vinculando quantidade e qualidade de água à produção animal, de forma a tornar mais racional o uso desse recurso.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Microbiologia clínica para o controle de infecção relacionada à assistência à saúde**: módulo 10: detecção dos principais mecanismos de resistência bacteriana aos antimicrobianos pelo laboratório de microbiologia clínica. Brasília, DF, 2020. 160 p.

AMARAL, L. A.; NADER FILHO, A.; ROSSI JUNIOR, O. D.; PENHA, L. H. de C. Características microbiológicas da água utilizada no processo de obtenção do leite. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 15, n. 2/3, p. 85-88, 88, abr./set. 1995.

AMARAL, L. A.; ROSSI JÚNIOR, O. D.; NADER FILHO, A.; FERREIRA, F. L. A.; BARROS, L. S. S. Ocorrência de *Staphylococcus* sp. em água utilizada em propriedades leiteiras do Estado de São Paulo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 55, n. 5, p. 620-623, out. 2003.

ATWILL, E. R.; LI, X.; GRACE, D.; GANNON, V. Zoonotic waterborne pathogen loads in livestock., p. 115-56. In: DUFOUR, A.; BARTRAM, J.; BOS, R.; GANNON, V. (ed.). **Animal waste, water quality and human health**. London: IWA Publ., 2012. 476 p.

BICUDO, J. R.; AGOURIDIS, C. T.; WORKMAN, S. R.; GATES, R. S.; VANZANT, E. S. Effects of air and water temperature, and stream access on grazing cattle water intake rates. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2003, St. Joseph. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 2003. Paper 34034.

BICUDO, J. R.; GATES, R. S. Water consumption, air and water temperature issues related to portable water systems for grazing cattle. In: ASABE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2002, St. Joseph. **Proceedings...** St. Joseph: ASABE, 2002. Paper 24052.

BRAGA, G. G.; BECKER, V.; OLIVEIRA, J. N. P.; MENDONÇA JUNIOR, J. R.; BEZERRA, A. F. M.; TORRES, L. M.; GALVÃO, Â. M. F.; MATTOS, A. Influence of extended drought on water quality in tropical reservoirs in a semiarid region. **Acta Limnológica Brasiliensis**, v. 27, n. 1, p. 15-23, 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de procedimentos em vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Brasília, DF, 2006. 284 p.

BRASIL. Presidência da República. Decreto nº 4074, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa... **Diário Oficial da União**: seção 1, ano 139, n. 5, p. 1-12, 8 jan. 2002. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=08/01/2002&jornal=1&pagina=1&totalArquivos=104>. Acesso em: 8 out. 2021.

CRAWFORD, R. J.; COLE, E.; CARPENTER, J. **Effect of water source and quality on water intake and performance of steers grazing tall fescue**. Columbia: Southwest Missouri Agricultural Experiment Station, 1997. p. 2-7. (Research report).

DUTRA, I. S.; DÖBEREINER, J.; ROSA, I. V.; SOUZA, L. A.; NONATO, M. Surtos de botulismo em bovinos no Brasil associados à ingestão de água contaminada. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 43-48, abr./jun. 2001.

ESTADOS UNIDOS. National Research Council. Subcommittee on Beef Cattle Nutrition. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7th rev. ed. Washington: National Academic Press, 2000. 232 p. (Nutrient requirements domestic animals).

GERRISH, J. R.; PETERSON, P. R.; MORROW, R. E. Distance cattle travel to water affects pasture utilization rate. **American Forage and Grassland Council**, v. 4, p. 61-65, 1995.

GROUT, A. S.; VEIRA, D. M.; WEARY, D. M.; VON KEYSERLINGK, M. A. G.; FRASER, D. Differential effects of sodium and magnesium sulfate on water consumption by beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 5, p. 1252-1258, May 2006.

HOFFMAN, M. P.; SELF, H. L. Factors affecting water consumption by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 35, n. 4, p. 871-876, 1972.

