




Modeling water consumption in goats and sheep: review of the main equations used


Modelagem do consumo hídrico em caprinos e ovinos: revisão das principais equações utilizadas


RODRIGUES, Marcelo Caique Félix⁽¹⁾; SIMÃO, Joanigo Fernando⁽²⁾; DA SILVA, Jennifer Nandes Pereira⁽³⁾; BRITO, Janaina Araújo Moreira⁽⁴⁾; ARAÚJO, Janiele Santos⁽⁵⁾; GOIS, Glayciane Costa⁽⁶⁾; ARAÚJO, Cleyton de Almeida⁽⁷⁾


⁽¹⁾  0000-0002-0465-2431; Universidade Federal do Vale do São Francisco. Petrolina (PE), Brasil. zoot.marcelofelix@gmail.com


⁽²⁾  0009-0004-5663-4958; Universidade Federal do Vale do São Francisco. Petrolina (PE), Brasil. joanigosimao@gmail.com

⁽³⁾  0000-0001-5138; Universidade Federal do Vale do São Francisco. Petrolina (PE), Brasil. jennifernps@hotmail.com

⁽⁴⁾  0009-0006-3980-4841; Universidade Federal do Vale do São Francisco. Petrolina (PE), Brasil. jananiamb18@gmail.com

⁽⁵⁾  0000-0002-9215-7931; Universidade Federal do Vale do São Francisco. Petrolina (PE), Brasil. jaanielesantos@gmail.com

⁽⁶⁾  0000-0002-4624-1825; Universidade Federal do Maranhão. Chapadinha, Maranhão (MA). Brasil. glayciane_gois@yahoo.com.br

⁽⁷⁾  0000-0003-3636-2890; Universidade Federal do Vale do São Francisco. Petrolina (PE), Brasil. cleyton.araujo@univasf.edu.br

O conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos/as seus/as autores/as.

ABSTRACT

Efficient water resource management is a crucial challenge for small ruminant production, especially in tropical and semiarid regions. This review article aims to gather and discuss the main equations and approaches used to estimate water consumption in sheep, highlighting the importance of mathematical modeling in simulating water requirements. The analysis includes variables such as dry matter intake, metabolizable energy, body weight, ambient temperature, as well as estimation techniques such as isotopic dilution of body water. Water losses through different physiological pathways and the effects of temperature and water restriction on animal performance are also addressed. The review demonstrates that there is no universally applicable equation, and it is essential to adapt models to specific environmental, physiological and production conditions. In this sense, an integrated understanding of the factors that influence water consumption is essential for the formulation of more sustainable and efficient diets and management strategies.

RESUMO

A gestão eficiente dos recursos hídricos é um desafio crucial para a produção de pequenos ruminantes, sobretudo em regiões tropicais e semiáridas. Este artigo tem como objetivo reunir e discutir as principais equações e abordagens utilizadas para estimar o consumo de água em ovinos, destacando a importância da modelagem matemática na simulação das exigências hídricas. A análise contempla variáveis como consumo de matéria seca, energia metabolizável, peso corporal, temperatura ambiente, além de técnicas de estimativa como a diluição isotópica da água corporal. Também são abordadas as perdas hídricas por diferentes vias fisiológicas e os efeitos da temperatura e da restrição hídrica no desempenho animal. A revisão demonstra que não há uma equação universalmente aplicável, sendo essencial a adaptação dos modelos às condições ambientais, fisiológicas e produtivas específicas. Nesse sentido, a compreensão integrada dos fatores que influenciam o consumo de água é fundamental para a formulação de dietas e estratégias de manejo mais sustentáveis e eficientes.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Histórico do Artigo:

Submetido: 14/11/2025

Aprovado: 02/03/2026

Publicação: 21/21/2026



Keywords:

Water efficiency, consumption equations, water consumption, mathematical modeling.

Palavras-Chave:

Eficiência hídrica, equações de consumo, consumo de água, modelagem matemática.

Introdução

A programação e a modelagem matemática são ferramentas fundamentais na simulação de sistemas de produção animal. A modelagem permite representar estratégias e processos biológicos, simulando as interações entre fatores físicos e fisiológicos nos sistemas de criação (Tedeschi *et al.*, 2011). Atualmente, modelos matemáticos são amplamente utilizados para aumentar a eficiência alimentar dos rebanhos, mitigar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e reduzir as perdas de nutrientes para o meio ambiente, promovendo a sustentabilidade dos sistemas pecuários (Bell *et al.*, 2015).

A modelagem em ciência animal é marcada por desafios como a variabilidade dos sistemas biológicos, interações entre nutrição, genética e ambiente, além das restrições práticas da coleta de dados. Logo, a aplicação modelagem em ciência animal requer considerações e adaptações específicas (Tedeschi *et al.*, 2025). A aplicação de modelos ao longo do ciclo produtivo é essencial para compreender os efeitos no consumo de água e as respostas fisiológicas dos animais, permitindo o aprimoramento da avaliação de forragens e da formulação de dietas mais eficientes (Rashamol *et al.*, 2019).

