

CRIAÇÃO ANIMAL AGROECOLÓGICA: REFLEXÕES E DESAFIOS

Agroecological animal husbandry: thoughts and challenges

Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho¹, José Alfredo Bran Agudelo², Fabiellen Cristina Pereira³, Gabriela Schenato Bica⁴, Adenor Vicente Wendling⁵, Daniele Cristina da Silva Kazama⁶, Shirley Kuhnen⁷

¹Professor da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Doutor em Ciência Animal pela Universidade de Guelph. Florianópolis, SC. OrcID: 0000-0002-8182-8365. pinheiro.machado@ufsc.br

²Pesquisador Epidemiologia e Ciência de Dados. Doutor em Agroecossistemas pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). OrcID: 0000-0002-9985-6487. greenleaves@multifarm.top

³PhD student, Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture and Life Sciences, Lincoln University, New Zealand. OrcID: 0000-0003-2408-9962. fabriellen.pereira@lincolnuni.ac.nz

⁴Professora da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Doutora em Agroecossistemas pela Universidade Federal de Santa Catarina. Matinhos, PR, Brasil. OrcID: 0000-0002-2828-2703. bica@ufpr.br

⁵Técnico de laboratório do Instituto Federal do Paraná (IFPR). Doutor em Agroecossistemas pela Universidade Federal de Santa Catarina. Palmas, PR, Brasil. OrcID: 0000-0002-3550-2479. adenor.wendling@ifpr.edu.br

⁶Professora da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Doutora em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Florianópolis, SC, Brasil. OrcID: 0000-0002-2244-3908. daniele.kazama@ufsc.br

⁷Professora da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Doutora em Recursos Genéticos Vegetais pela Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, Brasil. OrcID: 0000-0002-1882-5241. shirley.kuhnen@ufsc.br

RESUMO

Os sistemas agrícolas convencionais têm promovido desmatamento, emissão de gases de efeito estufa, perda da fertilidade de solos, dependência de insumos com consequente aumento de custos, o êxodo e a masculinização do meio rural. A alardeada produtividade tem servido mais para satisfazer os interesses do mercado, do que para atender às necessidades alimentares das pessoas. Os sistemas agrícolas que adotam práticas agroecológicas favorecem a provisão de serviços ecossistêmicos e alimentos de qualidade. A agroecologia é uma ciência multi, inter e transdisciplinar, capaz de sustentar sistemas agrícolas, incluindo a criação animal, reduzindo impactos ambientais, com produção de alimentos de qualidade, e rentabilidade econômica. Essa revisão objetiva contextualizar os desafios para a criação animal agroecológica e suas possibilidades de integração com a produção vegetal para equilibrar diversos benefícios nos âmbitos ambiental, sanitário e econômico.

Palavras Chaves: Pastoreio Racional Voisin; suíno agroecológico; ave agroecológica; sustentabilidade;

ABSTRACT

Conventional agricultural systems have promoted deforestation, greenhouse gas emissions, loss of soil fertility, dependence on inputs with a consequent increase in costs, the exodus and the masculinization of rural areas. The advertised productivity has served more to satisfy the interests of the market than to meet people's food needs. Agricultural systems that adopt agroecological practices favor the provision of ecosystem services and quality food. Agroecology is a multi, inter and transdisciplinary science, capable of sustaining agricultural systems, including animal husbandry, reducing environmental impacts, with quality food production, and economic profitability. This review aims to contextualize the challenges for agroecological animal husbandry and its possibilities of integration with plant production to balance various benefits in the environmental, health and economic areas.

KEYWORDS: Voisin Rational Grazing; agroecological swine; agroecological poultry; sustainability;

INTRODUÇÃO

O uso da terra agrícola no planeta mudou radicalmente nos últimos 20 anos (2000-2020). As áreas florestais foram reduzidas em 100 milhões de hectares (de 4,158 para 4,058 bilhões de ha), as pastagens e prados permanentes em 203 milhões de ha (de 3,385 para 3,182 bilhões de ha), mas as terras aráveis aumentaram 70 milhões de ha (de 1,492 para 1,562 bilhões de ha) (FAO, 2022a). Não obstante, mesmo com o aumento da terra arável, o total de terra agrícola reduziu-se de 4,878 para 4,744 bilhões de ha no período, como consequência da degradação de solos, com a perda de 24 bilhões de toneladas de solo fértil por ano (ONU, 2019). Nas taxas atuais, 90% do solo superficial da Terra pode ser degradado até 2050 (FAO, 2022b), levando a graves efeitos sobre o sistema alimentar e o ambiente. As emissões de gases de efeito estufa (GEE) originadas na agricultura têm aumentado nos últimos 50 anos, mas há certa controvérsia sobre os valores. Segundo (RITCHIE et al., 2020), a agricultura e a silvicultura são responsáveis por 18,4% das emissões globais de GEE, dos quais 5,8% são provenientes da produção animal e esterco. Já nas estimativas da EPA (2022), 24% das emissões globais de GEE em 2010 foram provenientes de lavouras, pecuária e desmatamento. No mesmo estudo reconhecem que essa estimativa não inclui o gás carbônico (CO₂) sequestrado da atmosfera na biomassa, matéria orgânica morta e solos.

Além dessas externalidades, o número de agricultores diminuiu, ano após ano, em todas as atividades agrícolas e em todos os países que praticam agricultura convencional e “economia de mercado”. Quando considerados todos os índices para todas as atividades agrícolas, a renda dos agricultores está diminuindo continuamente, como mostra uma série de dados de 30 anos (1975-2005) nos Estados Unidos (USDA, 2006). No período, o custo de produção dos agricultores aumentou 180%, enquanto os preços recebidos pelos agricultores aumentaram apenas 71%. A tendência é a mesma para a produção animal (Livestock Farm Received and Paid Indexes, USDA, 2022). O resultado é que o número de produtores de leite diminuiu de 4-5 milhões nos anos 60 para 31.657 em 2020 (USDA, 2021).

A agricultura convencional falhou em manter a fertilidade do solo, em equilibrar as emissões e sequestro de GEE e em ser economicamente lucrativa. Essa agricultura tem

servido para um punhado de monopólios que controlam a agricultura no planeta, tanto na oferta de insumos quanto no processamento e comercialização da produção (Atlas do Agronegócio, 2018). O discurso da necessidade de “alimentar o mundo” é utilizado como justificativa ética para uma busca infundável pela “produtividade” que por sua vez, justificaria todas as mazelas resultantes desse modelo agrícola. Entretanto, atualmente, já se produz alimento suficiente para alimentar o mundo, considerando apenas a produção mundial dos principais cereais (cevada, milho, aveia, arroz, centeio, trigo), a disponibilidade de grãos por habitante é superior à capacidade de ingestão humana: 1,2 kg/día/habitante (FAO, 2022c). O problema é a distribuição iníqua da produção agrícola. Atualmente, aproximadamente 828 milhões de pessoas passam fome no mundo (FAO, 2022b), enquanto grande quantidade dos grãos produzidos é destinada à alimentação de animais de produção e de estimação, e ainda à alimentação de ruminantes, que poderiam forragear no pasto.

A área de pastagens e prados do planeta, cerca de 3,3 milhões de hectares (FAO, 2022a), seria suficiente para manter a maioria – senão todos os ruminantes domésticos do planeta, a saber: 1,5 bilhão de bovinos, 203 milhões de búfalos, 1,1 bilhão de caprinos e 1,26 bilhão de ovelhas (FAO, 2022c).

Como resultado da interação da “Revolução Verde” e da economia capitalista, o campo mudou radicalmente, com consequências em todas as dimensões da Agricultura: transformação da agricultura camponesa, êxodo rural, destruição da biodiversidade e alto impacto ambiental, paisagem rural desfigurada, balanço energético negativo da produção e alto custo, associado a técnicas intensivas de capital e insumos. Alta concentração de terras, marginalidade urbana e criminalidade, e todas as consequências negativas que podem advir do mau uso da biotecnologia, transgênicos e nanotecnologia. Essa é a expressão máxima da negação da natureza (PINHEIRO MACHADO e MACHADO FILHO, 2010). Já a agroecologia é capaz de dar suporte à agricultura sustentável (incluindo a pecuária), bem como ao estabelecimento de processos de desenvolvimento rural sustentável (CAPORAL e COSTABEBER, 2004). Entre suas possibilidades temos, por exemplo, a criação de ruminantes em Pastoreio Racional Voisin (MACHADO, 2010; VOISIN, 1974; MACHADO FILHO et al., 2021), a criação de suínos (MACHADO

FILHO et al., 2007) e aves (SALES, 2005) em sistemas ao ar livre e/ou cama e a incorporação de fontes de alimentação sustentáveis e/ou alternativas para monogástricos. A pecuária agroecológica tem sido pouco considerada entre os principais autores da área.

