



Quản lý đồng cỏ và dinh dưỡng để tăng hiệu quả sản xuất bò thịt trong hệ thống chăn thả

Nguyễn Văn Quang

Viện Chăn nuôi và Thú y Việt Nam

TÓM TẮT

Nhu cầu tiêu thụ thịt ngày càng tăng đòi hỏi việc áp dụng các hệ thống chăn nuôi gia súc theo hướng thâm canh bền vững, trong đó các chiến lược dinh dưỡng được sử dụng nhằm giảm thiểu những đóng góp tiêu cực của bò thịt đối với hiện tượng nóng lên toàn cầu, đồng thời nâng cao năng suất và hiệu quả sản xuất của vật nuôi. Các biện pháp quản lý đồng cỏ kết hợp với bổ sung thức ăn, chủ yếu sử dụng các nguồn thức ăn không dùng cho con người và có chi phí thấp, có thể làm giảm các tác động tiêu cực về môi trường và xã hội, từ đó đạt được năng suất cao hơn với mức sử dụng đầu vào thấp hơn. Cỏ nhiệt đới được quản lý chăn thả theo chiều cao cây có hàm lượng protein hòa tan cao và hàm lượng xơ trung tính không tiêu hóa thấp. Việc bổ sung năng lượng hoặc protein không bị phân giải trong dạ cỏ, kết hợp với các phụ gia thay thế tác dụng của kháng sinh như probiotic, tannin, tinh dầu và saponin, góp phần khai thác tối đa tiềm năng di truyền của vật nuôi và nâng cao hiệu quả sử dụng chất dinh dưỡng, qua đó làm giảm phát thải khí nhà kính và cải thiện năng suất vật nuôi. Do đó, việc bổ sung các thông tin khoa học về các giải pháp này sẽ góp phần nâng cao hiệu quả và tính thân thiện với môi trường của các hệ thống chăn nuôi trên đồng cỏ nhiệt đới.

Từ khóa: Khí nhà kính; thức ăn không dùng cho con người; phụ gia thức ăn; bổ sung thức ăn; đồng cỏ nhiệt đới.

Giới thiệu

Khí hậu nhiệt đới thuận lợi cho sự phát triển của các loại cỏ nhiệt đới khiến đồng cỏ trở thành cơ sở để chăn nuôi gia súc thịt, đồng cỏ chăn thả là nguồn thức ăn thực tế và kinh tế nhất để chăn nuôi gia súc (McManus và cs., 2016), chịu trách nhiệm sản xuất 89% toàn bộ đàn, đạt gần 188 triệu con (ABIEC, 2021).

Toàn cầu hóa kinh tế thúc đẩy nông nghiệp ngày càng trở nên hiệu quả và cạnh tranh hơn, do đó, những thất bại trong quản lý đồng cỏ có thể quyết định đến sự thành công hay thất bại của chăn nuôi bò thịt (Dubeux và cs., 2017). Theo nghĩa này, thách thức lớn của các hệ thống sản xuất bò thịt trên đồng cỏ là việc sử dụng các biện pháp có khả năng tăng năng suất và chất

lượng thịt với tác động thấp đến môi trường (Cardoso và cs., 2016; Cardoso và cs., 2020). Vì vậy, mục tiêu chính của các chiến lược quản lý cần áp dụng là nâng cao hiệu suất vật nuôi và tối ưu hóa việc sử dụng các nguồn thức ăn thô cơ bản (Delevatti và cs., 2019).

Thức ăn chăn nuôi nhiệt đới có đặc điểm theo mùa điển hình, tập trung tăng trưởng từ 70 đến 80% vào mùa mưa và 20 đến 30% vào mùa khô (De Jesus và cs., 2021). Tác động của tính theo mùa này ở bò thịt thể hiện rõ qua những biến đổi mạnh mẽ về thành phần hóa học và cấu trúc của tán thức ăn chăn nuôi, phản ánh trực tiếp đến lượng thức ăn tiêu thụ, khả năng tiêu hóa và tăng cân, do đó làm chậm tuổi giết mổ của vật nuôi (Reis và cs., 2012). Mùa mưa mang lại lợi thế cho sản xuất động vật nhai lại vì có điều

kiện thô nhưỡng thuận lợi cho sản xuất khối lượng lá xanh và thức ăn chăn nuôi với hàm lượng protein thô (CP) và tổng chất dinh dưỡng tiêu hóa được (TDN) cao hơn so với mùa khô, ngoài ra còn là thời điểm để khám phá hiệu suất và tăng trưởng tối đa của vật nuôi trên mỗi diện tích (Poppi và *cs.*, 2018).

Về mặt lý thuyết, thức ăn chăn nuôi nhiệt đới chất lượng cao có thể cung cấp các chất dinh dưỡng cần thiết để đáp ứng nhu cầu của động vật ăn cỏ, bao gồm năng lượng, protein, khoáng chất và vitamin. Tuy nhiên, thành phần hóa học của thức ăn chăn nuôi cỏ nhiệt đới hiếm khi cân bằng giữa nhu cầu của động vật và các chất dinh dưỡng cần thiết để đạt được mức tăng trọng cao, do tính theo mùa về số lượng và chất lượng vốn có của hệ thống đồng cỏ, ảnh hưởng đến việc biểu hiện tiềm năng di truyền của gia súc thịt (Valadares Filho và *cs.*, 2019). Theo nghĩa này, các chiến lược quản lý do người quản lý áp dụng có thể tạo ra sự khác biệt về mức độ phản ứng trong hiệu suất của động vật và mức tăng trọng trên mỗi diện tích đồng cỏ được khai thác (Reis và *cs.*, 2019).

Việc tăng cường hệ thống sản xuất đòi hỏi, ngoài việc sử dụng các kỹ thuật quản lý đồng cỏ, phải áp dụng các chiến lược dinh dưỡng, chẳng hạn như bổ sung chế độ ăn cho gia súc ăn cỏ, cũng như sử dụng tiềm năng di truyền của động vật, thông qua chọn lọc và lai tạo. Các chiến lược như vậy phải được củng cố để đảm bảo lợi nhuận của hệ thống sản xuất, tính bền vững của hệ sinh thái đồng cỏ và sản xuất thịt chất lượng cho thị trường tiêu dùng (Cardoso và *cs.*, 2020; Delevatti và *cs.*, 2019). Đối mặt với những điều kiện như vậy, việc tìm kiếm các giải pháp thay thế cho các chất phụ gia hóa học giúp giảm thiểu tác động tiêu cực của vật nuôi đối với hiện tượng nóng lên toàn cầu và đồng thời tăng hiệu suất và hiệu quả sản xuất đang ngày càng tăng (Peyrard, 2017). Trong bối cảnh này, việc sử dụng các chất phụ gia hữu cơ đã được thiết lập, trong số các thành phần này có tannin cô đặc, saponin và tinh dầu. Các hợp chất này có nguồn gốc từ thực vật, thường là chiết xuất của thực vật và có khả năng điều

hiện quá trình lên men dạ cỏ và quá trình trao đổi chất của động vật, nhằm tăng hiệu suất và thúc đẩy các tác động có lợi cho môi trường (Hart và *cs.*, 2008).

Do đó, bài viết này nhằm mục đích giải quyết các khía cạnh liên quan đến sản xuất gia súc thịt theo quan điểm bền vững, xem xét quản lý chăn thả, sử dụng chiến lược bổ sung chế độ ăn cho động vật ăn cỏ, bao gồm việc đưa thức ăn không ăn được và phụ gia hữu cơ vào thành phần bổ sung và kết quả của chúng.

Các khía cạnh liên quan đến bò thịt trong hệ thống chăn thả

Đóng góp của chăn nuôi vào khí nhà kính

Là hệ thống sử dụng đất lớn nhất, lĩnh vực nông nghiệp đóng góp 40% tổng sản phẩm quốc nội nông nghiệp toàn cầu, cung cấp thu nhập cho hơn 1,3 tỷ người và lương thực cho ít nhất 800 triệu người, sử dụng các vùng đồng cỏ rộng lớn và một phần ba đất nông nghiệp để sản xuất lương thực trên thế giới (Herrero và *cs.*, 2013). Tuy nhiên, mặc dù nó có tầm quan trọng lớn trong bối cảnh kinh tế và rất cần thiết cho lương thực thế giới, nhưng tốc độ tăng dân số nhanh chóng cũng như việc sản xuất và tiêu thụ các sản phẩm nông nghiệp đang góp phần gây ra lượng khí nhà kính (GHG) đáng kể ra môi trường, chiếm 14,5% tổng lượng khí thải GHG do con người gây ra trên thế giới (FAO, 2013), khiến hoạt động này thường được coi là thủ phạm gây ra hiện tượng nóng lên toàn cầu (Berça và *cs.*, 2019).