A gestão dos recursos hídricos é o maior desafio da atualidade, especialmente quando a escassez desse recurso acarreta graves consequências socioeconômicas e ambientais, causadas tanto pela escassez física quanto pela má gestão (Peixoto *et al.*, 2022). Embora existam diversas equações matemáticas utilizadas para estimar o consumo de água em animais, muitas são independentes entre si e utilizadas dentro de sistemas de simulação. De acordo com Appuhamy *et al.* (2016), a maioria dos modelos existentes requer o consumo de matéria seca dos animais, o que pode não estar rotineiramente disponível em fazendas comerciais. Outros modelos existentes permitem prever o consumo de água livre sem usar o consumo de matéria seca, como abordado por Liu *et al.* (2025) ao desenvolver um modelo de equação de regressão preditiva do comportamento de ingestão hídrica de vacas leiteiras com base na variação da temperatura ruminal, trazendo uma nova perspectiva sobre o manejo hídrico de animais leiteiros.

Dessa forma, o objetivo desta revisão é apresentar as principais equações utilizadas para estimar o consumo e a utilização da água em caprinos e ovinos.

Revisão Bibliográfica

A água e sua utilização na estimativa da composição corporal em animais vivos

A ingestão de água tem sido amplamente estudada nos últimos anos, pois reflete a variação no consumo alimentar mediante ajuste do ganho de peso, e composição corporal. O resíduo dessa determinação representa a variação nas exigências para processos metabólicos basais e não diferenças na produtividade, constituindo uma característica relevante na busca por indicadores biológicos de eficiência alimentar (Montanholi *et al.*, 2017).

O consumo de água (CA) varia de acordo com o consumo de matéria seca (CMS), a temperatura ambiente e a perda de água dos tecidos corporais. Também são considerados o consumo de concentrado e forragem, consumo de água em kg ou em minutos, tempo total de consumo, número diário de visitas ao cocho de concentrado ou vezes de fornecimento e bebedouro (Montelli *et al.*, 2019).

Embora o peso corporal (PC) seja comumente utilizado como parâmetro para determinar as necessidades energéticas e nutricionais dos animais ruminantes, a avaliação da condição corporal, estimada por meio do índice de condição corporal (ICC), proporciona maior precisão e pode modificar os objetivos do programa de manejo (Xiong *et al.*, 2023). No entanto, a quantificação da massa magra e da gordura é mais precisa quando é obtida pela estimativa do total de água corporal (ACT), sendo utilizado um ou mais marcadores de diluição de água corporal, como o antipireno (Janus e Suszycka, 1996), a água deuterada (Al-Ramamneh *et al.*, 2010), a água tritiada (Silanikove *et al.*, 1987) e a ureia (Agnew *et al.*, 2005), desde que sejam aplicados os fatores de correção adequados (Sheng e Huggins, 1979),

A relação inversa entre o volume total de água corporal (ACT) e o peso corporal (PC) com a quantidade de gordura corporal é usada para desenvolver equações que estimam a composição corporal com base em dados de abate (NRC, 2007). Normalmente a quantidade de ACT varia de 51 a 81% do Peso corporal, porém, quando a água presente no trato gastrointestinal é removida, esta concentração fica em torno de 55 e 68%. A variação no ACT ou no peso corporal livre de ingestão apresenta relação direta com o teor de gordura, pois a gordura não contém água.

Em animais adultos, o conteúdo de água da massa corporal livre de gordura é relativamente constante, podendo variar de 68 a 76%. Da massa livre de água, cerca 80 a 82% é composta por proteína e 18 a 20% por minerais (Gerhard *et al.*, 1996). É possível estimar a quantidade de massa magra e de gordura corporal com base no peso corporal magro corrigido pela água intestinal, considerando que a massa corporal magra é composta por 73% de água. A gordura corporal pode, então, ser estimada subtraindo-se a massa corporal magra do peso corporal vazio (NRC, 2007).

A água metabólica é uma fonte estratégica de hidratação para os animais, especialmente em ambientes com oferta hídrica limitada, gerada conforme o tipo de substrato energético metabolizado (100 g de carboidratos = 60 g de água, 100 g de proteína = 42 g de água, 100 g de lipídios = 110 g de água). Embora os lipídios sejam a principal fonte potencial de água metabólica, a hidrólise de gorduras resulta em menor retenção líquida efetiva quando comparada à oxidação de carboidratos (Araújo *et al.*, 2010). Assim, com a informação de que a quantidade de água formada por oxidação no organismo depende do tipo de alimento metabolizado, dietas com maior densidade energética oferecidas a ovinos em ambiente semiárido possivelmente resultam em maior produção de água metabólica, permitindo que os animais mantenham seu desempenho produtivo independentemente das restrições hídricas

(Moura *et al.*, 2020). Oliveira *et al.* (2024) observaram que cordeiros em região semiárida submetidos à restrição hídrica e em dieta hiperenergética expressaram naturalmente as respostas termorregulatórias, pois a dieta energética proporciona a formação de maior quantidade de água metabólica com a oxidação de nutrientes, em virtude da maior quantidade de carboidratos na dieta hiperenergética provavelmente aumentar a produção de água metabólica.

Captação de água

Determinar a exigência hídrica é um processo que exige a resolução de uma equação de balanço hídrico, em que o consumo de água deve ser suficiente para compensar todas as perdas de água. Contudo, o consumo voluntário de água, por meio do consumo de água livre, é considerado a principal variável a ser atendida para suprir a exigência hídrica do animal, sendo estimada pela equação abaixo (NRC, 2007):

$$CA = CAL + AL + AMe + ARe + (AI)$$

em que: CAL- consumo de água livre, AL- água presente nos alimentos, AMe- água metabólica produzida pela oxidação química dos nutrientes metabolizados dos alimentos, ARe- água liberada dos reservatórios fisiológicos dos tecidos, além da água do compartimento intracelular (ICF) que é liberada durante a decomposição das proteínas (como a do músculo) e, AI- medida da água inspirada, necessária para uma estimativa de consumo de água para equilibrar a equação do balanço hídrico.