A pecuária agroecológica tem sido pouco considerada entre os principais autores da área. Quando considerado, ocupa um espaço restrito nas publicações e se limita a considerar os sistemas silvopastoris (ALTIERI e NICHOLLS, 2020). No entanto, a pecuária agroecológica (especialmente herbívora) tem grande potencial para a melhoria da saúde do solo, a diversidade da vegetação, o sequestro de carbono e o bem-estar animal, podendo também alternar com culturas comerciais convencionais, como milho ou soja (GRANDIN, 2022).

A CRIAÇÃO ANIMAL AGROECOLÓGICA

A criação animal agroecológica se situa dentro do conceito mais geral da Agroecologia e suas dimensões, sendo uma ciência multi, inter e transdisciplinar (MACHADO FILHO et al., 2010). Uma das condições para compreender a Agroecologia é o estudo das leis da dialética, bem como da Ecologia e seus componentes fundamentais: a seleção natural e a evolução (DARWIN, 1859). É preciso entender a dialética como a “... ciência das leis gerais da transformação, não apenas na sociedade e no pensamento humano, mas também no mundo exterior que é refletido pela mente humana” (HALDANE, 1979). As leis da dialética também se aplicam à Natureza e à maneira de abordá-la e interpretá-la. Isso quer dizer entender a Natureza sempre em movimento, com categorias fluidas e não fixas, com processos interconectados e fenômenos relacionados (ENGELS, 1991). Enquanto a Agricultura convencional busca transformar os ecossistemas para contemplar as necessidades das espécies cultivadas, na Agroecologia trata-se de adaptar as culturas (animais ou vegetais) aos ecossistemas que tornamos agrícolas. Essa adaptação é dinâmica e está sempre em transformação.

A criação animal agroecológica proporciona proteína de alta qualidade para a sociedade sem impactos negativos no meio ambiente. Além disso, em sua busca pela sustentabilidade social, a agricultura agroecológica pode oferecer melhores condições de

trabalho aos agricultores e, assim, contribuir para um futuro sustentável para a pecuária (DUVAL et al., 2021) e para a permanência dos agricultores no campo.

O termo criação animal agroecológica ou criação animal de base agroecológica ainda é pouco citado na literatura especializada, diferentemente da criação animal orgânica que tem regulamentação e definições bastante específicas. A transição para sistemas de criação animal agroecológica requer uma abordagem multidisciplinar para o enfrentamento dos desafios de reestruturar, e não apenas adaptar, os sistemas integrando segurança alimentar, eficiência econômica e preservação ambiental.

Para WEZEL e PEETERS (2014), as práticas agroecológicas que poderiam ou deveriam ser implementadas para estabelecer sistemas sustentáveis de criação de herbívoros podem ser agrupadas em (i) diversificação do uso da terra, cobertura da terra e produções, (ii) manejo de recursos em sistemas mistos lavoura-pecuária, (iii) conservação da biodiversidade, (iv) manejo de pastagens, (v) manejo dos rebanhos, (vi) sistemas alimentares, (vii) diversificação das fontes de renda.

De forma complementar, a partir de exemplos concretos no México, Colômbia, Cuba, Trinidad e Guadalupe, a adoção das seguintes técnicas agroecológicas para a criação animal nos trópicos podem ser implementadas: uso de manejo reprodutivo sem hormônios, alimentação à base de pasto e/ou com produtos locais de fácil acesso, manejo com práticas respeitadas entre humanos e animais, escolha de raças adaptadas e aumento de biodiversidade, promoção de saúde com terapias alternativas e nutracêuticos, mitigação de questões climáticas com uso de tecnologias adaptadas e produção de alimentos saudáveis com poucos insumos externos aos sistemas (ALEXANDRE et al., 2014). Essas recomendações têm aderência com a ideia de adaptar a criação animal aos ecossistemas originais.

O primeiro passo para adoção da agroecologia é mental e atitude, ou seja, o convencimento baseado no conhecimento teórico-científico e fortalecido pela prática. O convencimento deve ser de todas as pessoas envolvidas no processo produtivo (agricultores, técnicos). Apesar da Agroecologia não se limitar ao processo tecnológico, finalmente a produção agroecológica só existe se houver uma alternativa tecnológica

viável. E é preciso que haja convicção sobre a alternativa tecnológica a ser adotada. As alternativas agroecológicas para a criação de animais implicam em mudanças nas posições adotadas por todas as partes interessadas (DUMONT et al., 2013).

Com relação à criação animal agroecológica, livros completos trazem importantes temas de debate, mas pouco acerca do “como fazer” (ALAND e MADEC, 2009; VAARST et al., 2004). Obviamente que não se trata de buscar algum “manual”, o que seria uma completa contradição com a proposta agroecológica. Mas, para que a produção de alimentos agroecológicos se concretize, é preciso que se conheçam alternativas tecnológicas bem-sucedidas e comprovadas pela investigação científica, aliadas às práticas e saberes populares e ancestrais.

Existem tecnologias aplicáveis às diferentes realidades de maneira a cumprir com os pressupostos da criação animal agroecológica. A presença dos animais viabiliza a dispensa de insumos de síntese química nos sistemas de produção agrícola, pois os animais são capazes de magnificar o uso da energia solar através do consumo do pasto como alimento básico (herbívoros) ou parcial (onívoros) (MACHADO, 2010). No caso dos suínos e aves, isso é viável através da adoção de sistemas de produção que possam maximizar o uso da pastagem na alimentação dos animais, que permitam a reciclagem de nutrientes diretamente no solo e em níveis que não impliquem poluição.

Na concepção agroecológica de produção, desde que o clima assim o permita, os animais devem ter acesso ao ar livre o tempo todo (Council - EC Regulation, 1999). Entretanto, há limitações que precisam ser melhor examinadas. Em 1991, a União Europeia estabeleceu um limite total de esterco animal equivalente a 170 kg de nitrogênio por ano/hectare de superfície agrícola utilizada (Official Journal of the European Union, 1991). Já em 2020 a UE resolve acatar a solicitação feita pela Dinamarca em 2002, de permitir a aplicação de esterco até 230 kg de nitrogênio por hectare ano em “certas explorações de gado” (Official Journal of the European Union, 2020). Esses dejetos são altamente benéficos para a fertilidade dos solos. A deposição de excremento animal nos solos promove a biocenose, aumentando sua atividade biológica (FRANZ, 1985). A consequência é o aumento da diversidade de organismos dos solos.

Criação agroecológica de ruminantes

O Pastoreio Racional Voisin (PRV) é um método racional de manejo do complexo solo – planta – animal, proposto por André Voisin, e que consiste no pastoreio direto e em rotação das pastagens. O PRV baseia-se na aplicação das quatro leis universais (Figura 1) do pastoreio racional (VOISIN, 1974). Para uma maior compreensão do PRV, recomendamos: Voisin (1974), Pinheiro Machado (2010) e Machado Filho et al. (2021). Além da correta aplicação das quatro leis universais do pastoreio racional, para proporcionar maior produtividade e melhor bem-estar, é preciso que dentro do piquete exista água à vontade em bebedouros (BICA et al., 2021; COIMBRA et al., 2012; DAROS et al., 2019) além de sombra natural, acessível e abundante (DENIZ et al, 2021). O bem-estar animal é um pré-requisito da criação animal agroecológica, e uma dimensão moral e ética de grande importância.