Chăn nuôi góp phần vào lượng khí thải GHG dưới dạng mêtan (CH_4) từ quá trình lên men trong ruột, nitơ oxit (N_2O) từ việc sử dụng phân bón nitơ (N) và CH_4 và N_2O từ việc quản lý và lắng đọng chất thải của động vật. Hơn nữa, carbon dioxide (CO_2) cũng được tạo ra từ việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch và năng lượng tại các trang trại (Cardoso và *cs.*, 2020).

Việc sản xuất CH_4 đường ruột của động vật nhai lại là một quá trình cơ bản để hệ tiêu hóa của những loài động vật này hoạt động bình thường,

nhưng nó dẫn đến mất năng lượng tiêu thụ thô và do đó làm giảm hiệu suất của động vật (Berça và *cs.*, 2019), ngoài việc đóng góp 3,5% tổng lượng khí thải GHG của thế giới (IPCC, 2019). Trên toàn thế giới, CH₄ được coi là tác nhân lớn thứ hai gây ra hiện tượng nóng lên toàn cầu (16%), ngay sau CO₂ (65%) (IPCC, 2019). Khí từ hệ thống chăn nuôi chủ yếu có nguồn gốc từ quá trình lên men đường ruột (90%), phần còn lại được tạo ra từ quá trình lên men chất thải hữu cơ của động vật (GLEAM, 2019).

Việc sử dụng phân bón N và việc thải phân động vật (phân và nước tiểu) là nguyên nhân chính gây ra tình trạng mất N vào môi trường, không chỉ gây ra thiệt hại về kinh tế mà còn gây ra thiệt hại về môi trường do rửa trôi nitrat, bay hơi amoniac (NH₃) và chủ yếu là phát thải N₂O (Longhini và *cs.*, 2020). Người ta ước tính rằng lượng N bị mất hàng năm trên toàn cầu thông qua phân thải là gần 26 triệu tấn và phân bón N là 17 triệu tấn (Xu và *cs.*, 2019). Ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC, 2019) ước tính giá trị bay hơi NH₃ là 30% (20-50%) phân thải (nước tiểu và phân) và 15% (3-43%) phân urê.

Mặc dù động vật nhai lại góp phần thải khí ra môi trường, các chiến lược quản lý là cần thiết cho tính bền vững của hệ thống thực phẩm toàn cầu. Nhìn chung, các hoạt động này bao gồm cải thiện hiệu suất môi trường của các hệ thống chăn nuôi thông qua việc quản lý, bổ sung và sử dụng đầy đủ các chất phụ gia thay thế cho kháng sinh; thiết lập mức tiêu thụ bền vững các loại thực phẩm có nguồn gốc từ động vật, cũng như sử dụng các thành phần mà con người không tiêu thụ (thức ăn không ăn được) (Foley và *cs.*, 2011; Tedeschi và *cs.*, 2011).

Các chỉ định để giảm sản xuất CH₄ bao gồm các biện pháp phản ánh hiệu suất vật nuôi tốt hơn và dẫn đến chu kỳ sản xuất ngắn hơn, bao gồm cải thiện thành phần và chất lượng thức ăn chăn nuôi, bằng cách giảm thành tế bào và tăng mức protein hòa tan và carbohydrate, ví dụ, cải thiện di truyền động vật, bổ sung thức ăn (Hatfield và Kalscheur, 2020). Hơn nữa, việc sử dụng các chất như chất phụ gia bao gồm axit

hữu cơ, nấm men và chiết xuất thực vật, chẳng hạn như tannin và saponin, cũng giúp giảm sinh khí mêtan bằng cách điều chỉnh quá trình lên men dạ cỏ (Tedeschi và *cs.*, 2011).

Một chiến lược phổ biến để giảm lượng N bị mất trong hệ thống, cả trực tiếp thông qua bài tiết N qua phân và nước tiểu, và gián tiếp thông qua việc sử dụng phân bón, là đồng cỏ hỗn hợp gồm cỏ và cây họ đậu, do có liên quan đến vi khuẩn cố định đạm, giúp tăng năng suất thức ăn chăn nuôi và giá trị dinh dưỡng (Longhini và *cs.*, 2020). Đổi lại, việc cải thiện chất lượng chế độ ăn có thể thay đổi thành phần nước tiểu và phân và do đó, lượng N bị mất qua chất bài tiết (Hristov và *cs.*, 2013).

Quản lý chăn thả

Hiệu suất của vật nuôi trên đồng cỏ chủ yếu được xác định bởi chất lượng thức ăn chăn nuôi, là chức năng của lượng vật chất khô (DM) hấp thụ và giá trị dinh dưỡng của thức ăn chăn nuôi (Reis và *cs.*, 2012). Đổi lại, giá trị dinh dưỡng được xác định bởi thành phần hóa học và các chất dinh dưỡng chịu trách nhiệm trực tiếp cho khả năng tiêu hóa DM, hàm lượng CP và chất xơ trung tính (NDF) (Reis và *cs.*, 2012). Theo nghĩa này, việc quản lý đồng cỏ đúng cách ảnh hưởng đến cả thành phần và cấu trúc hóa học của đồng cỏ, ngoài các yếu tố như khối lượng thức ăn chăn nuôi, nguồn cung cấp lá, thân và vật liệu chết, là những yếu tố quyết định hành vi tiêu thụ của vật nuôi và do đó, trong lượng chất dinh dưỡng hấp thụ (Ruggieri và *cs.*, 2020).

Trong mùa mưa, việc quản lý phải được thực hiện thông qua các chiến lược đảm bảo thời gian cung cấp thức ăn chăn nuôi chất lượng dài nhất và/hoặc cải thiện giá trị dinh dưỡng của thức ăn chăn nuôi, nhằm đạt được năng suất cao hơn của hệ thống (Poppi và McLennan, 1995). Theo nghĩa này, quản lý đồng cỏ nên ưu tiên điều chỉnh cường độ chăn thả để đạt được năng suất cao trên mỗi con vật và trên mỗi diện tích, xem xét các nguyên tắc hình thái sinh lý chi phối sự phát triển của thực vật và giới hạn sinh học của nó, để cho phép đồng cỏ tồn tại và tránh

sự suy thoái của nó (Peyrard, 2017). Do đó, bất kỳ tiêu chí quản lý nào được áp dụng đều phải xem xét việc điều chỉnh lượng thức ăn chăn nuôi và tỷ lệ thả gia súc để đồng thời kiểm soát chất lượng và số lượng thức ăn chăn nuôi có sẵn và duy trì tính bền vững của hệ thống (Reis và cs., 2019).

Nhìn chung, quản lý đồng cỏ bao gồm một tập hợp các hoạt động nhằm thay đổi hình thái hoặc làm chậm quá trình trưởng thành của cây, để tăng mức chất dinh dưỡng dễ tiêu hóa trong chế độ ăn của gia súc và đảm bảo hiệu suất đầy đủ (Paulino và cs., 2004). Hơn nữa, Sollenberger và cs. (2020) đã báo cáo rằng quản lý chăn thả nên cho phép cân bằng giữa sự phát triển của cây trồng, lượng thức ăn tiêu thụ và sản xuất của động vật, để duy trì một hệ thống sản xuất ổn định.

Theo Pereira và cs. (2017), việc kiểm soát tình trạng rụng lá trên đồng cỏ là rất quan trọng đối với tính bền vững của hệ thống, vì đây là một sự kiện đối kháng, nghĩa là cây sử dụng lá để thu ánh sáng và thực hiện quá trình quang hợp, tạo ra carbohydrate cho phép duy trì sự sống và phát triển. Mặt khác, lá là thành phần hình thái có giá trị dinh dưỡng cao nhất tạo nên phần lớn chế độ ăn của động vật ăn cỏ (Ruggieri và cs., 2020). Do đó, cần áp dụng các kỹ thuật quản lý ưu tiên cây thức ăn chăn nuôi và động vật ăn cỏ, cho phép năng suất thức ăn chăn nuôi cao kết hợp với hiệu suất vật nuôi cao (Cardoso và cs., 2020).