Em animais em liberdade, a medição direta do consumo de água livre é limitada e a exigência hídrica pode ser estimada por através de diluição isotópica da água. Isótopos como óxido de trítio (T₂O) e óxido de deutério (D₂O) são usados para calcular a taxa de renovação da água (TRA) (Preston, 1969). Quando o animal está em equilíbrio hídrico, a taxa de renovação da água fornece uma estimativa das entradas de água, desde que se corrija a superestimação do volume do reservatório, conforme reportado por Sheng e Huggins (1979).

Segundo o NRC (2007), durante as primeiras semanas de vida, a ingestão de água proveniente do leite materno supre as exigências hídricas de cordeiros lactentes durante duas a três semanas de vida, regredindo de forma exponencial com o tempo. Após o desmame, o consumo de água dos cordeiros depende do consumo de matéria seca e da taxa de crescimento. O NRC (2007) estima que a exigência hídrica para crescimento após desmame de ovinos é em média de 143 mL/kg peso metabólico (PC^{0.75}), com variações entre 137 e 164 mL/kg PC^{0.75} dependendo da espécie e das condições ambientais. Em campo, o TRA pode ser ainda mais elevado, superando 350 mL/kg PC^{0.75}, especialmente quando os animais consomem forragens com alto teor de umidade, o que pode resultar em ingestão hídrica superior às exigências fisiológicas previstas (NRC, 2007).

Perda de água

A água pode ser perdida para o meio por evaporação durante a respiração, pela transpiração (cutânea), através de baba ou lambedura (perda de água insensível - EAL), urina (U) e nas fezes (F). A perda sensível de água está relacionada à temperatura ambiente e à exposição à radiação solar. Algumas adaptações fisiológicas ajudam a minimizar essas perdas, como os permutadores de calor nasais que reduzem significativamente a perda de água por evaporação em espécies adaptadas tanto a ambientes quente, quanto frios (Blix *et al.*, 1983).

A proporção de calor metabólico que é dissipada do corpo do animal por evaporação aumenta com o aumento das temperaturas ambientais e um gradiente de temperatura decrescente entre o animal e o ar. As diferenças na proporção de resfriamento evaporativo para perda total de calor (calor produzido) são variáveis de espécie para espécie e que a proporção evaporativa do gado se apresenta entre 16,6–18,3 °C (Silanikove, 2000).

Quando o consumo de água (CA) é reduzido, há uma diminuição na evaporação cutânea e respiratória. Essa redução também se associa à menor perda urinária e fecal. A perda urinária depende da capacidade do animal de concentrar a urina (NRC, 2003), enquanto a perda fecal está ligada à eficiência na reabsorção de água no intestino, resultando em fezes mais secas. Espécies bem adaptadas a climas quentes podem concentrar a urina acima de 2,000 mOsm/L, enquanto a maioria dos ruminantes atinge até 500 mOsm/L (NRC, 2007).

A perda de água pode ser estimada pela seguinte equação (NRC, 2007):

$$PA = EAL + U + F + TAL + MAL$$

onde TAL- perda de água devido à expansão dos reservatórios fisiológicos, mais o ganho de água nos tecidos durante a acumulação de massa magra, e MAL- perda de água no leite.

Assumindo que um animal atinge o estado estacionário através do consumo de água livre, então:

$$CAL = PA - (AL + AMe + ARe)$$

A TRA pode ser estimada a partir do Peso corporal (PC) e as variáveis AL e AMe podem ser estimadas a partir do consumo de matéria seca (CMS), conteúdo de água da ração e da metabolizabilidade da dieta. Qualquer alteração no PC ou na condição corporal pode dar uma estimativa da ARe. Quando a tendência do PC é positiva, a ARe é substituída por AL (NRC, 2007). Quando as necessidades de água são expressas como consumo total de água (CTA), temos (NRC, 2007):

$$CTA = CAL + PA$$

Contudo, como as medidas de consumo de água livre (CAL) e consumo total de água (CTA) subestimam o consumo real (CA) e as perdas (PA) de água, a taxa de renovação de água tem sido amplamente utilizada, principalmente nas situações em que o consumo de água livre não pode ser medida (NRC, 2007).

Consumo total de água em relação ao peso corporal metabólico

Ao lidar com diferentes espécies e pesos corporais, uma forma inicial de estimar o consumo de água é utilizar a relação entre a taxa de renovação de água (TRA) e o peso corporal (PC) é dada pela equação (NRC, 2007):

$$TRA = aPC^b$$

Mamíferos adultos, alimentados e mantidos confinados e dentro da zona de termoneutralidade, a equação que descreve essa relação segue abaixo:

$$TRA = 0,159 * PC^{0,946}$$

onde o coeficiente “a” equivale a 0,159 e o expoente “b” varia de 0,79 a 0,99 (NRC, 2007).

Em condições de campo a equação muda. O coeficiente “a” aumenta para 0,326 e o expoente “b” declina para 0,818:

$$TRA = 0,326 * PC^{0,818}$$

Essas alterações sugerem uma possível subestimação da equação derivada de animais confinados, ao se observar a redução no expoente “b”. Tal fator de variação pode estar relacionado a: dentro de uma mesma espécie, a TRA pode variar até seis vezes, e as informações disponíveis não foram delimitadas de acordo com as estações do ano, sexo ou produtividade, o que pode afetar a precisão das estimativas (NRC, 2007).