Os benefícios do PRV são demonstrados em estudos realizados em diversos países e biomas do planeta. Na Costa Rica, por exemplo, maior produtividade, digestibilidade e valor nutricional da pastagem manejada de acordo com os princípios do PRV proporcionou o bem-estar animal e melhorou a performance de bovinos de corte (HERNÁNDEZ-CHAVES et al., 2022). Resultados semelhantes foram registrados no Equador, em que pastagens manejadas com PRV foram mais produtivas e sustentaram maior carga animal e maior produção de leite (SILVA et al., 2021). Na Patagônia chilena, o PRV aumentou a produtividade da pastagem e sustentou uma maior carga de ovinos (GYSLING, 2020).

No Brasil, comparado com uso do alimento produzido por lavoura em plantio direto em sucessão com pastagem cultivada de inverno, o PRV apresentou maior produção de leite por área (PRV: 17.085 kg de leite / ha / ano; lavoura / azevém: 12.240 kg de leite / ha / ano) e maior estoque de carbono orgânico do solo (COS). No PRV, produziu-se 0,15 kg leite/kg de C estocado, e na lavoura / azevém 0,13 kg leite/kg de C estocado (SÉO et al., 2017). Na comparação do balanço das emissões de GEE na terminação de novilhos num sistema similar ao PRV (AMP, Adaptive Multi Paddock) com confinamento, resultou em balanço negativo (sequestro de carbono) para o AMP. O fluxo total foi de -6.65 CO₂ eq / kg de carcaça para o AMP e +6.12 CO₂ eq / kg de carcaça para o confinamento

(STANLEY et al., 2018). Kuhnen et al (2022) observaram maior concentração de compostos bioativos da pastagem manejada sob princípios do PRV em comparação com pastagens de sistemas convencionais. Esses e outros estudos suportam a implementação do sistema PRV como alternativa agroecológica sustentável aos sistemas de criação de ruminantes.



**VOISIN RATIONAL
GRAZING PRINCIPLES**

1: RECOVERY PERIODS

É sobre manter um intervalo suficiente entre dois eventos de pastoreio para:

1. Restaurar as reservas das raízes das plantas para uma rebrota vigorosa
2. Impulsionar o maior rendimento diário por hectare

Ponto-chave: para encontrar o tempo ótimo de repouso (TOR). O TOR varia entre plantas e ambientes.

2: OCCUPATION PRINCIPLE

O período de ocupação deve ser suficientemente curto para que o pasto não seja cortado novamente antes que os animais deixem a parcela.

Ponto-chave: períodos curtos de ocupação exigem altas taxas de lotação das parcelas, contribuindo também para a fertilidade do solo.

3: MAXIMUM PERFORMANCE

Animais com maior demanda nutricional devem pastorear o melhor pasto. Como?

Deixando os animais de maior demanda nutricional, como vacas lactantes, acessar as parcelas antes do resto do rebanho.

Ponto-chave: a fração superior da planta possui o melhor valor nutricional.

4: REGULAR PERFORMANCE

Os rendimentos animais seriam máximos se eles permanecessem nas parcelas por apenas um dia (e não mais que três dias). Assim eles têm o melhor de cada parcela todos os dias.

Ponto-chave: esse princípio estimula a uniformidade na produção de ruminantes.

A aplicação desses princípios deve ser dinâmica e flexível, avaliando-se constantemente o tempo de pastoreio e taxas de lotação.

Fonte: Machado Filho et al., 2021.

1. Período de repouso

É sobre manter um intervalo suficiente entre dois eventos de pastoreio para:

1. Restaurar as reservas das raízes das plantas para uma rebrota vigorosa
2. Impulsionar o maior rendimento diário por hectare

Ponto-chave: para encontrar o tempo ótimo de repouso (TOR).

2. Princípio de ocupação

O período de ocupação deve ser suficientemente curto para que o pasto não seja cortado novamente antes que os animais deixem a parcela.

Ponto-chave: períodos curtos de ocupação exigem altas taxas de lotação das parcelas, contribuindo também para a fertilidade do solo.

3. Máxima performance

Animais com maior demanda nutricional devem pastorear o melhor pasto. Como?

Dividir o rebanho de acordo com a demanda nutricional dos animais em dois grupos. Os animais com maior demanda, como vacas lactantes, deverão ser o primeiro grupo a ocupar a parcela.

Ponto-chave: a fração superior da planta possui o melhor valor nutricional.

4. Performance regular

O rendimento de vacas lactantes será máximo se os animais ocuparem as parcelas entre 12 e 24 horas.

Assim eles têm o melhor de cada parcela todos os dias.

Ponto-chave: esse princípio estimula a uniformidade na produção de ruminantes.

A aplicação desses princípios deve ser dinâmica e flexível, avaliando-se constantemente o tempo de pastoreio e taxas de lotação.

Figura 1: Os quatro princípios do Pastoreio Racional Voisin. Montagem e diagramação: Matias Hargreaves. **Fonte:** Traduzido de Machado Filho et al. (2021).

Criação agroecológica de suínos

É possível utilizar uma combinação de ar livre com cama sobreposta na criação de suínos, já que a suinocultura é predominante na agricultura familiar, que tem restrição de área. O ciclo reprodutivo pode ser feito em piquetes com cerca elétrica, ocupando uma área de 500 a 750 m² por matriz, dependendo de condições de solo, topografia e clima (OLIVEIRA et al., 1988). Embora o número de matrizes por piquete possa ser variável, a utilização de 3 matrizes por piquete, cada um com uma cabana, permite que as leitegadas se conheçam, evitando brigas na fase seguinte, e reduzindo o estresse do desmame (HÖTZEL et al., 2004). A idade mínima para o desmame dos leitões deve ser 28 dias. Na fase de creche, devem permanecer em piquetes distantes das fêmeas, e em grupos de animais conhecidos. Após o período de creche, o mesmo grupo de leitões iria para a terminação em cama sobreposta. Deve-se evitar misturar animais que não se conhecem. Pode-se, também, alojá-los em cama sobreposta já a partir do desmame. No alojamento em cama sobreposta, independentemente de ser realizado a partir da recria ou da creche, deve ser respeitada a densidade não superior a 01 suíno/m², e a localização do comedouro de um lado, com cama ou palha, e do outro lado o bebedouro e área de dejetos (MACHADO FILHO et al., 2007). Desta forma os animais separam a área de alimentação e descanso da área “úmida”, onde defecam e urinam. Após algum tempo, os dejetos são incorporados à cama, que é compostada e utilizada como fertilizante. Dessa forma se evita o manejo de dejetos líquidos (Higarashi et al., 2005).

Cada porca e sua ninhada devem dispor de uma cabana de maternidade. Embora a pesquisa ainda não tenha definido um tamanho ideal de cabana, as seguintes dimensões têm sido utilizadas com sucesso: 2,80 x 1,40 m; 1,00 m de altura (OLIVEIRA et al., 1988), e os materiais a serem empregados nela são o caixilho angular, chapas galvanizadas, cavilhas e arruelas galvanizadas, sustentadores verticais, tábuas, pregos galvanizados e sustentador horizontal. Madeira e chapas galvanizadas foram consideradas os melhores materiais para o conforto térmico dos animais (CHOI et al., 2014). Durante a gestação, as porcas podem ficar em grupos de 6 porcas num mesmo piquete, dispondo de uma cabana de gestação. Uma cabana de gestação de dimensões de

2,80 x 2,40 x 1,00 m de altura, é adequada para o alojamento de 6 porcas (OLIVEIRA et al., 1988). Os materiais empregados são os mesmos usados na cabana de maternidade.

Os piquetes devem dispor de sombra e possuir adequada cobertura vegetal, de preferência com espécies forrageiras estoloníferas e/ou rizomatosas, como o capim estrela africana (*Cynodon plectostachyus*), o quicuío (*Pennisetum clandestinum*), grama missioneira ou jesuíta (*Axonopus* sp.), amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), e outras (MACHADO FILHO et al., 2007). Quanto maior a diversidade de espécies, melhor. A rotação de áreas a cada um ou dois anos é necessária para evitar a degradação da estrutura do solo, impedir excessiva infestação bacteriana e parasitária do solo e aproveitar o estrume deixado pelos animais para lavouras, que podem ser semeadas por plantio direto. Deve-se evitar utilizar raças brancas especializadas de alta produtividade, que podem ter dificuldade de adaptação ao ecossistema pastoril ao ar livre. Cruzas com raças locais têm melhor adaptação à radiação e calor nos trópicos do que raças brancas puras (OGBU et al., 2013). Combinações da genética de raças nacionais com as importadas, visando um animal de alta produtividade e bem adaptado, vêm sendo propostas já há bastante tempo (PINHEIRO MACHADO, 1967), o que garante também a preservação da diversidade genética de raças (PHOCAS et al. 2016).