Chiều cao chăn thả

Quản lý đồng cỏ dựa trên việc điều chỉnh cường độ chăn thả có thể được thực hiện theo một số tiêu chí, chẳng hạn như áp lực chăn thả, lượng thức ăn cho gia súc, khối lượng thức ăn còn lại, chỉ số diện tích lá còn lại (LAI), chiều cao và các tiêu chí khác (Reis và cs., 2019). Việc áp dụng chiều cao làm tiêu chí quản lý cho phép kiểm soát khối lượng thức ăn cho gia súc và tỷ lệ thả gia súc, có thể liên hệ sự phát triển của đồng cỏ với việc sử dụng thức ăn và do đó, với cấu trúc tán cây và phản ứng trong lượng thức ăn

nạp vào và hiệu suất của vật nuôi (Casagrande và cs., 2011). Ngoài ra, chiều cao là một chỉ số thực tế và chức năng, có thể liên quan đến các tiêu chí quản lý khác, chẳng hạn như lượng thức ăn cho gia súc và lượng ánh sáng chặn (LI) (Baldissera và cs., 2016). Ngoài ra, chiều cao chăn thả ảnh hưởng trực tiếp đến hành vi tiêu thụ của động vật ăn cỏ (Cardoso và cs., 2020).

Theo Reis và cs. (2012), quản lý chăn thả phải điều chỉnh tần suất và cường độ của việc cắt lá, để động vật có thể thu hoạch thức ăn chăn nuôi ở độ tuổi sinh lý thích hợp, điều này ảnh hưởng trực tiếp đến bản chất và nồng độ carbohydrate cấu trúc trong thành tế bào và hợp chất nitơ, là những yếu tố chính quyết định chất lượng thức ăn chăn nuôi. Do đó, các tác giả báo cáo rằng đồng cỏ được chăn thả liên tục và được quản lý hiệu quả có thể cung cấp lượng lá non liên tục và do đó, khả năng tiêu hóa thức ăn chăn nuôi cao hơn khi so sánh với hệ thống chăn thả gián đoạn.

Quản lý đồng cỏ dưới các cường độ chăn thả khác nhau thúc đẩy các phản ứng khác nhau trong tích lũy khối lượng thức ăn thô và giá trị dinh dưỡng. Các nghiên cứu được tiến hành tại FCAV/ Unesp Campus de Jaboticabal đã tạo ra dữ liệu nhất quán về tác động của các độ cao khác nhau của quản lý đồng cỏ nhiệt đới trong mùa mưa (Casagrande và cs., 2011; Azenha, 2010; Barbero và cs., 2015; Oliveira và cs., 2016; Vieira và cs., 2017; Koscheck và cs., 2020; Barbero và cs., 2020). Các tác giả đã đề cập ở trên đã đánh giá đồng cỏ Marandu trong hệ thống chăn thả liên tục và chăn thả thả thay đổi, ở ba độ cao: 15, 25 và 35 cm. Khi độ cao chăn thả tăng lên, CP giảm và hàm lượng chất xơ tăng, tỷ lệ lão hóa cao hơn và tỷ lệ kéo dài lá cao hơn, hai yếu tố sau liên quan đến LAI cao hơn, giúp chặn được lượng bức xạ mặt trời lớn hơn. Mặt khác, tán cây được giữ ở độ cao thấp hơn cho thấy sự tăng trưởng và lão hóa chậm hơn, tích lũy thức ăn thô thấp hơn và hạn chế lượng vật liệu xanh cho phép, điều này hạn chế lượng thức ăn hấp thụ và hiệu suất của vật nuôi. Tóm lại, các tác giả kết luận rằng quản

lý theo phương pháp chăn thả liên tục trong mùa mưa nên được quản lý ở độ cao 25 cm để tối đa hóa lượng thức ăn tiêu thụ và tăng trọng hàng ngày của từng cá thể trong giai đoạn sinh trưởng mà không làm giảm đáng kể mức tăng trọng trên mỗi khu vực.

Trong chuỗi nghiên cứu này, quản lý theo phương pháp chăn thả liên tục ở độ cao 25 cm tương ứng với 95% LI và theo Delevatti và cs. (2019), phương pháp quản lý này tạo ra đồng cỏ có tỷ lệ lá cao hơn, tỷ lệ protein cao hơn, tỷ lệ vật liệu chết và chất xơ trung tính không hòa tan (iNDF) thấp hơn.

Ở đồng cỏ được chăn thả luân phiên, giá trị LI 95% trong quá trình tái sinh cũng thu được với chiều cao trung bình trước khi chăn thả của thảm cỏ là khoảng 25 cm (Trindade và cs., 2007; Pedreira và cs., 2007). Theo Pedreira và cs. (2007), chiến lược quản lý đưa động vật vào ở LI 95% làm giảm lượng vật liệu tự che bóng trong tán cây và do đó, làm giảm chết mô. Hơn nữa, trong hệ thống luân phiên, chiều cao của phần còn lại sau khi chăn thả sẽ ảnh hưởng đến lượng thức ăn hấp thụ của đồng cỏ do những thay đổi trong cấu trúc tán cây và tầng mà động vật khám phá trong quá trình chăn thả (Trindade và cs., 2007).

Bón đạm

Theo Reis và cs. (2019), sự tăng trưởng, phát triển và thành phần hóa học của thức ăn chăn nuôi là những yếu tố quyết định đến hiệu suất của vật nuôi và ngược lại, bị ảnh hưởng bởi các khía cạnh sinh lý vốn có của cây và các điều kiện môi trường. Do đó, N là nguyên tố hạn chế nhất đối với sự phát triển của cỏ chăn nuôi, do lượng chất dinh dưỡng mà cây chiết xuất và tác dụng dư thừa của N trong đất sau khi bón, cũng như do mất mát thông qua quá trình bay hơi, rửa trôi và cố định bởi vi sinh vật (Bodley và cs., 2004).

Trong kịch bản này, việc sử dụng phân bón trong đồng cỏ đã được tăng cường trong những năm gần đây, nhằm mục đích tăng giá trị dinh

dưỡng của thức ăn chăn nuôi và tỷ lệ chăn thả, do đó, làm tăng sản lượng trên một đơn vị diện tích (Delevatti và cs., 2019). Tỷ lệ chăn thả, ngược lại, phụ thuộc trực tiếp vào năng suất của cây thức ăn chăn nuôi, bị ảnh hưởng bởi một số yếu tố như lượng mưa, nhiệt độ, cường độ ánh sáng, độ phì nhiêu của đất và phân bón, đặc biệt là với N (Sollenberger và cs., 2014).

Theo Rezende và cs. (2011), tác động của việc bón N lên năng suất có liên quan đến quá trình đẻ nhánh ban đầu sau khi cắt, vì nó thúc đẩy sự phát triển nhanh chóng của lá, nhanh chóng bổ sung các mô quang hợp và tăng sự hình thành các nhánh, chịu trách nhiệm cho sản lượng DM cao hơn. Ngoài ra, việc bón N làm tăng nồng độ CP, làm giảm N không hòa tan trong chất tẩy rửa trung tính và cho phép hiệu quả cao hơn trong hoạt động phân giải cellulase của vi khuẩn dạ cỏ, các yếu tố tối ưu hóa hiệu suất của động vật (Delevatti và cs., 2019). Tuy nhiên, hiệu quả sử dụng N của cây thức ăn chăn nuôi khá khác nhau, dao động từ 5 đến 89,2 kg DM/kg N được bón (Balsalobre và cs., 2003).

Khả năng phân hủy CP ở dạ cỏ của các loại cây thức ăn chăn nuôi nhiệt đới và ôn đới thường cao và tăng lên khi tăng liều lượng N bón vào đồng cỏ (Delevatti và cs., 2019). Đặc biệt trong các tình huống quản lý đồng cỏ nhiệt đới có khả năng phân hủy cao các hợp chất N liên quan đến hàm lượng carbohydrate cấu trúc cao với quá trình phân hủy chậm, sự mất cân bằng giữa bộ khung N và cacbon phát sinh từ quá trình phân hủy carbohydrate trong dạ cỏ làm giảm hiệu quả sử dụng nitơ (ENU) và tổng hợp protein của vi khuẩn (Detmann và cs., 2014). Tuy nhiên, tình trạng này tạo ra sự mất mát quá mức các hợp chất N trong môi trường dạ cỏ dưới dạng NH_3 trong nước tiêu, tạo ra tình trạng thiếu hụt protein so với nhu cầu để đạt được mức tăng trưởng cao (Poppi và cs., 2018), ngoài việc gây ra tổn thất về kinh tế, điều này có thể gây hại cho môi trường thông qua việc mất N dưới dạng phát thải NH_3 , N_2O bay hơi và rửa trôi nitrat (Cardoso và cs., 2016; Aboyage và cs., 2018).