Para espécies adaptadas a regiões de terras secas, as equações citadas tendem a superestimar a TRA, em virtude de um possível aumento do conteúdo total de água corporal, volume de fluidos extracelulares, bem como a taxa de renovação da água nesses animais ruminantes (Macfarlane, 1964). Diante disso, Ostrowski *et al.*, (2002) desenvolveram uma equação específica com base em dados de 10 espécies de regiões desérticas, fornecendo estimativas mais próximas da realidade fisiológica desses animais.

$$TRA = 0,127 * PC^{0,926}$$

Uma outra forma de estimar o consumo de água também pode ser utilizada a relação do peso metabólico com o consumo total de água (CTA/PCM). Freitas *et al.*, (2021), observou que a razão entre a ingestão total de água/peso corporal metabólico foi de $0,25 \pm 0,10$ L/kg, além disso, os animais mais eficientes no uso de água ingeriram menos água por kg de peso corporal.

Consumo total de água em relação ao consumo de matéria seca

A relação entre a ingestão de água e a ingestão de alimento pode ser um fator importante para o baixo desempenho dos animais, pois, na ausência de pontos de água os animais gastam mais energia buscando sanar a sua sede (Ben Salem e Smith, 2008). Os animais podem obter água através da água livre, alimentos (principalmente alimentos úmidos e alimentos suculentos) ou água metabólica (Van Driessche *et al.*, 2025).

O consumo da matéria seca influencia diretamente a ingestão de água principalmente em animais jovens. Giger-Reverdin *et al.* (2011) apresentam que cabras lactantes possuem a capacidade de utilizar a água de forma mais eficiente do que outros ruminantes, visto que a relação ingestão total de água/ingestão de matéria seca é menor do que em outros ruminantes e que elas conseguem fazer uma substituição entre a água ingerida da dieta e a água ingerida via bebedouro.

A maior ingestão de água via alimento e a ingestão total de água em dietas estão relacionadas aos níveis de matéria seca na dieta, confirmando a importância do fornecimento de água via alimento em regiões áridas, onde a água potável é escassa (Silva *et al.*, 2021). Cordova-Torres *et al.*, (2017), confirmam que dietas contendo alimentos ricos em água podem reduzir a ingestão hídrica e excretar um volume considerável de urina. Isso ocorre devido à regulação da osmolaridade dos fluidos corporais, que é controlada pelo mecanismo renina angiotensina aldosterona que atua de forma harmoniosa ajustando a ingestão e excreção de água livre, no qual o rim é o principal órgão responsável pela manutenção da homeostase (Reece, 2017).

A existência de água de forma adequada nos tecidos corporais é um pré-requisito essencial para a manutenção normal da vida exercendo uma função fundamental de todas as células vivas Aganga *et al.*, (1992). Apesar das exigências de consumo de água poder ser influenciado por fatores como temperatura, umidade relativa, lactação, gestação e dieta, ela pode ser determinada pela equação predita pelo NRC (2007), de acordo com o consumo de matéria seca:

$$CTA = 3,86 * CMS - 0,99$$

As estimativas no consumo de água para cordeiros em crescimento são de 4–6 L de água/kg de CMS a 16–25 °C ou 2 L de água/kg de MS a 15 °C (Freitas *et al.*, 2021). Para ovelhas de 36 meses, durante o inverno o consumo de água varia de 9 a 11% enquanto que no verão chegam a valores entre 19 a 25% de acordo com o peso corporal total (Khan e Ghosh, 1989). Na tabela abaixo (Tabela 1), Ward *et al.* (2023) reportam uma estimativa da ingestão de água ingerida diariamente por diferentes categorias de ovinos.

Tabela 1.

Consumo de água por ovinos em função da categoria animal e faixa de peso

| Tipo de Animal | Faixa de peso (kg) | Faixa de necessidade de água (L/dia)* | Uso médio típico de água (L/dia)** |
|--|--------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| Cordeiro | 27–50 | 3,6–5,2 | 4,4 |
| Ovelha/carneiro de corte em gestação | 80 | 4,0–6,5 | 5,25 |
| Ovelha de corte em lactação mais filhotes não desmamados | 80+ | 9,0–10,5 | 10 |
| Ovelha/carneiro de leite em gestação | 90 | 4,4–7,1 | 5,75 |
| Ovelha/carneiro de leite em lactação | 90 | 9,4–11,4 | 10,4 |

*Resultado do ambiente e do manejo dos animais.

**Consumo típico ao longo de um ano, diariamente, em condições agrícolas.

Fonte: Ward *et al.* (2023)

Al-Ramamneh (2017) investigando a preferência de água fria ou quente por cordeiros Awassi em estresse térmico, encontraram que os animais ingeriram mais água quente (3,65 L/dia) em relação a água fria (3,00 L/dia) e apresenta que é obrigatório fornecer água fresca, limpa, suficiente e acessível a todos os animais. No entanto, se os pontos de água estão disponibilizados à luz solar direta e colocados distantes dos animais sombreados, os animais usam grande parte da água corporal disponível para dissipar o calor através da evaporação. Os autores concluem que o fornecimento de água fria a cordeiros Awassi em circunstâncias de estresse térmico, apesar de não ser preferido pelos animais, dissiparia melhor o calor e promoveria maior conforto animal em climas quentes. Em cabras leiteiras confinadas no semiárido brasileiro, Ramos *et al.*, (2020) observaram consumo médio de 5,77 L/d (dieta à base de silagem de sorgo e palma), quase o dobro do valor previsto (2,87 L/d) pela equação do NRC (2007).