Criação agroecológica de aves

Muitas comunidades ao redor do mundo têm selecionado, manejado e alimentado aves com tecnologias e saberes que podem ser denominados sustentáveis: cria com acesso ao ar livre, baixo uso de insumos e alimentação com fontes alternativas (ANGARITA e CASTRILLÓN, 2020) além de integração com piscicultura como o Sisteminha EMBRAPA (GUILHERME et al., 2011) e olericultura como o Sistema PAIS - produção agroecológica integrada e sustentável (PAIS/SEBRAE, 2009).

Os aviários fixos com piquetes, que podem ou não incluir rotação das parcelas, e os aviários móveis são sistemas de criação de aves frequentemente usados (SALES, 2005). As instalações podem ser construídas com materiais disponíveis na propriedade, assegurando-se adequada ventilação, comedouros, bebedouros, poleiros, palha nos ninhos e cama sobre o piso (SALES, 2005). Galinhas poedeiras precisam de descanso

noturno contínuo, mínimo de 8h sem iluminação artificial (Council - EC Regulation, 1999). É interessante a arborização dos piquetes e usar forrageiras de hábito estolonífero, com resistência ao pisoteio e boa brotação, como tifton, quicuiu, estrela, braquiária, batatais e coast-cross.

Produtos provenientes de unidades agroecológicas são bem aceitos pelos consumidores (BURLEY et al., 2016), porém existem desafios a superar para estruturar uma cadeia de produção agroecológica rentável em diferentes escalas de produção. O acesso ao ar livre, garantindo a saúde intestinal, o conforto térmico e minimizando o gasto energético por deslocamento, a substituição de uma parte dos grãos e cereais na dieta, a redução do uso de antibióticos e da emissão de GEE são necessários para promover sistemas sustentáveis.

A necessidade de proteína pode ser calculada a partir do requerimento de lisina e metionina, aumentando a eficiência do uso da proteína e melhorando a conversão, produção e saúde dos animais (JARIYAHATTHAKIJ et al., 2018). Dentre as fontes alternativas de proteína para alimentação de aves se encontram forrageiras leguminosas (*Glyricidia* sp.) e não leguminosas (*Trichanthera* sp., *Boehmeria* sp), plantas aquáticas (*Azolla anabaena*), minhocas e insetos (ANGARITA e CASTRILLÓN, 2020), aminoácidos sintéticos e oleaginosas (BURLEY et al., 2016). A escolha da fonte de alimento depende das condições locais e da escala da produção. A incorporação de quantidades baixas de fibra de alta qualidade é necessária para promover a saúde intestinal. Porém, a fibra de baixa qualidade limita o aproveitamento de outros nutrientes e afeta negativamente o desempenho e a saúde dos animais (BRYDEN et al., 2021).

A incorporação de tecnologias digitais permite manter registros zootécnicos, monitorar variáveis ambientais, de manejo e desempenho como balanço da emissão de gases, temperatura e umidade, produção de esterco, ganho de peso, produção, consumo, por exemplo. Esse monitoramento permite elaborar análises em tempo real (BUMANIS et al, 2022), assim como formulação de dietas precisas, minimizando a contaminação ambiental e garantindo a gestão racional dos processos (BAILEY, 2020).

Outros aspectos relevantes da Criação Animal Agroecológica

A criação animal agroecológica oferece alimentos de origem animal mais seguros e maior qualidade. São livres da contaminação de resíduos como pesticidas e antibióticos, que podem representar uma ameaça para a saúde humana (NATTERSON-HOROWITZ et al., 2022; SJÖLUND et al., 2015). Numa comparação (n=35), a produção convencional apresentou amostras contaminadas com pesticidas (5 de 15), antibióticos (5 de 13) e no leite hormônio do crescimento (mediana de 9,8 ng/ml). Nenhum resíduo foi encontrado nas amostras das unidades de produção orgânica (WELSH et al, 2019).

O uso inadequado de antibióticos pode causar resistência de microrganismos (AIRES DE SOUSA, 2016), fato recorrente em sistemas de produção de leite, incluindo agroecológicos (KUHNNEN et al., 2021), devido à complexidade dos determinantes da resistência e da transmissão de genes no ambiente. A transmissão dessas bactérias resistentes de animais para trabalhadores rurais é um problema de saúde pública (KALUPAHANA et al, 2019; LOCATELLI et al., 2017; SPOHR et al., 2009). Segundo a Organização Mundial da Saúde, a resistência antimicrobiana integra uma das 10 principais ameaças para a saúde global, incluindo bactérias isoladas frequentemente da produção animal (OMS, 2019).

A proteína animal é importante na nutrição humana, pois apresenta melhor balanço de aminoácidos e maior digestibilidade, quando comparada a proteína vegetal (BERRAZAGA et al., 2019; LEROY et al., 2022). Porém, a produção animal tem sido o centro de muitas controvérsias no que diz respeito ao seu impacto ambiental, bem-estar animal e desfechos de saúde relacionados ao consumo excessivo de carne (DUMONT et al., 2018). A agroecologia, por meio da intensificação da produção a pasto e uso de subprodutos e coprodutos para alimentar os animais, poderá atender a alta demanda de proteína da população nas próximas décadas de forma sustentável (SIJPESTIJN e CHRKI, 2022). A criação a pasto implica em reduzir as áreas de produção de grãos para alimentar os animais, e em consequência reduzir o uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos.

Criação Animal Agroecológica, mudança climática e outras externalidades

Os sistemas agroecológicos de criação animal mitigam os impactos ambientais, pois se baseiam em ferramentas como o manejo de pastagem, otimização de recursos naturais (energia solar) e redução do uso de insumos externos (DUMONT et al., 2013, MACHADO FILHO et al., 2021).

O correto manejo da pastagem resulta em sequestro de carbono e redução das emissões entéricas. Plantas colhidas em seu ponto ótimo de repouso têm melhor valor nutricional e consequentemente melhor eficiência em reduzir CH_4 entérico, além de maior produtividade (PEREIRA et al., 2020). O monitoramento da dinâmica de crescimento das plantas ocasiona períodos de repouso mais curtos e mais eficientes, beneficiando desfolhação mais frequente e estimulação contínua do crescimento e renovação das plantas (TEAGUE e BARNES, 2017). Esse ciclo influencia positivamente a atividade microbiana e ciclagem de nutrientes no solo (SANDERMAN et al., 2017), contribuindo para sua proteção e cobertura, aumentando o sequestro de C durante a fotossíntese (STANLEY et al., 2018) e o estoque de CO_2 (SEÓ et al., 2017). O armazenamento de C a longo prazo tem como consequência um balanço favorável de C (maior sequestro que emissão) nos ecossistemas pastoris (KRISTENSEN et al., 2022), compensando as emissões de GEE advindos dos sistemas de produção animal (SEÓ et al., 2017; SILVA et al., 2016; STANLEY et al., 2018).

Por outro lado, estima-se que restaurar a diversidade das pastagens pode sequestrar entre 2,3 e 7,3 bilhões de toneladas de CO_2 por ano, as práticas de melhoramento da pastagem entre 148 a 699 megatoneladas CO_2 por ano e a inclusão de leguminosas, aproximadamente 147 megatoneladas de CO_2 anuais (YONGFEI e COTRUFO, 2022). Todas essas técnicas utilizadas no manejo agroecológico das pastagens.