Tóm lại, các biện pháp quản lý đồng cỏ trong mùa mưa, bao gồm bón phân N duy trì, điều chỉnh lượng thức ăn chăn nuôi theo lượng thức ăn sẵn có, giúp đồng cỏ bền vững, chắc chắn làm giảm chi phí sản xuất và lượng khí thải phát sinh do sử dụng đất không phù hợp và thời gian sử dụng đồng cỏ kéo dài (Reis và *cs.*, 2012).

Bổ sung chế độ ăn uống

Trong các hệ thống sản xuất thâm canh, việc bổ sung được áp dụng như một công cụ công nghệ để tăng cường việc sử dụng đồng cỏ, hướng tới mục tiêu sản xuất tương thích với giá trị di truyền của vật nuôi và lợi nhuận (Paulino và *cs.*, 2004). Nhìn chung, việc bổ sung cho phép sản xuất ra những con vật sớm hơn, tăng khả năng hỗ trợ đồng cỏ, tăng trưởng cao hơn trên mỗi con vật và trên mỗi diện tích, giảm thời gian cần thiết để đạt trọng lượng giết mổ, do đó, rút ngắn thời gian nuôi và hoàn thiện động vật ăn cỏ, bên cạnh việc sản xuất thịt và thân thịt chất lượng tốt hơn (Poppi và *cs.*, 2018).

Do đó, có sự gia tăng về tỷ lệ chăn nuôi và tốc độ luân chuyển vốn đầu tư nhanh chóng, cải thiện hiệu quả và lợi nhuận của hệ thống này (Goés và *cs.*, 2004). Hơn nữa, trong các hệ thống quản lý chăn thả nhằm mục đích tối ưu hóa hiệu suất trên mỗi con vật và trên mỗi diện tích, có thể giảm thiểu tác động môi trường của sản xuất gia súc thịt trên đồng cỏ nhiệt đới (Cardoso và *cs.*, 2016; Reis và *cs.*, 2016).

Tuy nhiên, lượng protein và năng lượng cần thiết để tối ưu hóa việc sử dụng chất dinh dưỡng sẽ phụ thuộc vào thành phần hóa học của đồng cỏ và tỷ lệ protein thô/chất hữu cơ dễ tiêu hóa (DOM), vì ENU phụ thuộc vào khả năng cung cấp năng lượng (Reis và *cs.*, 2019). Do đó, việc bổ sung phải được thực hiện trước khi xác định số lượng và chất lượng thức ăn sẵn có, đặc biệt là liên quan đến đặc điểm của carbohydrate và hợp chất N, để đảm bảo cung cấp các chất dinh dưỡng hạn chế hoạt động của vi khuẩn dạ cỏ (Barbero và *cs.*, 2015).

Bổ sung trong mùa khô

Trong điều kiện mùa khô là giai đoạn quan trọng nhất của hệ thống chăn thả gia súc. Trong mùa này, gia súc tiêu thụ thức ăn thô có giá trị dinh dưỡng thấp, đặc trưng bởi hàm lượng chất xơ không tiêu hóa cao và hàm lượng CP dưới mức tới hạn (7% CP), do đó hạn chế lượng thức ăn hấp thụ và do đó, hạn chế hiệu suất sản xuất (Paulino và *cs.*, 2004; Paulino và *cs.*, 2006). Do đó, nếu không bổ sung thức ăn thô vào chế độ ăn của gia súc trong mùa này để cung cấp các chất dinh dưỡng thiếu hụt trong thức ăn thô, sẽ làm giảm tăng trọng hoặc thậm chí là hiệu suất tiêu cực, vì các chất dinh dưỡng trong cơ thể được huy động để duy trì, làm tăng tuổi giết mổ, chi phí cố định của hoạt động này và làm giảm tỷ lệ tiêu thụ gia súc (Reis và *cs.*, 2012).

Theo Reis và *cs.* (2019), trong mùa khô, protein là chất dinh dưỡng hạn chế nhất và do đó, là chất dinh dưỡng cần bổ sung nhiều nhất vì nó là yếu tố quyết định khả năng phân hủy chất nền dạng xơ của vi sinh vật dạ cỏ và do đó, trong tốc độ di chuyển và lượng chất khô hấp thụ. Theo nghĩa này, việc bổ sung chiến lược trong mùa khô liên quan đến việc cung cấp protein, xem xét các sự kiện tiêu hóa, lên men, tổng hợp hợp chất N và lượng thức ăn thô chất lượng thấp trong dạ cỏ. Tăng trọng lượng sống thu được thông qua việc bổ sung ở giai đoạn này có thể thấp, đảm bảo duy trì trọng lượng của vật nuôi, ở mức trung bình (lên đến 300 g/con/ngày) và thậm chí cao (từ 600 đến 700 g/con/ngày), cho phép giết mổ động vật sớm hơn (Reis và *cs.*, 2012). Một giải pháp thay thế có lợi là sử dụng nhiều chất bổ sung (protein và năng lượng), giúp tăng trọng lượng theo thứ tự từ 150 đến 300 g/con/ngày với 0,5 đến 2% BW và 700 đến 1000 g/con/ngày với chất bổ sung 8 đến 10% BW.

Bổ sung trong mùa mưa

Mặc dù mùa mưa được đặc trưng bởi các điều kiện khí hậu thuận lợi cho sản xuất thức ăn chăn nuôi, cách thức các điều kiện này xảy ra, liên quan đến các chiến lược quản lý được áp dụng và sự tương tác giữa chất lượng

và số lượng đồng cỏ với nguồn cung cấp chất dinh dưỡng thông qua chất bổ sung, có thể tạo ra sự khác biệt về mức độ phản ứng với việc bổ sung đối với hiệu suất và tăng trưởng của vật nuôi trên mỗi khu vực (Reis và *cs.*, 2016).

Trong giai đoạn này, khi thức ăn thô được phân loại là chất lượng trung bình đến cao, với hợp chất N trên mức tối thiểu được khuyến nghị (7% CP) để vi khuẩn hoạt động đầy đủ bằng cách sử dụng carbohydrate cấu trúc và với mức amoniac dạ cỏ (N-NH₃) trên 5 mg/dL, mục tiêu của việc bổ sung liên quan đến các chiến lược quản lý chăn thả nhằm tối đa hóa sản lượng của tăng chăn thả là ngăn ngừa những tác động có hại trong việc sử dụng NDF có khả năng tiêu hóa (pdNDF) trong thức ăn thô (Paulino và *cs.*, 2006; Huhtanen và 2010). Theo Huhtanen và *cs.* (2010), pdNDF là một thực thể dinh dưỡng đầy đủ hơn để đánh giá chất lượng thức ăn thô và tương ứng với phần NDF có khả năng được tiêu hóa bởi các vi sinh vật dạ cỏ, và lượng tiêu hóa liên quan đến thời gian lưu giữ trong các ngăn lên men, ngăn để hoàn thành quá trình tiêu hóa tất cả các pdNDF đã ăn vào.

Theo Santos và *cs.* (2007b), giá trị tăng trọng trung bình hàng ngày (ADG) trên 800 g trong mùa mưa khó có thể đạt được ở gia súc được nuôi trên đồng cỏ nhiệt đới nếu không bổ sung thức ăn tinh. Mặc dù chi phí cao cho các mức tăng trọng bổ sung vốn có của thức ăn tinh trong giai đoạn này (100 đến 200 g/con/ngày), nhưng điều này có thể dẫn đến việc giảm đáng kể thời gian hoàn thiện, trên đồng cỏ hoặc bãi chăn nuôi, với khả năng mang lại lợi nhuận kinh tế (Delevatti và *cs.*, 2019; Barbero và *cs.*, 2015; Koscheck và *cs.*, 2020; Romanzini và *cs.*, 2020).