Em geral, as espécies e raças que evoluíram ou foram selecionadas para condições áridas e semiáridas apresentam baixo uso de água em comparação com espécies e raças adaptadas a regiões úmidas, consequência de adaptações que envolvem respostas comportamentais e fisiológicas que maximizam a ingestão de água e minimizam a perda de água (NRC, 2007).

Maranhão *et al.* (2022) em estudo relacionado a modelagem do balanço hídrico de um sistema de produção de ruminantes (cenário com 300 animais de cada espécie) na região semiárida brasileira, reportam que a maior demanda hídrica de ovinos em comparação com caprinos aumenta em cerca de 18% (123 m³) o consumo de água de um reservatório com capacidade de 6,481 m³ de água, quantidade suficiente para abastecer uma família de cinco pessoas por 223 dias (110 L por pessoa/dia). Os autores complementam a informação reportando que nos anos em que o reservatório seca completamente, devido às perdas naturais e ao uso intenso, cabe ao produtor ou técnico dimensionar o sistema de produção para aquele volume de água disponível. Uma vez conhecida a demanda hídrica do sistema de produção, é possível gerenciar o uso desse recurso.

Consumo total de água em relação ao consumo de energia

Macfarlane e Howard (1972) inferem que o uso de água pelos ruminantes está mais relacionado ao metabolismo energético do que à ingestão de matéria seca, sendo pertinente relacionar o consumo de água livre (CAL) ou a taxa de renovação de água (TRA) com o consumo de energia digestível (CED), energia metabolizável (EM) ou gasto energético diário (GED) (Haggarty, 1991). Wallace *et al.* (1972) reportam que para ovinos, as necessidades hídricas são estimadas como 0,62 mL/kcal de EM combinado com 1,37 mL/kg de CMS. A recomendação generalizada é de 1 mL/kcal de EM (NRC, 2003). No entanto, ainda não está claro se essa razão se aplica igualmente a fases fisiológicas distintas como crescimento, gestação e lactação.

A evidência de que o TRA depende do metabolismo energético se apoia na hipótese de que o expoente alométrico "b" deve ser igual a 0,75, valor similar ao da taxa metabólica. No entanto, os valores observados para "b" em estudos interespecies variam entre 0,79 e 0,90, o que pode ser atribuído à influência da gordura corporal sobre o peso corporal (PC), afetando a relação entre metabolismo e consumo de água. Assim, foi proposto que a melhor forma de expressar o TRA seria em função da água corporal total (ACT). Apesar dessas variações, os valores estimados de "b" não diferem estatisticamente de 0,75, razão pela qual as recomendações muitas vezes são expressas em função do peso metabólico (Macfarlane e Howard, 1972).

Em estudos com diferentes raças de caprinos, Silanikove (1989) encontraram elevada correlação entre os metabolismos energéticos e hídricos ($r^2 = 0,99$; $n = 32$). Em ovinos, a relação entre o consumo total de água (CTA) e o consumo de energia digestível (CED) foi estimada em 0,524 mL/kcal, conforme abordagem fatorial de Wallace *et al.*, (1972).

Torres *et al.* (2021) em estudo sobre equações empíricas para predição da ingestão de água potável em cordeiros em crescimento, apresentam que variáveis associadas à necessidade energética melhoram a precisão dos modelos para a predição de consumo de água. Os autores apresentam que a eficiência de retenção de energia em cordeiros em crescimento varia de 0,30 a 0,57, sendo o restante perdido na forma de calor e que a renovação hídrica tem grande interação com os processos de renovação energética e termorreguladores, devido à sua relação com o uso eficiente dos alimentos, bem como com as alterações na produção de calor corporal a partir do incremento calórico com o metabolismo de nutrientes, como o uso eficiente de energia para o crescimento.

Embora essa estimativa seja útil para dietas de manutenção, ela pode não refletir com precisão as necessidades hídricas em fases produtivas mais exigentes, como crescimento e lactação, especialmente quando a dieta possui alto teor de proteína, sais ou compostos secundários, que elevam as perdas urinárias e fecais. Além disso, em condições de pastejo, fatores como deslocamentos entre áreas de alimentação e pontos de água, ou migrações sazonais, podem aumentar o gasto energético sem compensação adequada via CED, elevando assim a demanda real por água. Portanto, estimativas baseadas apenas na ingestão energética podem subestimar o requerimento hídrico de ovinos em sistemas extensivos ou sob dietas específicas (NRC, 2007).

Efeitos de temperatura e da privação de água

A exposição a temperaturas elevadas influencia o consumo de água em virtude da ingestão de matéria seca (CMS) diminuir, enquanto as exigências de resfriamento por evaporação e perda cutânea de água aumentar (NRC 2007). Em um estudo realizado por Forbes *et al.*, (1968), em ovinos confinados observaram que a relação CTA/CMS se elevava de acordo com o aumento da temperatura média (°C). Já Khan e Ghosh (1989) o aumento na

renovação de água em ovinos foi registrado em 6% no inverno e 7% no verão e que as raças de montanha e do deserto superam as raças áridas, em termos de renovação de água.