Pastagens diversas e bem manejadas, atendem melhor aos requerimentos nutricionais dos animais, sendo estratégias de redução de impactos ambientais relacionados à nutrição (VILLALBA et al., 2015). O desequilíbrio de nutrientes no rúmen causado por uma nutrição inadequada leva à alteração da fermentação ruminal (SODER et al., 2007), com possível aumento da produção de CH_4 (JOHNSON e JOHNSON, 1995), e excreção do

excesso do N ingerido, o que é uma fonte de poluição para o ar e água (CASTILLO et al., 2000).

Manejo sanitário na criação animal agroecológica

Abordagens abrangentes do processo de saúde e doença devem considerar as causas dos problemas e as relações entre saúde, cultura, meio ambiente, nutrição e alimentação, bem como métodos preventivos (ROSE, 2001). Alguns desafios na gestão da saúde em sistemas agroecológicos têm relação com questões culturais, conhecimentos, práticas interiorizadas por técnicos e produtores e outros com falta de informação científica e fundamentada em relação a quais são as práticas sanitárias recomendadas em sistemas agroecológicos (CHEONG et al., 2022; PHILLIPS e HEINS, 2022). Alguns problemas ocorrem indiferentemente do sistema de manejo utilizado (KUHNNEN et al., 2021), por conseguinte, criações agroecológicas devem manter programas de prevenção de doenças prevalentes na espécie.

Um dos principais desafios na produção agroecológica animal é controlar o impacto na saúde dos animais de mantê-los em espaços abertos, como o risco de transmissão de doenças, ajuste da dieta e incertezas sobre predição de desempenho em um meio pouco controlado (KIJLSTRA e EIJCK, 2006). A seleção genética e o padrão de manejo animal estão quase inteiramente dirigidos a um tipo de produção que tem poucas similaridades com os sistemas agroecológicos e há pouco conhecimento científico em práticas específicas para melhoria da saúde nesses sistemas. A criação animal agroecológica deveria utilizar uma abordagem preventiva, realizar seleção genética para melhorar a saúde dos animais, a rusticidade e adaptação ao meio (CHU et al., 2022, SLAGBOOM et al., 2022), otimizar as condições da criação suprimindo as necessidades dos animais, promovendo o bem-estar animal.

Para aplicar a medicina preventiva é necessário ter sistemas de registro e análise de eventos de saúde e utilização de produtos testados por estudos científicos para terapia. É necessário superar o imediatismo e a visão tradicional que vincula um tratamento a uma doença e reconhecer abordagens preventivas, multidisciplinares e baseadas na medicina

de populações (GALHARDO et al., 2021). A pesquisa científica, a educação e a formação de consumidores são fundamentais para promover essas mudanças.

Economicidade da criação animal agroecológica

O desempenho econômico é regulado pelos mercados locais, regionais e internacionais, além do uso de insumos específicos de cada atividade realizada. Os preços, tipo e a proveniência de insumos, o sistema de registro e cálculo de cada unidade, as políticas públicas locais, as características do mercado consumidor, as características fundiárias e de exploração, entre outros, impactam diferentemente nos preços e na renda dos produtores agroecológicos, orgânicos ou convencionais. Da mesma forma, as condições da demanda (consumo) contribuem para a regulação dos preços e tem variações temporais e regionais. Além disso, estados de emergência e contingências como pandemias, crises energéticas e ambientais podem modificar rapidamente a produção e comercialização e impactar no valor dos produtos (RAHMAN et al., 2022).

Os sistemas orgânicos (os quais adotam práticas agroecológicas) apresentam maior lucratividade por animal ou por pessoa empregada (VAN WAGENBERG et al., 2017), principalmente pela diminuição de uso de insumos externos, dos custos sanitários, de reposição do plantel e de investimentos.

O manejo de bovinos em PRV apresenta maiores rendas líquidas, principalmente pela diminuição do custo da alimentação e dos insumos químicos (MILANEZ e RIBAS, 2019, VINCENZI et al., 2000, WENDLING e FROSI, 2010). Por exemplo, o custo de produção de leite em PRV é menor que no convencional (BALASTRELLI et al., 2011).

A ovinocultura também apresenta resultado econômico favorável, como mostra o estudo realizado em Estremadura – Espanha, onde a taxa de retorno foi de 7,01 (GALLARDO et al. 2016). Esta renda, segundo os autores, está acima da taxa de retorno média, que é de aproximadamente 4,0.

Diversos estudos têm mostrado maior rentabilidade e menor investimento para criação de suínos ao ar livre (MACHADO FILHO et al., 2007). Os rebanhos mantidos em SISCAL são ligeiramente menos produtivos que os confinados (AREY e BROOKE, 2006;

EDWARDS, 1999). Entretanto, as taxas de ganho de peso são semelhantes até o desmame e a conversão é maior no SISCAL devido a menores perdas pós-desmame. Os custos com mão-de-obra são maiores no SISCAL, entretanto o capital investido para implantação é de 40 a 70% menor, refletindo em taxas de depreciação também menores. O custo dos insumos e atendimento veterinário é menor, ao passo que os gastos com alimentação podem ser de 10-15% maiores por matriz, pela necessidade de compensar os desafios ambientais (EDWARDS, 1999). Por outro lado, parte da alimentação pode ser a pasto, especialmente das porcas gestantes e lactantes, reduzindo o custo e oferecendo melhores condições de bem-estar aos animais. Portanto, a margem líquida para a criação de suínos ao ar livre é maior em função do menor capital investido e menor manutenção por matriz (LEITE et al., 2001). Nesse sistema, a rotação de áreas disponibiliza solos férteis para cultivos vegetais e dá ao agricultor grande independência.

A criação de aves de corte e de ovos demandam o uso de alimentação concentrada, baseada em milho e soja, que por sua vez, geralmente apresentam sobrepreço quando são orgânicos, impactando na lucratividade da atividade. Para superar esta dificuldade, é necessário diminuir este custo, seja substituindo a alimentação por produtos mais baratos, seja pela produção própria do alimento, ou ainda, através da prática de comércio local. As atividades da avicultura de corte e de ovos são rentáveis quando utilizam estas práticas e em pequenas escalas, com o acesso dos animais ao pasto, onde suprem em torno de 30% das suas necessidades nutricionais. Por outro lado, o investimento nas instalações é bem menor. A exemplo da suinocultura, não se faz necessário investir em galpões e mecanização, podendo as instalações ter menor custo.

Outros fatores que afetam a rentabilidade precisam ser considerados, como a maior longevidade dos animais nos sistemas orgânicos e o preço adicional pago aos produtos agroecológicos ou orgânicos, que permite uma compensação pela eventual diminuição da produtividade (HORN et al., 2012).

Um entrave àqueles que querem entrar na criação orgânica é o período de transição para a certificação, onde é obrigatório produzir orgânico, mas comercializar como convencional, o que diminui o fluxo de caixa. Esta é uma barreira para muitos agricultores (UEMATSU e MISHRA, 2012). Outro aspecto, cada vez mais valorizado pela sociedade,

é a redução das externalidades que a criação agroecológica promove. Por exemplo, os benefícios sociais e ambientais de produções agroecológicas como serviços ecossistêmicos, geração de emprego local, manutenção da paisagem cultural rural e impactos na saúde das pessoas.

As redes de economia solidária para os produtos agroecológicos devem ser feitas através da comercialização local, diretamente entre os atores envolvidos (GIRALDO e ROSSET, 2022). Nestas transações, incluem-se os insumos locais, a troca de prestação de serviços, as feiras livres, as redes de comercialização etc. Essas redes se diferenciam dos mercados de massa tradicionais por apresentarem laços de lealdade, compromissos sociais e valorização local (NUNES e SILVA, 2011). Os mercados solidários proporcionam diminuição do custo de comercialização, através da eliminação de intermediários, da eliminação dos custos de marketing e da estrutura de comercialização tradicional, oferecendo assim uma ótima alternativa para os produtores e menor custo aos consumidores. Não por acaso, as "feirinhas" agroecológicas tem se consolidado como opção de consumo nas grandes cidades.

CONCLUSÕES

A criação animal agroecológica é uma opção viável e necessária. Quando bem conduzida, é superior à produção convencional em termos ambientais, energéticos e de bem-estar animal. Apresenta menor dependência de insumos externos, é competitiva economicamente, traz benefícios sociais e culturais além de promover a produção de alimentos de origem animal com melhor qualidade biológica. Não tratamos a criação animal agroecológica como "nicho de mercado", mas como a melhor solução aos problemas causados pelos sistemas convencionais praticados no mundo todo.