Bổ sung năng lượng

Mục tiêu chính của việc bổ sung thức ăn cho gia súc ăn cỏ là tăng lượng năng lượng và chất dinh dưỡng hấp thụ so với những chất có trong chế độ ăn chỉ có trên đồng cỏ (Paulino và *cs.*, 2004). Khi thức ăn thô và carbohydrate dễ lên men được cung cấp, các vi sinh vật phân giải

xơ phải cạnh tranh với carbohydrate không xơ (NFC) để giành các chất nền như NH₃, peptide, lưu huỳnh và bộ khung cacbon mạch nhánh để phát triển. Một chiến lược bổ sung thích hợp sẽ là tối đa hóa việc sử dụng thức ăn thô bằng cách tối ưu hóa quá trình tiêu hóa, tăng tốc độ truyền các chất cận bã không tiêu hóa và do đó tăng lượng TDN hấp thụ (Poppi và *cs.*, 2018).

Theo Poppi và McLennan (1995), tăng cân nhiều chủ yếu phụ thuộc vào nguồn cung cấp axit amin và năng lượng được vận chuyển đến các mô ở bò, một tình trạng hiếm gặp ở động vật được chăn thả hoàn toàn. Trong bối cảnh này, các tác giả tương tự đã báo cáo rằng cung cấp năng lượng có thể là một chiến lược hiệu quả để cung cấp thêm protein cho động vật, vì nó cho phép NH₃ thường bị mất qua nước tiểu, phân hoặc nước bọt, được thu giữ và đưa vào protein vi khuẩn. Đến lượt mình, sản xuất protein vi khuẩn thay đổi tùy thuộc vào bản chất của chất nền năng lượng được cung cấp, chẳng hạn như tinh bột, chất xơ hòa tan, pectin hoặc đường (Dewhurst và *cs.*, 2000).

Trong các hệ thống sản xuất thâm canh, cỏ nhiệt đới được quản lý với liều lượng N cao (200 đến 500 kg N/ha) trong mùa mưa có khoảng 40 đến 50% hàm lượng hợp chất nitơ ở dạng hòa tan (Johnson và *cs.*, 2001). Thực tế này, liên quan đến hàm lượng carbohydrate cấu trúc cao với tốc độ phân hủy thấp hơn, thúc đẩy sự thiếu đồng bộ giữa bộ khung N và cacbon phát sinh từ quá trình phân hủy carbohydrate trong dạ cỏ, làm giảm quá trình tổng hợp protein của vi khuẩn và hiệu quả sử dụng N-NH₃ trong dạ cỏ (Poppi và McLennan, 1995).

Đối với Poppi và McLennan (1995), tình trạng này gây ra sự mất mát quá mức các hợp chất nitơ trong môi trường dạ cỏ dưới dạng NH₃, làm giảm quá trình tổng hợp protein của vi khuẩn và tạo ra sự thiếu hụt protein có thể chuyển hóa (MP) liên quan đến các yêu cầu để đạt được mức tăng cao. Ngoài ra, theo các nhà nghiên cứu, hiệu quả tối đa trong quá trình tổng hợp protein của vi khuẩn đạt được khi quan sát thấy 160 g CP/kg DOM, trong khi các giá trị gần 210 g CP/kg DOM dẫn đến mất N đáng kể.

Theo Reis và cs. (2012), những hạn chế chính đối với sự phát triển của vi khuẩn dạ cỏ sẽ liên quan đến thức ăn chăn thả, cho phép đồng hóa thấp N có sẵn trong protein vi khuẩn dạ cỏ, do khả năng phân hủy cao của các hợp chất N hoặc tốc độ phân hủy carbohydrate thấp hơn từ thức ăn chăn thả dạng xơ. Do đó, việc cung cấp chất bổ sung năng lượng với các nguồn có sẵn nhanh chóng trong dạ cỏ có thể thúc đẩy hiệu suất vật nuôi tốt hơn bằng cách tối ưu hóa quá trình đồng hóa vi khuẩn của N từ các hợp chất N có khả năng phân hủy cao trong thức ăn chăn thả (Detmann và cs., 2014).

Trong một bài đánh giá của Reis và cs. (2019), các tác giả đã báo cáo rằng trong mùa mưa, cỏ nhiệt đới có khả năng tiêu hóa DM từ 55 đến 65%, ngoài CP từ 7,9 đến 17,4% trong thành phần của chúng, điều này có thể dẫn đến tỷ lệ CP/DOM khác nhau. Đánh giá các thí nghiệm được tiến hành trong mùa mưa, người ta quan sát thấy rằng ngay cả ở những động vật chỉ được cho ăn muối khoáng, giá trị N-NH₃ trong dạ cỏ vẫn cao hơn mức tối hạn là 5 mg/dL dịch dạ cỏ (Casagrande và cs., 2011; Oliveira và cs., 2016). Tuy nhiên, chỉ khi động vật được bổ sung, trong 6 giờ đầu tiên sau khi bổ sung, người ta mới tìm thấy mức N-NH₃ tối ưu trong dạ cỏ để vi khuẩn phát triển tối đa, tức là lớn hơn 20 mg N-NH₃/dL dịch dạ cỏ.

Theo Leng (1990), việc đưa ngũ cốc vào chế độ ăn thô có thể làm giảm khả năng tiêu hóa chất xơ và hiện tượng này vốn có ở hai tác động cản trở sự phát triển của vi khuẩn phân giải xenlulo: một tác động cụ thể (giảm độ pH) và một tác động không cụ thể (tác động của carbohydrate). Ở động vật nhai lại được nuôi trên đồng cỏ nhiệt đới, sự thay đổi độ pH dạ cỏ do bổ sung chế độ ăn dường như tương đối nhỏ, không ảnh hưởng đến sự phát triển của vi khuẩn sử dụng carbohydrate dạng xơ. Theo nghĩa này, tính khả dụng của carbohydrate hòa tan chịu trách nhiệm cho việc giảm khả năng tiêu hóa chất xơ, như đã được Rooke và cộng sự báo cáo (Rooke và cs., 1987) và Huhtanen (Huhtanen, 1987), phản ánh hiệu quả cao của các chất xơ dài có tác dụng duy trì điều kiện dạ cỏ (Mertens, 1994).

Do đó, mục tiêu của chương trình bổ sung cho động vật ăn cỏ là đáp ứng nhu cầu của chúng thông qua hành động tương tác và liên kết giữa thức ăn thô cơ bản và các nguồn bổ sung. Do đó, có thể tăng cường các hiệu ứng liên kết tích cực và giảm thiểu các tương tác tiêu cực, nhằm tăng lượng thức ăn hấp thụ và tối ưu hóa việc sử dụng thức ăn thô, chứ không chỉ đáp ứng trực tiếp nhu cầu của động vật thông qua chất bổ sung (Paulino và cs., 2004).

Bổ sung protein

Protein là hạn chế chính trong các hệ thống sản xuất gia súc trên đồng cỏ nhiệt đới trong cả mùa khô và mùa mưa, đặc biệt là khi đồng cỏ có giá trị dinh dưỡng thấp (Costa và cs., 2020). Vào thời điểm đó, mặc dù một số loại cỏ nhiệt đới có mức CP đáp ứng được nhu cầu dinh dưỡng của động vật, nhưng một phần protein này có thể không có sẵn cho hoạt động của vi sinh vật dạ cỏ, vì nó liên kết với thành phần xơ (Reis và cs., 2012). Do đó, việc xây dựng công thức bổ sung protein hoặc protein-năng lượng cho gia súc ăn cỏ phải xem xét thành phần protein có sẵn trong thức ăn thô, để cung cấp đủ N để sử dụng các chất nền năng lượng có trong thực vật, chẳng hạn như xenluloza để tiêu hóa và hemicellulose (Barbero và cs., 2015).

Việc cung cấp thêm N cho động vật tiêu thụ thức ăn thô có giá trị dinh dưỡng thấp thúc đẩy sự phát triển của vi khuẩn phân giải xơ, tăng khả năng tiêu hóa và tổng hợp protein của vi khuẩn, do đó, cho phép tăng lượng thức ăn thô tự nguyện hấp thụ và cải thiện sự cân bằng năng lượng của động vật ăn cỏ (Reis và cs., 2016a). Sự thành công của chiến lược bổ sung này có liên quan đến đặc điểm của phần pdNDF, đây sẽ là nguồn năng lượng chính để đáp ứng nhu cầu của vi sinh vật (Reis và cs., 2019). Khi nhu cầu N để duy trì vi sinh vật dạ cỏ được đáp ứng, chất bổ sung có thể cung cấp protein và năng lượng để đạt được các lợi ích bổ sung, tùy theo hiệu suất mong muốn (Reis và cs., 2016a).