Marai *et al.*, (2000) observaram maior consumo de água (frequência/h) das 11:00 às 19:00 em relação ao horário das 7:00 às 11:00 no verão em relação ao inverno. O aumento do consumo de água foi determinado em 50%, enquanto a perda de água diminuiu em aproximadamente 25% nas fezes e 40% na urina, durante o estresse por calor. Maloiy *et al.* (2008), estudando estresse térmico na ingestão de matéria seca em diferentes espécies, observaram que a desidratação influenciou o consumo de alimentos em cabras com 58,3%, seguida pelas ovelhas 48%. Silanikove (1985) mencionam que a desidratação é uma condição associada a um aumento no tempo médio de retenção de alimento e fluido no rúmen, o qual é afetado por uma diminuição no fluxo salivar.

O resfriamento evaporativo por meio da respiração e a perda de água pela pele através das glândulas sudoríparas, salivação ou lambedura das superfícies corporais, são mecanismos fundamentais de termorregulação quando a temperatura ambiente é superior à temperatura corporal. Embora esses mecanismos aumentem a exigência hídrica (EH), espécies adaptadas a ambientes desérticos apresentam diversas estratégias que reduzem essas perdas, tanto por meio do comportamento quanto por respostas fisiológicas relacionadas à perda de água evaporativa, urinária e fecal (NRC, 2007).

Conclusão

A água é um nutriente essencial, cuja ingestão e utilização variam conforme múltiplos fatores fisiológicos, ambientais e nutricionais. A aplicação de equações matemáticas para estimar o consumo hídrico em ovinos é uma ferramenta estratégica para otimizar o manejo zootécnico, especialmente em regiões sujeitas ao estresse térmico e à escassez hídrica. Apesar da existência de diversas equações, nenhuma delas se mostra plenamente universal, o que reforça a necessidade de ajustes conforme a realidade dos sistemas produtivos, raças e ambientes. O uso de métodos como a diluição isotópica, aliado à modelagem baseada no consumo de energia, peso corporal e matéria seca, permite um entendimento mais preciso das exigências hídricas. Portanto, a adoção de abordagens integradas e adaptativas contribui não apenas para a melhoria do desempenho animal, mas também para a sustentabilidade dos sistemas de produção.

REFERÊNCIAS

- Aganga, A. A. (1992). Water utilization by sheep and goats in northern Nigeria. *World Animal Review*, 73, 9-14.
- Agnew, R. E., Yan, T., McCaughey, W. J., McEvoy, J. D., Patterson, D. C., Porter, M. G., & Steen, R. W. J. (2005). Relationships Between urea dilution measurements and body weight and composition of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88(7), 2476–2486. DOI: 10.2527/jas1986.6361935x.

- Al-Ramamneh, D. (2017). Cold or warm water Awassi sheep prefer under heat. *International Journal of Current Research*, 9(12), 63370-63374.
- Al-Ramamneh, D., Riek, A., Gerken, M. (2010). Deuterium oxide dilution accurately predicts water intake in sheep and goats. *Animal*, 4(9), 1606-1612. DOI: [10.1017/S1751731110000716](https://doi.org/10.1017/S1751731110000716)
- Appuhamy, J. A. D. R. N., Judy, J. V., Kebreab E., & Kononoff, P. J. (2016). Prediction of drinking water intake by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99, 7191–7205. DOI: [10.3168/jds.2016-10950](https://doi.org/10.3168/jds.2016-10950)
- Araújo, G. G. L., Voltolini, T. V., Chizzotti, M. L., Turco, S. H. N., & Carvalho, F. F. R. D. (2010). Water and small ruminant production. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 326-336. DOI: [10.1590/S1516-35982010001300036](https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300036)
- Bell, M. J., Garnsworthy, P. C., Stott, A. W., & Pryce, J. E. (2015). Effects of changing cow production and fitness traits on profit and greenhouse gas emissions of UK dairy systems. *The Journal of Agricultural Science*, 153(1), 138-151. DOI: [10.1017/S0021859614000847](https://doi.org/10.1017/S0021859614000847)
- Ben Salem, H., & Smith, T. (2008). Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. *Small Ruminant Research*, 77, 174–194. DOI: [10.1016/j.smallrumres.2008.03.008](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.03.008)
- Blix, A. S., & Johnsen, H. K. (1983). Aspects of nasal heat exchange in resting reindeer. *The Journal of Physiology*, 340(1), 445-454. DOI: [10.1113/jphysiol.1983.sp014772](https://doi.org/10.1113/jphysiol.1983.sp014772)
- Cordova-Torres, A. V., Costa, R. G., Medeiros, A. N., Araújo Filho, J. T., Ramos, A. O., & Alves, N. D. L. (2017). Performance of sheep fed forage cactus with total water restriction. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 18(2), 369-377. DOI: [10.1590/S1519-99402017000200015](https://doi.org/10.1590/S1519-99402017000200015)
- Forbes, J. M. (1968). The water intake of ewes. *British Journal of Nutrition*, 22(1), 33-43. DOI: [10.1079/BJN19680006](https://doi.org/10.1079/BJN19680006)
- Freitas, A. C. B., Junior, A. B., Quirino, C. R., & da Costa, R. L. D. (2021). Water and food utilization efficiencies in sheep and their relationship with some production traits. *Small Ruminant Research*, 197, e106334. DOI: [10.1016/j.smallrumres.2021.106334](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106334)
- Gerhard, K. L., White, R. G., Cameron, R. D., & Russell, D. E. (1996). Estimation of caribou fat content from body condition. *Journal of Wildlife Management*, 60(4), 713-718. DOI: [10.1093/ajcn/32.3.630](https://doi.org/10.1093/ajcn/32.3.630)
- Giger-Reverdin S., Morand-Fehr P., & Sauvant D. (2011). Water intake of dairy goats in intensive systems. *Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens*, 99, 233- 237
- Haggarty, P. (1991). Potential of the doubly labelled water method for estimating heat production in farm animals. *The Journal of Agricultural Science*, 117(2), 141-148. DOI: [10.1017/S0021859600065217](https://doi.org/10.1017/S0021859600065217)
- Janus K., & Suszycka, J. (1996). Effect of age on the pharmacokinetics of antipyrine in calves. *Research in Veterinary Science*, 60(3), 234-237. DOI: [10.1016/s0034-5288\(96\)90045-4](https://doi.org/10.1016/s0034-5288(96)90045-4).
- Khan, M. S., & Ghosh, P. K. (1989). Physiological responses of desert sheep and goats to grazing during summer and winter. *Indian Journal of Animal Sciences*, 59(5), 600-603.
- Liu, T., Lee, J.-S., Hyun, J.-H., Jin, X.-C., & Lee, H.-G. (2025). Developing a regression equation model to predict individual water intake in Holstein growing cattle using reticulorumen temperature. *Journal of Animal Science*, 103, skaf124. DOI: [10.1093/jas/skaf124](https://doi.org/10.1093/jas/skaf124)
- MacFarlane, W. V. (1964). Terrestrial animals in dry heat: ungulates. *Handbook of physiology*, section, 4, 509-539.
- Macfarlane, W. V., & Howard, B. E. T. H. (1972). comparative water and energetic economy of wild and domestic mammals. *Nature*, 221, 578-579.
- Maloiy, G. M. O., Kanui, T. I., Towett, P. K., Wambugu, S. N., Miaron, J. O., & Wanyoike, M. M. (2008). Effects of dehydration and heat stress on food intake and dry matter digestibility in East African ruminants. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 151(2), 185-190. DOI: [10.1016/j.cbpa.2008.06.019](https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2008.06.019)
- Marai, I. F. M. (2000). Fattening performance, some behavioural traits and physiological reactions of male lambs fed concentrates mixture alone with or without natural clay, under hot summer of Egypt. *Annals of arid zone*, 39, 449-460.