A agroecologia pressupõe a otimização dos recursos endógenos de uma unidade de produção ou, melhor ainda, de um território (região), de forma a que o sistema de produção seja energeticamente sustentável, tendo a Energia Solar como principal insumo. A sustentabilidade é uma condição da agroecologia e implica na associação e sucessão animal e vegetal. A base de qualquer sistema de produção agrícola é o solo e a adição de excremento animal é uma prática agrícola capaz de melhorar e manter a fertilidade do

solo (TILMAN, 1998). Na agroecologia se pratica agricultura sob os conceitos de rotação e associação de culturas, plantio direto, uso consciente da água, redução progressiva até a ausência do uso de produtos de síntese química, respeito à cultura camponesa, às relações de gênero, proteção ambiental e da saúde do produtor, qualidade do alimento produzido e respeito às comunidades rurais e ao bem-estar dos animais.

A criação animal agroecológica tem o animal como sujeito do processo, e não como objeto / resultado. O objeto / resultado é a carne, o leite, os ovos, a lã, entre outros. Na criação agroecológica animal a finalidade da produção é o ser humano, notadamente o(a) agricultor(a), e o centro da produção é o animal enquanto ser dotado de vontade, sentimento e inteligência (FRASER, 1980).

AGRADECIMENTO

Ao Professor Luiz Carlos Pinheiro Machado, *in memoriam*, por ter sido pioneiro na Agroecologia e na criação animal agroecológica no Brasil. E por tudo que nos ensinou.

REFERÊNCIAS

AIRES-DE-SOUZA, Marta. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* among animals: current overview. **Clinical Microbiology and Infection**, v. 23, n. 6, p.373–380, 2016.

ALAND, Andres; MADEC, Francois. **Sustainable Animal Production**. The challenges and potential developments for professional farming. 1ª ed. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2009. 496 p.

ANGARITA LEITON, Arlex; ZAPATA, Fernando C. **Producción agroecológica de gallinas criollas**. Bogotá: UNIMINUTO, 2020. 322 p.

ALEXANDRE, Gisèle; FANCHONE, Audrey; OZIER-LAFONTAINE, Harry; DIMAN, Jean-Louis. Livestock Farming Systems and Agroecology in the Tropics. In: OZIER-LAFONTAINE, Harry; LESUEUR-JANNOYER, Magalie (Orgs.). **Sustainable Agriculture Reviews 14**: Agroecology and Global Change. Cham: Springer International Publishing, 2014. p. 83–115.

ALTIERI, Miguel A.; NICHOLLS, Clara. Agroecology: Challenges and opportunities for farming in the Anthropocene. **International Journal of Agriculture and Natural Resources**, v. 47, p. 204-215, 2020.

BALASTRELLI, Elean J.; COSTA, Leandro. Análise comparativa do custo de produção de leite entre o sistema PRV (Pastoreio Racional Voisin) e o tradicional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA. 7., 2011, Fortaleza. **Anais eletrônicos...** Fortaleza: ABA, 2011. Cadernos de Agroecologia, v. 6 n. 1, 2011.

BAILEY, Christopher A. Precision poultry nutrition and feed formulation. In: BAZER, Fuller W; LAMB, Graham C.; WU, Guoyao (Orgs.) **Animal Agriculture: sustainability, challenges and innovations**. London: Academic Press, 2020. p. 367–378.

BERRAZAGA, Insa; MICARD, Valérie; GUEUGNEAU, Marine; WALRAND, Stéphane. The Role of the Anabolic Properties of Plant - versus Animal-Based Protein Sources in Supporting Muscle Mass Maintenance: A Critical Review. **Nutrients**, v. 11, n. 8, article 1825, 2019.

BICA, Gabriela S.; MACHADO FILHO, Luiz C. P.; TEIXEIRA, Dayane. L. Beef cattle on pasture have better performance when supplied with water trough than pond. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 8, article 616904, 2021.

BRYDEN, Wayne. L.; LI, Xiuhua; RUHNKE, Isabelle; ZHANG, Dagong; SHINI, Shaniko. Nutrition, feeding and laying hen welfare. **Animal Production Science**, v. 61, p. 893-914, 2021.

BUMANIS, Nicolajs; ARHIPOVA, Irina; PAURA, Liga; VITOLS, Gatis; JANKOVSKA, Liga. Data Conceptual Model for Smart Poultry Farm Management System. **Procedia Computer Science**. v. 200, p. 517-526, 2022.

BURLEY, Heather K.; ANDERSON, Kenneth E.; PATTERSON, Paul H.; TILLMAN, Paul B. Formulation challenges of organic poultry diets with readily available ingredients and limited synthetic methionine. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 25, n. 3, p.443-454, 2016.

CAPORAL, Francisco. R.; COSTABEBER, José. A. **Agroecologia Alguns Conceitos e Princípios**. Brasília, DF: MDA/SAF/DATER-IICA. 2004. 24 p.

CASTILLO, Alejandro R.; KEBREAB, Ermias; BEEVER, David; FRANCE, James. A review of efficiency of nitrogen utilisation in lactating dairy cows and its relationship with environmental pollution. **Journal of Animal And Feed Sciences**. v. 9, n. 1, p. 1-32, 2000.

CHEONG Sejin; DI FRANCESCO, Juliete; LEE Kyuyoung; VAN VLECK PEREIRA, Richard; BLACK Randi; KARLE Betsy; LEMA Melissa; PIRES Alda F.A. Survey of Management Practices and Farmers' Perceptions of Diseases on Organic Dairy Cattle Farms in California. **Animals**. n. 12, v. 19, article 2526, 2022.

CHU, Think T.; ZAALBERG, Roos M.; BOVBJERG, Henrik; JENSEN, Just; VILLUMSEN, Trine M. Genetic variation in piglet mortality in outdoor organic production systems. **Animal**, v. 16, n. 5, article 100529, 2022.

COIMBRA, Paula A. D.; MACHADO FILHO, Luiz C. P.; HÖTZEL, Maria J. Effects of social dominance, water trough location and shade availability on drinking behaviour of cows on pasture. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 139, n. 3-4, p. 175-182, 2012.

COUNCIL REGULATION, (EC) N. 1804/1999. **Official Journal of the European Communities**, v. 42. Disponível em: <<https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC018524>>. Acesso em 15 jul. 2022.

DAROS, Ruan R.; BRAN, José A.; HÖTZEL, Maria J.; VON KEYSERLINGK, Marina A. G. Readily available water access is associated with greater milk production in grazing dairy herds. **Animals**, v. 9, n. 2, article 48, 2019.

DARWIN, Charles. **On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life**. John Murray, London, 1859. 512 p.

DENIZ, Matheus; DE SOUSA, Karolini T.; GOMES, Isabelle C.; VALE, Marcos M. Do; DITTRICH, João R. Classification of environmental factors potentially motivating for dairy cows to access shade. **Journal of Dairy Research**, v. 8, n. 3, p. 274-277, 2021.

DUMONT, Bertrand; FORTUN-LAMOTHE, Laurence; JOUVEN, Magali; THOMAS, Marielle; TICHIT, Muriel. Prospects from agroecology and Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *Animal*, v. 7, n. 6, p. 1028–1043, 2013.

DUMONT, Bertrand; GROOT, Jeroen C.J.; TICHIT, Muriel. Review: Make ruminants green again – how can sustainable intensification and agroecology converge for a better future? *Animal*, v. 12, n. 2 (supp.), p. 210-219, 2018.

DUVAL, Julie E.; BLANCHONNET, Antoine; HOSTIOU, Nathalie. How agroecological farming practices reshape cattle farmers' working conditions. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, v. 45, n. 10, p. 1480–1499, 2021.

EDWARDS, Sandra A. Organic pig production. In: ENCONTRO DO CONESUL DE TÉCNICOS ESPECIALISTAS EM SISCAL, 2., Concórdia. *Anais...* Concórdia: CNPSA/ Embrapa. 1999. p. 137-148.