Theo Pathak (2008), gia súc cần hai loại protein: protein phân hủy dạ cỏ (RDP), cần thiết để đáp

ứng các yêu cầu của vi sinh vật dạ cỏ, và protein không phân hủy dạ cỏ (RUP), để đáp ứng các yêu cầu của động vật. Trong trường hợp này, protein trong chế độ ăn đóng vai trò là nguồn MP cho động vật nhai lại, tương ứng với tổng lượng protein vi khuẩn tổng hợp từ RDP, với RUP được hấp thụ trong ruột.

Tổng hợp protein vi khuẩn phụ thuộc vào nguồn N và carbohydrate đầy đủ. Theo nghĩa này, Rodríguez và cs. (2007) báo cáo rằng cấu trúc của protein trong chế độ ăn uống xác định sự phân hủy của chúng trong dạ cỏ và sự đóng góp vào N có sẵn cho vi sinh vật. Amoniac là nguồn N chính trong các vi sinh vật dạ cỏ, nhưng sự sẵn có của các axit amin, peptit và cả hai đều làm tăng sự phát triển của vi khuẩn phân giải xenlulo và phân giải amylose (Kozloski, 2011), chủ yếu là do sự kết hợp trực tiếp vào protein vi khuẩn hoặc sự sẵn có tăng lên của bộ khung cacbon có thể được sử dụng làm nguồn năng lượng hoặc trong quá trình tổng hợp các axit amin của vi khuẩn (Van Soest, 1994).

Trong chế độ ăn hỗn hợp thức ăn thô và thức ăn đậm đặc, quá trình tổng hợp protein của vi khuẩn có thể tăng lên do sự đồng bộ hóa tốt hơn của quá trình giải phóng chất dinh dưỡng, môi trường dạ cỏ thích hợp để duy trì các loài vi sinh vật khác nhau, tăng lượng và loại chất nền, lượng chất dinh dưỡng hấp thụ cao hơn và do đó, tốc độ đi qua của chất rắn và chất lỏng tăng lên (Gomes và cs., 1994). Trong khi thức ăn thô có thể cung cấp N dưới dạng protein dễ phân hủy hoặc nitơ không phải protein (NPN), thức ăn đậm đặc có thể cung cấp N chủ yếu dưới dạng peptide và/hoặc axit amin cần thiết cho quá trình tổng hợp protein của vi khuẩn (Poppi và McLennan, 1995). Theo Pathak (2008), hiệu quả có xu hướng tăng lên khi carbohydrate dễ lên men được bổ sung dưới 30% tổng khẩu phần ăn nhưng giảm khi mức bổ sung lớn hơn 70%.

Trong các hệ thống đồng cỏ, ngay cả trong mùa mưa, sự đồng bộ giữa protein và năng lượng trong dạ cỏ hiếm khi đạt được do chất lượng thức ăn chăn nuôi thay đổi và tốc độ sử dụng

chất nền khác nhau (De Jesus và cs., 2021). Tuy nhiên, tái chế urê là một cơ chế quan trọng của động vật nhai lại, có khả năng đảm bảo mức N-NH₃ đầy đủ trong dạ cỏ trong suốt cả ngày, tuy nhiên khi có quá nhiều protein trong chế độ ăn, có thể xảy ra tình trạng mất N vào môi trường (Poppi và cs., 2018). Theo nghĩa này, thách thức lớn trong việc lựa chọn nguồn và lượng CP trong chất bổ sung là cân bằng việc sử dụng theo khả năng cung cấp năng lượng, đảm bảo mức N-NH₃ đầy đủ và giảm thiểu thất thoát qua phân và nước tiểu (Poppi và cs., 2018).

Các chất bổ sung protein có thể được tạo thành từ hai nguồn protein: protein thực sự và NPN. Các nguồn protein thực sự có hàm lượng RDP khác nhau, chẳng hạn như bột hạt bông và gluten ngô, có khoảng 65 và 18% RDP trong thành phần của chúng (Hoffmann và cs., 2021b).

Các nguồn nitơ không phải protein hoàn toàn hòa tan trong dạ cỏ và được vi khuẩn dạ cỏ sử dụng để tổng hợp protein vi khuẩn, và việc sử dụng nó rất phổ biến, chủ yếu là do chi phí thấp hơn khi so sánh với các nguồn protein thông thường khác, chẳng hạn như bột đậu nành (Tadele và Amha, 2015). Theo Araújo và cs. (2020), nguồn NPN chính được sử dụng ở Brazil là urê, đã trở thành một giải pháp thay thế có lợi do dễ dàng có sẵn trên thị trường, nồng độ N cao trong thành phần và chi phí đơn vị thấp. Ngoài ra, urê là nguồn N-NH₃ cho các vi sinh vật phân giải xơ và do khả năng chấp nhận thấp nên nó có thể được sử dụng làm chất kiểm soát lượng thức ăn bổ sung của động vật. Tuy nhiên, điều cần thiết là phải tôn trọng giới hạn đưa urê vào chế độ ăn, để tránh gây ngộ độc cho động vật và mất N cao qua nước tiểu. Để sử dụng chất dinh dưỡng hiệu quả hơn, urê nên được trộn với các thành phần năng lượng giàu carbohydrate không xơ, protein thực sự và lưu huỳnh.

Trong các hệ thống sản xuất đồng cỏ, cần phải tối ưu hóa việc sử dụng chất dinh dưỡng và khả năng tiêu hóa thức ăn thô để tối đa hóa tăng cân, mặc dù chất bổ sung thức ăn đầy đủ vào trực tiếp các chất dinh dưỡng cần thiết cho động

vật (Hoffmann và *cs.*, 2021b). Trong trường hợp này, việc bổ sung protein có thể làm tăng lượng thức ăn thô do cung cấp N-NH₃ cho các vi sinh vật dạ cỏ và do đó làm tăng lượng năng lượng hấp thụ, chịu trách nhiệm cho việc tăng hiệu suất của động vật. Tuy nhiên, cường độ phản ứng với chất bổ sung protein sẽ phụ thuộc vào tính khả dụng và chất lượng của đồng cỏ (Barbero và *cs.*, 2015).

Thức ăn không ăn được

Trong dinh dưỡng động vật, ngô là thành phần chính trong các chất bổ sung năng lượng và chứa khoảng 72% tinh bột, 9% CP, hàm lượng chất xơ thấp, ngoài ra còn là nguồn năng lượng chuyển hóa (ME) lớn nhất trong số các loại ngũ cốc (Loy và Lundy, 2019). Tuy nhiên, ngô là một thành phần theo truyền thống được con người và động vật dạ dày đơn tiêu thụ, trong bối cảnh tính bền vững của hệ thống, tạo ra sự cạnh tranh giữa vật nuôi và xã hội (Mottet và *cs.*, 2018). Tương tự như vậy, bột hạt bông và bột đậu nành là những thành phần protein được sử dụng thông thường nhất trong thức ăn chăn nuôi, do hàm lượng CP cao, dao động từ 30 đến 50% và RUP, góp phần làm tăng lưu lượng protein đến ruột (Swiatkiewicz và *cs.*, 2016; Paula và *cs.*, 2018; Hoffmann và *cs.*, 2021c). Mặc dù là nguồn protein quan trọng, nhưng chúng là những thành phần đắt tiền làm tăng chi phí sản xuất của các hệ thống chăn nuôi bò thịt.

Trong quá trình tìm kiếm thức ăn thay thế không dùng cho con người và các thành phần ít tốn kém hơn trong dinh dưỡng cho gia súc, các sản phẩm phụ của ngành nông nghiệp đã trở nên nổi bật trên thị trường và trong nghiên cứu.

Cùi cam quýt

Ngành công nghiệp nước cam và các loại trái cây họ cam quýt khác, có sản lượng dẫn đầu, tạo ra bã mía hoặc cùi cam quýt như một sản phẩm phụ, chiếm từ 45 đến 58% tổng số trái cây, bao gồm vỏ, màng, túi và hạt của cam hoặc một loại cam quýt khác. Về mặt dinh dưỡng, nó được đặc trưng là một sản phẩm trung gian

giữa thức ăn thô và chất cô đặc, giàu pectin, cellulose và polysaccharides hemicellulose (Bampidis và Robinson, 2006; Franzolin và Franzolin, 2000).