- Maranhão, S. R., Silva, R. G., Araújo, G. G. L., & Cândido, M. J. C. (2022). Modeling the water balance of a ruminant production system in the semi-arid region. *African Journal of Agricultural Research*, 18(2), 127-135. DOI: [10.5897/AJAR2021.15675](https://doi.org/10.5897/AJAR2021.15675)
- Montanholi, Y. R., Haas, L. S., Swanson, K. C., Coomber, B. L., Yamashiro, S., & Miller, S. P. (2017). Liver morphometrics and metabolic blood profile across divergent phenotypes for feed efficiency in the bovine. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 59, 1-11. DOI: [10.1186/s13028-017-0292-1](https://doi.org/10.1186/s13028-017-0292-1)
- Montelli, N. L. L., Almeida, A. K., Freitas Ribeiro, C. R., Grobe, M. D., Abrantes, M. A. F., Lemos, G. S., Garcia, I. F. F., & Pereira, I. G. (2019). Performance, feeding behavior and digestibility of nutrients in lambs with divergent efficiency traits. *Small Ruminant Research*, 180, 50-56. DOI: [10.1016/j.smallrumres.2019.07.016](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.07.016)
- Moura, C. M. S., Araújo, G. G. L., Oliveira, B. Y. S., Azevêdo, J. A. G., Pimenta Filho, E. C., Azevedo, P. S., & Santos, E. M. (2019). Different roughage:concentrate ratios and water supplies to feedlot lambs: carcass characteristics and meat chemical composition. *The Journal of Agricultural Science*, 157, 643-649. DOI: [10.1017/S0021859620000076](https://doi.org/10.1017/S0021859620000076).
- NRC (2007). Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. (7th ed.). Washington, D.C. 384p.
- NRC. (2003). Nutrient Requirements of Nonhuman Primates. (2nd rev ed.), Washington, DC: The National Academies Press. 306p. DOI: [10.17226/9826](https://doi.org/10.17226/9826).
- Oliveira, B. Y. S., Moura, C. M. S., Araújo, G. G. L., Turco, S. H. N., Voltolini, T. V., Furtado, D. A., Medeiros, A. N., Gois, G. C., & Campos, F. S. (2024). Thermoregulatory responses and ingestive behavior of sheep subjected to water restriction and high- and low-energy diets in a semi-arid environment. *Journal of Thermal Biology*, 119, e103749. DOI: [10.1016/j.jtherbio.2023.103749](https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2023.103749)
- Ostrowski, S., Williams, J. B., Bedin, E., & Ismail, K. (2002). Water influx and food consumption of free-living oryxes (*Oryx leucoryx*) in the Arabian desert in summer. *Journal of Mammalogy*, 83(3), 665-673. DOI: [10.1644/1545-1542\(2002\)083<0665:WIAFCO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1644/1545-1542(2002)083<0665:WIAFCO>2.0.CO;2)
- Ostrowski, S., Williams, J. B., & Ismael, K. (2003). Heterothermy and the water economy of free-living Arabian oryx (*Oryx leucoryx*). *Journal of Experimental Biology*, 206(9), 1471-1478. DOI: [10.1242/jeb.00275](https://doi.org/10.1242/jeb.00275)
- Peixoto, F. S., Soares, J. A., & Ribeiro, V. S. (2022). Conflicts over water in Brazil. *Sociedade e Natureza*, 34, e59410. DOI: [10.14393/SN-v34-2022-59410](https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-59410)
- Preston, R. L. (1969). Influence of diethylstilbestrol on body water space in ruminants. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 132(2), 401-404. DOI: [10.3181/00379727-132-34224](https://doi.org/10.3181/00379727-132-34224)
- Ramos, J. P. F., Sousa, W. H., Oliveira, J. S., Pimenta Filho, E. C., Santos, E. M., Leite, R. M., Cavalcante, I. T. R., & Oresca, D. (2019). Forage sources in diets for dairy goats. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 42, e46084. DOI: [10.4025/actascianimsci.v42i1.46084](https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v42i1.46084)
- Rashamol, V. P., Sejian, V., Pragna, P., Lees, AM, Bagath, M., Krishnan, G., & Gaughan, J. B. (2019). Prediction models, assessment methodologies and biotechnological tools to quantify heat stress response in ruminant livestock. *International Journal of Biometeorology*, 63, 1265-1281. DOI: [10.1007/s00484-019-01735-9](https://doi.org/10.1007/s00484-019-01735-9)
- Reece, W. O. (2017). *Dukes fisiologia dos animais domésticos*. (13th ed). Rio de Janeiro, Guanabara Koogan.
- Sheng, H. P., & Huggins, R. A. (1979). A review of body composition studies with emphasis on total body water and fat. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 32(3), 630-647. DOI: [10.1093/ajcn/32.3.630](https://doi.org/10.1093/ajcn/32.3.630)
- Silanikove, N. (2000). Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*, 67(1-2), 1-18. DOI: [10.1016/S0301-6226\(00\)00162-Z](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00162-Z)
- Silanikove, N. (1989). Interrelationships between water, food and digestible energy intake in desert and temperate goats. *Appetite*, 12(3), 163-170.
- Silanikove, N., Holzer, Z., Cohen, D., Benjamin, R., Gutman, M., & Meltzer, A. (1987). Interrelationship between metabolism of tritiated water, ²²sodium and dry matter intake by