GUILHERME Luiz C.; KIMPARA, Janaína M.; RODRIGUES, Laurindo E.; et al. **Sistema integrado alternativo para produção de alimentos**. Teresina, PI: EMBRAPA, 2011. 2 p.

ENGELS, Friedrich. **A Dialética da Natureza**. Rio de Janeiro, RJ: Paz e Terra, 1991. 240p.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. **Global Greenhouse Gas Emissions Data**. 2022. Disponível em: <<https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>>. Acesso em: 8 set. 2022.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **FAOSTAT**, 2022a. **Data, Land Use. Last update July 15**, 2022. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/RL>>. Acesso em: 8 set. 2022.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2022**: Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable. Rome: FAO, 2022b. 260 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **FAOSTAT**, 2022c. Disponível em <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>>. Acesso em: 8 set. 2022.

FRANZ, Hans. Biologia do solo de pastos – General preface. In: NEIMANN-SORENSEN Agner; TRIBE, Derek. E. **World Animal Science: Basic Information**. New York: Elsevier Science Publishers, 1985. p. 5-6.

FRASER, Andrew F. **Comportamiento de los animales de granja**. Zaragoza: Ed. Acribia. 1980. 291 p.

GALLARDO, Andrés H.; GARCÍA, Paula G.; CARO, Carlos D.; SÁNCHEZ, Miguel E. Análisis económico-estructural de explotaciones ganaderas ecológicas en dehesas y pastizales de Extremadura. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, n. 256, p. 133-171, 2020.

GIRALDO, Omar F.; ROSSET, Peter M. Emancipatory agroecologies: social and political principles. *The Journal of Peasant Studies*, p. 1–31, 2022.

GRANDIN, Temple. Grazing Cattle, Sheep, and Goats Are Important Parts of a Sustainable Agricultural Future. *Animals*, v. 12, n. 16, article 2092, 2022.

SALES, Marcia. N. G. **Criação de galinhas em sistemas agroecológicos**. Vitória, ES: Incaper, 2005. 284 p.

GYSLING RIU, Juan J. **Patagonia Agredida**: Itinerario de la Desertificación. Punta Arenas: 2020. 247p.

HALDANE, John B.S. Prólogo. In: ENGELS, Friedrich. **A Dialética da Natureza**. São Paulo, SP: Paz e Terra, 3ª Edição. 1979. p. 7-13

HERNÁNDEZ-CHAVES, Moises. G.; VAN DER HOEK, Rein; ABARCA-MONGE, Sergio; SOTO-BLANCO, Roberto; ARANGO, Jacobo. Performance of Rotational Grazing of Urochloa Hybrid cv. Cayman in the Caribbean Region of Costa Rica. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 24., 2022, Cali. **Anais...** Cali: Alliance of Bioversity and CIAT., 2022.

HORN, Marco; KNAUS, Wilhelm; KIRNER, Leopold; STEINWIDDER, Andreas. Economic evaluation of longevity in organic dairy cows. **Organic Agriculture**, v. 2, n. 2, p. 127-143, 2012.

HÖTZEL, Maria J.; MACHADO FILHO, Luiz C. P.; WOLF, Fernando M.; COSTA, Osmar A. D. Behaviour of sows and piglets reared in intensive outdoor or indoor systems. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 86, n. 1, p. 27-39, 2004.

JOHNSON, Kristen A.; JOHNSON, Donald E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 8, p. 2483-2492, 1995.

KRISTENSEN, Jeep A.; SVENNING, Jens-Christian; GEORGIU, Katerina; MALHI, Yadvinder. Can large herbivores enhance ecosystem carbon persistence? **Trends in Ecology & Evolution**, v. 37, n. 2, p. 117-128, 2022.

KUHNEN, Shirley; DE MELLO, Dario F. M.; HONORATO, Luciana A.; PICCININ, Isadora N.; MARTINS, Juliana; BERNARDES, Priscila A.; MACHADO FILHO, Luiz C. P. Identification and antimicrobial susceptibility of milk pathogen isolated from dairy production systems. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 194, article 105451, 2021.

KUHNEN, Shirley; HOLZ, Daline Tais; MOACYR, Juliana R.; PICCININ, Isadora N.; MACHADO FILHO, Luiz C.P. Effect of pasture management on bioactive compounds of *Lolium multiflorum* and *Avena strigosa* for dairy cows and its effect on milk quality. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 46, n. 1, p. 3-22, 2022.

LEITE, Denyse M. G.; COSTA, Osmar A. D.; VARGAS, Gilberto A.; MILLEO, Roger D. D. S.; SILVA, Aparecido D. Análise econômica do sistema intensivo de suínos criados ao ar livre. **Revista brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 482-486, 2001.

LEROY, Frédéric; BEAL, Ty; GREGORINI, Pablo; MCAULIFFE, Graham; VAN VLIET, Stephan. Nutritionism in a food policy context: The case of “animal protein”. **Animal Production Science**, v. 62, n. 8, p. 712-720, 2022.

LOCATELLI, Clara; CREMONESI Paola; CAPRIOLI Andrea; CARFORA Virginia; IANZANO, Angela; BARBERIO Antonio; MORANDI, Stefano; CASULA, Antonio; CASTIGLIONI, Bianca; BRONZO, Valerio; MORONI, Paolo. Occurrence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in dairy cattle herds, related swine farms, and humans in contact with herds. **Journal of Dairy Science** v. 100, n. 1, p. 608-619, 2017.

MACHADO FILHO, Luiz. C.P.; SEÓ, Hizumi L.S.; DAROS, Ruã R.; ENRIQUEZ-HIDALGO, Daniel; WENDLING, Adenor V.; MACHADO, Luiz C. P. Voisin Rational Grazing as a Sustainable Alternative for Livestock Production. **Animals**, v. 11, n. 12, article 3494, 2021.

MACHADO FILHO, Luiz C.P.; MACHADO, Thiago M.P.; HÖTZEL, Maria J.; KOPPANY, Gabriela. Produção intensiva de suínos em pastagens. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL E AMBIENTE, 1., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG. 2007.

MACHADO, Luiz. C. P. **Pastoreio Racional Voisin**. São Paulo, SP: Expressão Popular, 2010. 376 p.

MACHADO, Luiz C. P. **Os suínos**. Porto Alegre, RS: Editora A Granja Ltda, 1967. 622p.

MILANEZ, Dario F.; RIBAS, Clarilton E. D. C. PRV e produção convencional: Análise comparativa de custos de produção. 2019, Santa Fé, Argentina. In: ENCONTRO PANAMERICANOS SOBRE MANEJO AGROECOLÓGICO DE PASTAGENS, 3., 2019, Santa Fé. **Anais eletrônicos...** Santa Fé: UFSC. 2019. Cadernos de Agroecologia, v. 4, n. 2, 2019.

NATTERSON-HOROWITZ, Barbara; DESMARCHELIER, Marion; WINKLER, Andrea. S.; CARABIN, Hélène. Beyond zoonoses in one health: non-communicable diseases across the animal kingdom. **Frontiers in Public Health**, v. 9, article 807189, 2022.

NUNES, Christiane G. F.; SILVA, Pedro H. I. Rumo a um novo mercado: uma abordagem sociológica do comércio justo e solidário. **Mercado de Trabalho: conjuntura e análise**. v. 49, p. 67-76, 2011

OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. **COUNCIL DIRECTIVE of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources**. 1991. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A31991L0676>>. Acesso em: 1 out. 2022.

OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN UNION. **COMMISSION IMPLEMENTING DECISION (EU) 2020/1074 of 17 July 2020 granting a derogation requested by Denmark pursuant to Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources**. 2020. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32020D1074>>. Acesso em: 1 out. 2022.

OLIVEIRA, João A.V.; SCHMIDT, Vanice D.B.; FALKOSKI, Carlos. **Suinocultura Intensiva ao Ar Livre**. Florianópolis, SC: ACARESC, 1988.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **24 Billion tons of fertile land lost every year, warns un chief on world day to combat desertification**. 2019. Disponível em: <<https://news.un.org/en/story/2019/06/1040561>>. Acesso em: 2 out. 2022.