LARDNER, H. A.; KIRYCHUK, B. D.; BRAUL, L.; WILLMS, W. D.; YAROTSKI, J. The effect of water quality on cattle performance on pasture. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 56, n. 1, p. 97-104, 2005.

LENAKER, P. L.; CORSI, S. R.; BORCHARDT, M. A.; SPENCER, S. K.; BALDWIN, A. K.; LUTZ, M. A. Hydrologic, land cover, and seasonal patterns of waterborne pathogens in Great Lakes tributaries. **Water Research**, v. 113, p. 11-21, Apr. 2017.

LONERAGAN, G. H.; WAGNER, J. J.; GOULD, D. H.; GARRY, F. B.; THOREN, M. A. Effects of water sulfate concentration on performance, water intake, and carcass characteristics of feedlot steers. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 12, p. 2941-2948, Dec. 2001.

LUNDER, T.; BREENNE, E. Factors in the farm pollution production affection bacterial content in raw milk. In: SYMPOSIUM ON BACTERIOLOGICAL QUALITY OF RAW MILK, 1996, Wolfpassing. **Proceedings...** Brussels: IDF, 1996. p. 103-107.

MARCÍLIO, T.; PICININ, L. C. A.; OLIVEIRA, S.; BALENSIEFER, K.; FUCK, J. J.; JOÃO, J. H. Avaliação da qualidade da água de propriedades leiteiras do município de Urupema, SC. **Indústria de Laticínios**, v. 14, p. 48-50, 2009.

MCEWEN, S. A.; COLLIGNON, P. J. Antimicrobial resistance: a one health perspective. **Microbiology Spectrum**, v. 6, n. 2, Apr. 2018. Não paginado.

MCFARLAND, D. F. Feed area and water space design. In: CONFERENCE DAIRY HOUSING AND EQUIPMENT SYSTEMS: MANAGING AND PLANNING FOR PROFITABILITY, 2000, Camp Hill. **Proceedings...** Ithaca: NRAES, 2000. p. 297-314. (NRAES, 129).

MEEHAN, M. A.; STOKKA, G. L.; MOSTROM M. S. Livestock water requirements. Fargo: NDSU Extension Service, 2015. 1 fôlder.

Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes,

complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005... **Diário Oficial da União**, 16 maio 2011. Seção 1, p. 89-91. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=16/05/2011&jornal=1&pagina=89&totalArquivos=132> Acesso em: 25 mar. 2022.

MULLICK, D. N.; MURTY, V. N.; KEHAR, N. D. Seasonal variations in the feed and water intake of cattle. **Journal of Animal Science**, v. 11, n. 1, p. 42-49, 1952.

MURPHY, M. R.; DAVIS, C. L.; MCCOY, G.C. Factors affecting water consumption by Holstein cows in early lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 66, n. 1, p. 35-38, 1983.

OTENIO, M. H.; CARVALHO, G. L. O. de; SOUZA, A. M. de; NEPOMUCENO, R. S. C. **Cloração de água para propriedades rurais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2010. 4 p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado técnico, 60.).

PALHARES, J. C. P.; MACKAY, A. D.; PEDROSO, A. M.; RODRIGUES, A. P. O.; NAVE, A. G.; DOMINATI, E. J.; FARAH, F. T.; CHIZZOTTI, F. H. M.; LAMONATO, F. H. F.; MORO, G. V.; LIMA, G. J. M. M. de; SANTOS, J. L. dos; PRADOS, L. F.; LUNDSTEDT, L. M.; FERREIRA, L.; SILVA, L. F. C. e; ALEJANDRA HERRERO, M.; CHIZZOTTI, M. L.; MANZKE, N. E.; OLIVEIRA, P. A. V. de; ROTTA, P. P.; RODRIGUES, R. R.; NICOLOSO, R. da S.; VIBART, R. E.; VALADARES FILHO, S. de C.; GANDOLFI, S. (org.). **Produção animal e recursos hídricos**. São Carlos: Cubo, 2016. 1186 p.