- beef cattle consuming wheat straw and poultry litter in free choice. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 88(1), 113-118. DOI: [10.1016/0300-9629\(87\)90108-3](https://doi.org/10.1016/0300-9629(87)90108-3)
- Silanikove, N. (1985). Effect of dehydration on feed intake and dry matter digestibility in desert (black Bedouin) and non-desert (Swiss Saanen) goats fed on lucerne hay. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 80(3), 449-452.
- Silva, T. S., Araujo, G. G. L., Santos, E. M., Oliveira, J. S., Campos, F. S., Godoi, P. F. A., Gois, G. C., Perazzo, A. F., Ribeiro, O. L., & Turco, S. H. N. (2021). Water intake and ingestive behavior of sheep fed diets based on silages of cactus pear and tropical forages. *Tropical Animal Health and Production*, 53, 1-7. DOI: [10.1007/s11250-021-02686-3](https://doi.org/10.1007/s11250-021-02686-3)
- Tedeschi, L. O., Tulpan, D., Menendez III, H. M., & Vieira, R. A. M. (2025). Modeling complex systems in animal science: A pedagogical framework for new researchers. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 54, e20240170. DOI: [10.37496/rbz5420240170](https://doi.org/10.37496/rbz5420240170)
- Tedeschi, L. O., Nicholson, C.F., & Rich, E. (2011). Using System Dynamics modelling approach to develop management tools for animal production with emphasis on small ruminants. *Small Ruminant Research*, 98, 102-110. DOI: [10.1016/j.smallrumres.2011.03.026](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.026)
- Torres, R. N. S., Costa, L. B. S., Almeida, M. T. C., Ezequiel, J. M. B. (2021). Empirical equations for drinking water intake prediction of growing lambs: Meta-analysis. *Small Ruminant Research*, 203, e106487. DOI: [10.1016/j.smallrumres.2021.106487](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106487)
- Van Driessche, J. A., Chamailé-Jammes, S., Nutter, C. M., Potter, A. B., Pringle, R. M., & Long, R. A. (2025). Water economics of African savanna herbivores: How much does plant moisture matter? *Journal of Animal Ecology*, 94(4), 670-681. DOI: [10.1111/1365-2656.70001](https://doi.org/10.1111/1365-2656.70001)
- Wallace, J. D., Hyder, D. N., & Knox, K. L. (1972). Water metabolism in sheep fed forage rations differing in digestibility. *American Journal of Veterinary Research*, 33(5), 921-928. DOI: [10.1111/1365-2656.70001](https://doi.org/10.1111/1365-2656.70001)
- Ward, D., & McKague, K. (2023). Water Requirements of Livestock. *Factsheet*, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 6p.
- Xiong, Y., Condotta, I. C. F. S., Musgrave, J. A., Brandl, T. M. B., & Mulliniks, J. T. (2023). Estimating body weight and body condition score of mature beef cows using depth images. *Translational Animal Science*, 7, txado85. DOI: [10.1093/tas/txado85](https://doi.org/10.1093/tas/txado85)