Cùi cam quýt đã được sử dụng rộng rãi để thay thế ngô, chiếm 85-90% giá trị năng lượng của thành phần này (NRC, 2000), ngoài ra còn ít hoặc không có tác động tiêu cực đến quá trình lên men dạ cỏ so với chế độ ăn giàu tinh bột (Bampidis và Robinson, 2006).

Nhìn chung, phần cùi được đặc trưng bởi khả năng tiêu hóa DM cao, hàm lượng chất xơ hòa tan cao, hàm lượng carbohydrate hòa tan cao và thành tế bào dễ tiêu hóa (Muller và Prado, 2004). Trong thành phần hóa học của nó, phần cùi cam quýt có khoảng 89 - 90% DM; 6 - 11% CP; 2 -12% chiết xuất ete (EE), giá trị này tùy thuộc vào việc dầu có được chiết xuất trong quá trình chế biến hay không; 6% chất khoáng (MM), 57 - 74% chiết xuất không chứa nitơ (NNE); 7 - 8% chất xơ thô; 25 - 41% NDF; 14% chất xơ axit tẩy rửa (ADF); 1% lignin, 0,2% tinh bột, 22 - 25% pectin; 3,88 mg vitamin C/100 g sản phẩm phụ, 1,6 - 1,8% canxi và hàm lượng photpho thấp (0,08 - 0,75%) (Bampidis và Robinson, 2006; Oluremi và *cs.*, 2006; Watanabe và *cs.*, 2010).

Pectin bao gồm một carbohydrate cấu trúc, một thành phần của phân chất xơ hòa tan, lần lượt là một polyme của axit galacturonic (Santos và *cs.*, 2007a). Theo Muller và Prado (2004), các sản phẩm phụ có nồng độ pectin cao có tiềm năng lớn để sử dụng trong dinh dưỡng của động vật nhai lại, vì nó có mật độ năng lượng cao, ngoài quá trình lên men thuận lợi, không tạo ra axit lactic, duy trì các điều kiện thích hợp cho hoạt động của động vật nhai lại.

Vì chứa hàm lượng tinh bột cực thấp nên cùi cam quýt có thể thúc đẩy độ pH dạ cỏ, ngăn ngừa tình trạng giảm mạnh trong quá trình tiêu hóa, có thể gây ra rối loạn chuyển hóa, ngoài ra còn cung cấp hoạt động phân giải xenlulo tối đa và tỷ lệ axetat:propionat cao hơn (Van Soest, 1994; Cullen và *cs.*, 1986; Strobel và Russell,

1986; Belyea và *cs.*, 1989; Van Soest và *cs.*, 1991; Porcionato và *cs.*, 2000).

Trong một nghiên cứu do Oliveira và *cs.* (2016) thực hiện đánh giá ba chất bổ sung, một chất khoáng, một chất bổ sung protein-năng lượng từ ngô và chất còn lại dựa trên cùi cam quýt, các tác giả kết luận rằng cùi cam quýt như một nguồn năng lượng trong các chất bổ sung được cung cấp ở mức 0,3% trọng lượng cơ thể (BW) có thể được sử dụng để bổ sung cho bò đực Nellore trong mùa mưa, mà không ảnh hưởng đến lượng thức ăn thô và khả năng tiêu hóa chất xơ, cải thiện hiệu quả vi khuẩn dạ cỏ.

Bã rượu khô (DDG)

Thành phần protein trong chế độ ăn uống thường được coi là đắt nhất. Do đó, việc tìm kiếm các giải pháp thay thế giúp giảm chi phí sản xuất và thậm chí không tạo ra sự cạnh tranh với thực phẩm mà con người tiêu thụ trong hệ thống chăn nuôi ngày càng được đẩy mạnh.

Một thành phần protein thay thế là bã rượu khô có chất hòa tan (DDG), một sản phẩm phụ của etanol từ sản xuất ngô hoặc lúa miến, đang được chú ý trong dinh dưỡng động vật vì đáp ứng nhu cầu năng lượng và protein của chế độ ăn trong hệ thống đồng cỏ hoặc bãi chăn nuôi (Swiatkiewicz và *cs.*, 2016). Tuy nhiên, hầu hết các ngành công nghiệp đều sản xuất DDG không hòa tan, kết quả từ quá trình nghiên cứu khô ngô để sản xuất etanol (Hoffmann và *cs.*, 2021b). DDG thường được đặc trưng bởi hàm lượng protein cao với tỷ lệ phân hủy dạ cỏ thấp, chiếm từ 50 đến 62% RUP trong thành phần của nó, chịu trách nhiệm cung cấp MP lớn hơn cho động vật nhai lại (Fonseca và *cs.*, 2020). So sánh, hàm lượng RUP của DDG cao hơn hàm lượng của bông và bột đậu nành, lần lượt là 50 và 20% (Santos và Pedroso, 2010).

Tuy nhiên, thành phần hóa học của DDG thay đổi tùy thuộc vào loại, giống và chất lượng ngũ cốc, điều kiện đất đai, bón phân, tưới tiêu, phương pháp sản xuất và thu hoạch, ngoài các yếu tố liên quan đến chế biến trong lò chưng cất (Bottger và Sudekum, 2017). Tjardes và Wright

(2002) chứng minh sự thay đổi trong các đặc điểm dinh dưỡng của DDG, dao động từ 88 đến 90% về hàm lượng DM, 25 đến 32% CP, 43 đến 53% về RDP, 47 đến 57% về RUP, 39 đến 45% NDF, 8,8 đến 12,4% lipid và 85 đến 90% TDN trong các nghiên cứu được thực hiện với gia súc thịt bò. Hơn nữa, sản phẩm phụ chứa chất xơ dễ lên men và hàm lượng tinh bột thấp, giúp giảm nguy cơ nhiễm toan ở gia súc ăn chế độ nhiều ngũ cốc, cải thiện sức khỏe dạ cỏ, ngoài việc là nguồn cung cấp khoáng chất (Freitas và *cs.*, 2016). Theo Fonseca và *cs.* (2020), tại một số quốc gia, DDG do hầu hết các công ty sản xuất không có khả năng tái tạo thành phần hòa tan, có giá trị EE và carbohydrate không xơ thấp hơn.

Trong một nghiên cứu của Buckner và *cs.* (2008), các tác giả đã thử nghiệm việc đưa tới 40% DDG vào chế độ ăn DM tổng thể và quan sát thấy rằng việc đưa sản phẩm phụ vào dẫn đến ADG cao hơn so với chế độ ăn đối chứng. Các nghiên cứu khác đánh giá việc sử dụng DDG ngô ở mức thay thế 0; 50 và 100% cho các nguồn protein thông thường (bột bông và bột đậu nành) đã báo cáo rằng DDG có thể thay thế 100% nguồn protein trong giai đoạn nuôi trên đồng cỏ nhiệt đới mà không có bất kỳ tác động bất lợi nào đến ADG, phát thải CH₄ trong ruột hoặc bài tiết N (Hoffmann và *cs.*, 2021b; Ferrari, 2019). Hơn nữa, Hoffmann và *cs.* (2021a) đã báo cáo rằng việc sử dụng DDG không ảnh hưởng đến hiệu suất của vật nuôi được hoàn thành trên đồng cỏ hoặc bãi chăn nuôi thông thường, nhấn mạnh rằng đây là một giải pháp thay thế khả thi để thay thế các chất bổ sung thông thường trong môi trường nhiệt đới.

Tuy nhiên, mặc dù DDG có tiềm năng thay thế các nguồn protein thông thường, nhưng việc đưa vào bị hạn chế chủ yếu do tính khả dụng theo mùa. Ngoài ra, các quốc gia khác ở một số nhà máy sử dụng axit sunfuric để thủy phân tinh bột có tính axit trong quá trình chế biến DDG và để làm sạch thiết bị, lượng dư thừa có thể gây ra tác động tiêu cực đến môi trường và

thậm chí là chất lượng thân thịt (Smith và cs., 2016; Council US Grains, 2013).

Các sản phẩm thay thế khác của ngành nông nghiệp được sử dụng để bổ sung cho động vật nhai lại bao gồm gluten ngô, glycerin và phế phẩm từ cây đậu phộng, chẳng hạn như vỏ và vỏ trấu.