PORATH, M. L.; MOMONT, P. A.; DELCURTO, T.; RIMBEY, N. R.; TANAKA, J. A.; MCINNIS, M. Offstream water and trace mineral salt as management strategies for improved cattle distribution. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 2, p. 346-356, Feb. 2002.

PRAVEEN, P. K.; GANGULY, S.; WAKCHAURE, R.; PARA, P. A.; MAHAJAN, T.; QADRI, K.; DALAI, N. Water-borne diseases and its effect on domestic animals and human health: a review. **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering**, v. 6, n. 1, p. 242-245, 2016.

RASBY, R. J.; WALZ, T. M. **Water requirements for beef cattle**. Lincoln: University of Nebraska: Lincoln Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, 2011. 3 p.

ROCHA, C. M. B. M. da; RODRIGUES, L. dos S.; COSTA, C. C.; OLIVEIRA, P. R. de; SILVA, I. J. da; JESUS, É. F. M. de; ROLIM, R. G. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999- 2000. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 22, n. 9, p. 1967-1978, set. 2006.

SCHLINK, A. C.; NGUYEN, M. L.; VILJOEN, G. J. Water requirements for livestock production: a global perspective. **Revue Scientifique et Technique**, v. 29, n. 3, p. 603-619, Dec. 2010.

SCHROEDER, J. W. **Water needs and quality guidelines for dairy cattle**. Fargo: NDSU Extension Service, 2008. 1 fôlder.

SIOBHAN, R.; DAVID, G.; KIERAN, J.; AMBROSE, F.; BERNADETTE, O. B. Evaluation of trichloromethane formation from chlorine-based cleaning and disinfection agents in cow's milk. **International Journal of Dairy Technology**, v. 65, n. 4, p. 498-502, 2012.

WEETH, H. J.; HAVERLAND, L. H. Tolerance of growing cattle for drinking water containing sodium chloride. **Journal of Animal Science**, v. 20, n. 3, p. 518-521, 1961.

WEETH, H. J.; HUNTER, J. E. Drinking of sulfate-water by cattle. **Journal of Animal Science**, v. 32, n. 2, p. 277-281, 1971.

WILLMS, W. D.; KENZIE, O. R.; MCALLISTER, T. A.; COLWELL, D.; VEIRA, D.; WILMSHURST, J. F.; ENTZ, T.; OLSON, M. E. Effects of water quality on cattle performance. **Journal of Range Management**, v. 55, n. 5, p. 452-460, Sept. 2002.

WILLMS, W. D.; KENZIE, O.; QUINTON, D.; WALLIS, P. The water source as a factor affecting livestock production. In: CANADIAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE ANNUAL MEETING, 1996, Lethbridge. **Meeting future challenges: water resources and agriculture: protecting our future: proceedings**. Ottawa: CSAS, 1996. p. 41-46.

WINCHESTER, C. F.; MORRIS, M. J. Water intake rates of cattle. **Journal of Animal Science**, v. 15, n. 3, p. 722-740, 1956.

WRIGHT, C. L. Management of water quality for beef cattle. **Veterinary Clinics of North America: food animal practice**, v. 23, n. 1, p. 91-103, Mar. 2007.

*A abordagem sobre alternativas de manejo que melhorem o uso da água na pecuária é conduzida nesta obra de forma a discutir alguns dos importantes efeitos que o manejo pode acarretar ao longo dos níveis ou elos do ecossistema pastagem.*

*Esse manejo envolve o uso de tecnologias de processos, que nada mais são do que o uso de conhecimentos e princípios, de forma prática, visando aumentar a produtividade e minimizar os custos ambientais.*

*Dentro dessa lógica, a abordagem se dá considerando o uso dessas tecnologias de processo como alternativas de gerenciamento da água em sistemas pecuários a pasto. Assim, espera-se contribuir com informações que possam agregar conhecimentos à compreensão e conscientização dos leitores, assim como orientar a tomada de decisão dos atores da cadeia de forma a impactar positivamente no uso da água na pecuária.*