PEREIRA, Fabiellen C.; MACHADO FILHO, Luiz C. P.; KAZAMA, Daniele C. S.; GUIMARÃES JÚNIOR, Roberto; PEREIRA, Luiz G. R.; ENRÍQUEZ-HIDALGO, Daniel. Effect of recovery period of mixture pasture on cattle behaviour, pasture biomass production and pasture nutritional value. **Animal**, v. 14, n. 9, p. 1961-1968, 2020.

PHILLIPS, Hannah N.; HEINS, Bradley J. Alternative Practices in Organic Dairy Production and Effects on Animal Behavior, Health, and Welfare. **Animals**, v. 12, n. 14, article 1785, 2022.

PHOCAS, Florence; BELLOC, Catherine; BIDANEL, Joel P.; DELABY, Luc; DOURMAD, Jean Y.; DUMONT, Bertrand; EZANNO, Pauline; FORTUN-LAMOTHE, Laurence; FOUCRAS, Gilles; FRAPPAT, Brigitte; GONZÁLEZ-GARCÍA, Eliel; HAZARD, Dominique; LARZUL, Catherine; LUBAC, Sophie; MIGNON-GRASSTEAU, Sandrine; MORENO, Carole, R.; TIXIER-BOICHARD, Michèle; BROCHARD, Michael. Review: Towards the agroecological management of ruminants, pigs and poultry through the development of sustainable breeding programmes. II. Breeding strategies. **Animal**, v. 10, n. 11, p. 1760–1769, 2016.

RAHMAN, Tanvir; ISLAM, Saiful; SHEHATA, Awad A.; BASIOUNI, Shereen; HAFEZ, Hafez M.; AZHAR, Esam I.; KHAFAGA, Asman F.; BOVERA, Fulvia; ATTIA, Youssef A. Influence of COVID-19 on the sustainability of livestock performance and welfare on a global scale. **Tropical Animal Health Production**, v. 54, n. 5, p. 309, 2022. doi: 10.1007/s11250-022-03256-x.

RITCHIE, Hannah; ROSER, Max; ROSADO Pablo. 2020. CO₂ and Greenhouse Gas Emissions. **Our World In Data**. Disponível em: <<https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>>. Acesso em: 2 out. 2022.

ROSE, Geoffrey. Sick individuals and sick populations. **International Journal of Epidemiology**, v. 30, n. 3, p. 427-432, 2001.

SALES, Marcia. N. G. **Criação de galinhas em sistemas agroecológicos**. Vitória, ES: Incaper, 2005. 284p.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE. **PAIS - Produção agroecológica integrada e sustentável**. Mais alimento, trabalho e renda no campo. Saiba como produzir alimentos saudáveis e preservar o meio ambiente. Brasília, DF: Sebrae, 2009. 24 p.

SEÓ Hizumi L. S., MACHADO FILHO Luiz C. P.; BRUGNARA Daniel. Rationally managed pastures stock more carbon than no-tillage fields. **Frontiers in Environmental Science**, v. 5, article 87, 2017.

SIJPESTIJN, Georgia F.; WEZEL, Alexander; CHRIKI, Sghaier. Can agroecology help in meeting our 2050 protein requirements? **Livestock Science**, v. 256, article 104822, 2022 .

SILVA, Fabián R.; BORJA, Mauro; PLAZA, Luiz C.; MARINI, Paulo R. Voisin Rational Grazing: An Agroecological Alternative to Achieve Sustainable Livestock in Ecuador. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE PRODUCCIÓN PECUARIA Y AGROINDUSTRIAL ESPOCH, 2., 2021, Chimborazo. **Anais eletrônicos...** Chimborazo: ESPOCH, 2021. ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M., v.2, n.1, p. 104-111, 2021.

SILVA, Rafael O.; BARIONI, Luis G.; HALL, Julian A. J.; FOLEGATTI MATSUURA, Marilia; ZANETT ALBERTINI, Tiago; FERNANDES, Fernando A.; MORAN, Dominic. Increasing beef production could lower greenhouse gas emissions in Brazil if decoupled from deforestation. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 5, p. 493-497, 2016.

SJÖLUND, Marie; BACKHANS, Annette; GREKO, Christina; EMANUELSON, Ulf; LINDBERG, Ann. Antimicrobial usage in 60 Swedish farrow-to-finish pig herds. **Preventive veterinary medicine**, v. 121, n. 3-4, p. 257-264, 2015.

SLAGBOOM, Margot; HJORTØ, L.; SØRENSEN, Christian; MULDER, Herman; THOMASEN, Jorn R.; KARGO, Morten. Possibilities for a specific breeding program for organic dairy production. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 7, p. 6332-6345, 2020.

SODER, Kathy J.; ROOK, Andrew. J.; SANDERSON, Matt A.; GOSLEE, Sarah C. Interaction of Plant Species Diversity on Grazing Behavior and Performance of Livestock Grazing Temperate Region Pastures. **Crop Science**, v. 47, n. 1, p. 416-425, 2007.

STANLEY, Paige L.; ROWNTREE, Jason E.; BEEDE, David K.; DELONGE, Marcia S.; HAMM, Michael W. Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems. **Agricultural Systems**, v. 162, p. 249-258, 2018.

TEAGUE, Richard; BARNES, Matt. Grazing management that regenerates ecosystem function and grazing land livelihoods. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 34, n. 2, p. 77-86, 2017.

TILMAN David. The greening of the green revolution. **Nature**, v. 396 n. 6708, p. 211-212. 1998.

UEMATSU, Hiroki; MISHRA, Ashok K. Organic farmers or conventional farmers: Where's the money? **Ecological Economics**, v. 78, p. 55-62, 2012.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. National Agricultural Statistics Service. **All Farm Index: Prices Received and Prices Paid**. 2006. Disponível em: <<http://www.nass.usda.gov/>>. Acesso em: 3 out. 2022.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **Milk Production**. 2021. Disponível em: <<https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/h989r321c/br86bx43m/7p88d932r/mkpr0221.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2022.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. National Agricultural Statistics Service. **Livestock Farm Index by Month, US**. 2022. Disponível em: <https://www.nass.usda.gov/Charts_and_Maps/Agricultural_Prices/lvskfarm.php>. Acesso em: 2 out. 2022.

VAARST, Mette; RODERICK, Stephen; LUND, Vonne; LOCKERETZ, Willie. **Animal Health and Welfare in Organic Agriculture**. Wallingford: CABI, 2004, 426p.

VILLALBA, Juan J.; PROVENZA, Frederick D.; CATANESE, Francisco; DISTEL, Roberto A. Understanding and manipulating diet choice in grazing animals. **Animal Production Science**, v. 55, n. 3, p. 261-271, 2015.

VOISIN, André. **Produtividade do Pasto**. São Paulo, SP: Mestre Jou, 1974. 517 p.

VAN WAGENBERG, Coen P. A.; DE HAAS, Yvette; HOGVEEN, Henk; VAN KRIMPEN, Marinus; MEUWISSEN, Miranda P. M.; VAN MIDDELAAR, Corina E.; RODENBURG, T. Bas. Animal Board Invited Review: Comparing conventional and organic livestock production systems on different aspects of sustainability. **Animal**, v.11, p.1839-1851, 2017.

WELSH, Jean A.; BRAUN, Hayley; BROWN, Nicole; UM, Caroline; EHRET, Karen; FIGUEROA, Janet; BOYD BARR, Dana. Production-related contaminants (pesticides, antibiotics and hormones) in organic and conventionally produced milk samples sold in the USA. **Public health nutrition**, v. 22, n. 16, p. 2972–2980, 2019.

WENDLING, Adenor V.; FROSI, Marciano. Pastoreio Racional Voisin aumenta a renda líquida. In: ENCONTRO PANAMERICANO SOBRE MANEJO AGROECOLÓGICO DE PASTAGENS, 1., 2010, Chapecó. **Anais eletrônicos...** Chapecó: UFSC, 2010. Cadernos de Agroecologia, v. 6, n. 1, 2011.

WEZEL, Alexander; PEETERS, Alain. Agroecology and herbivore farming systems—principles and practices. **Options Méditerranéennes**, v. 109, n. 109, p. 753-768, 2014.