Phụ gia thức ăn chăn nuôi

Trong những thập kỷ gần đây, việc sử dụng quá nhiều kháng sinh trong sản xuất động vật đã dẫn đến sự gia tăng đáng kể các loại vi khuẩn kháng thuốc, gây khó khăn cho việc điều trị các bệnh truyền nhiễm ở động vật và làm ảnh hưởng đến an toàn thực phẩm (Tedeschi và cs., 2011). Các hợp chất này theo truyền thống được gọi là chất phụ gia, được định nghĩa là “các chất được cố ý thêm vào thức ăn, với mục đích bảo quản, tăng cường hoặc thay đổi các đặc tính của nó, miễn là nó không gây hại đến giá trị dinh dưỡng của nó, chẳng hạn như kháng sinh, thuốc nhuộm, chất bảo quản, chất chống oxy hóa, v.v.” (Lanna và Medeiros, 2007). Nhìn chung, các chất phụ gia được sử dụng để tăng hiệu quả thức ăn và năng suất của động vật, và được chia thành các loại khác nhau, bao gồm ionophore, chất kháng khuẩn/kháng sinh, chất phụ gia vi sinh, axit hữu cơ và chiết xuất thực vật như tannin, saponin và tinh dầu (Danieli và Schogor, 2020).

Ionophore là chất phụ gia được nghiên cứu nhiều nhất trong chế độ ăn của động vật nhai lại, đặc biệt là natri monensin và việc sử dụng nó bắt đầu vào năm 1976 trong chế độ ăn của gia súc thịt bò ở Hoa Kỳ (Azzaz và cs., 2015). Tác dụng của ionophore trong dạ cỏ xảy ra thông qua những thay đổi trong quần thể vi khuẩn, chọn lọc vi khuẩn gram âm sản xuất axit succinic và propionic hoặc lên men axit lactic và ức chế vi khuẩn gram dương sản xuất axit axetic, butyric, lactic và hydro (H_2), tiền chất của sản xuất CH_4 trong ruột (Azzaz và cs., 2015). Do cơ chế hoạt động này, việc sử dụng ionophore ở động vật nhai lại có thể tối ưu hóa quá trình chuyển hóa năng lượng, thay đổi tỷ lệ axit béo dễ bay hơi (VFA) được sản xuất trong

dạ cỏ và giảm sản xuất CH_4 , cũng như cải thiện quá trình chuyển hóa N của vi sinh vật dạ cỏ, giảm sự hấp thụ NH_3 và tăng lượng protein đến ruột non, ngoài ra còn làm giảm các rối loạn phát sinh do quá trình lên men bất thường trong dạ cỏ, chẳng hạn như nhiễm toan dạ cỏ, đầy hơi và bệnh cầu trùng (Tedeschi và cs., 2003).

Các chất phụ gia kháng sinh đã được sử dụng để thúc đẩy tăng trưởng trong hơn 55 năm, giúp giảm chi phí sản xuất động vật. Tuy nhiên, do an toàn thực phẩm, có rất ít loại kháng sinh được các cơ quan ở các quốc gia khác nhau trên thế giới chấp thuận (Tedeschi và cs., 2011). Các sản phẩm chính được sử dụng bao gồm virginiamycin, bacitracin, flavomycin và tyrosine. Nhìn chung, kháng sinh tác động trực tiếp đến quá trình trao đổi chất của dạ cỏ, vì chúng làm thay đổi quần thể vi khuẩn dạ cỏ để tối ưu hóa quá trình lên men dạ cỏ và bảo tồn chất dinh dưỡng, thúc đẩy hoạt động kháng khuẩn trên vi khuẩn gram dương, hoạt động chống lại nấm và động vật nguyên sinh. Hơn nữa, kháng sinh làm thay đổi khả năng tiêu hóa thức ăn của dạ cỏ, giảm sự phân hủy N và sản xuất CH_4 ở ruột, và có thể kiểm soát các bệnh cận lâm sàng bằng cách ức chế vi khuẩn truyền nhiễm (McGrath và cs., 2018).

Phụ gia vi sinh bao gồm các tế bào sống của vi sinh vật và/hoặc các chất chuyển hóa của chúng, bao gồm nấm men, enzyme phân hủy xơ và men vi sinh, đặc biệt là *Aspergillus oryzae*, *Sacchariomyces cerevisiae* và *Lactobacillus ssp*, và việc sử dụng chúng đã tăng lên vì chúng là những chất “tự nhiên” thúc đẩy tăng trưởng để cải thiện hiệu quả sản xuất ở động vật nhai lại. Nhìn chung, các chất phụ gia vi sinh vật hoạt động trong việc sản xuất các hợp chất kháng khuẩn (axit, bacteriocin, kháng sinh), ngăn ngừa sự hình thành của các vi sinh vật không mong muốn, tái lập hệ vi sinh vật đường tiêu hóa và cũng cải thiện khả năng miễn dịch và kích thích tăng trưởng của động vật (Arowolo and He, 2018). Hơn nữa, việc sử dụng các enzym tiêu sợi có thể kích thích hoạt động nội sinh của dạ cỏ và tăng tốc độ và mức độ tiêu

hóa thức ăn thô của động vật nhai lại, do sự cải thiện trong quá trình xâm chiếm các hạt thức ăn (Tirado-Gonzalez và cs., 2018).

Theo Carro và Ungerfeld (2015), axit hữu cơ là một giải pháp thay thế cho kháng sinh và trong dinh dưỡng của động vật nhai lại, các chất phụ gia được sử dụng nhiều nhất bao gồm malic, fumaric, aspartate, citric, succinic và pyruvic. Vì chúng không tạo ra dư lượng có thể phát hiện được trong thịt nên việc sử dụng axit hữu cơ không gây ra rủi ro cho an toàn thực phẩm, tuy nhiên chi phí của chúng cao. Trong dạ cỏ, các chất phụ gia này có thể thúc đẩy việc sử dụng lactate và ngăn ngừa độ pH giảm mạnh, ngăn ngừa nhiễm toan dạ cỏ và giảm sản xuất CH_4 ở ruột.

Là một giải pháp thay thế cho thuốc kháng sinh, nhiều loại thực vật và chiết xuất thực vật đã được chú ý vì khả năng điều chỉnh quá trình lên men dạ cỏ và quá trình trao đổi chất ở động vật, nhằm tăng hiệu suất và thúc đẩy các tác động có lợi cho môi trường (Hart và cs., 2008). Các hợp chất tự nhiên thường được sử dụng trong dinh dưỡng cho động vật nhai lại bao gồm tannin cô đặc, saponin và tinh dầu.

Tannin cô đặc (CT) là phức hợp bao gồm polyphenol, được tìm thấy trong các loại đậu nhiệt đới và các loại thực vật C_3 khác, liên kết với protein, ion kim loại và polysaccharides, chẳng hạn như tinh bột, cellulose và hemicellulose (Muir và cs., 2009). Khi vượt quá 6% DM trong chế độ ăn, CT được coi là yếu tố kháng dinh dưỡng vì chúng làm giảm lượng hấp thụ, khả năng tiêu hóa chất xơ và hiệu suất của động vật, tuy nhiên ở liều lượng thích hợp (2-4% DM), CT có thể thúc đẩy các tác dụng có lợi, đặc biệt là liên quan đến lượng khí thải GHG của động vật nhai lại (Martin và cs., 2009). Các hợp chất này có thể làm giảm sự phân hủy protein trong dạ cỏ và làm giảm nồng độ NH_3 cùng với ít bài tiết N qua nước tiểu hơn (Patra and Saxena, 2011). Bên cạnh đó, CT cũng có thể làm giảm quá trình lên men chất xơ trong dạ cỏ, do đó làm giảm sự hình thành H_2 và axetat, ngoài ra còn ức chế sự phát triển của vi sinh vật sinh metan,

do đó làm giảm sản xuất CH_4 đường ruột (Patra and Saxena, 2011; Beauchemin và cs., 2008).

Saponin, ngược lại, là glycoside có sẵn tự nhiên trong một số loại thực vật, chẳng hạn như *Medicago sativa* (alfafa) và *B. decumbens* và được sử dụng trong dinh dưỡng động vật như chất ức chế tăng trưởng của động vật nguyên sinh dạ cỏ và chất điều biến quá trình lên men dạ cỏ ở gia súc (Silva và cs., 2010). Mặt khác, tinh dầu bao gồm các chất chuyển hóa thứ cấp của một số loại thực vật, tạo nên mùi và màu của chúng, và thu được bằng cách bay hơi hoặc chưng cất trong nước. Theo Stevanović và cs. (2018), trong số các loại tinh dầu chính, được sử dụng nhiều nhất là thymol có trong cỏ xạ hương (*Thymus vulgaris*), kinh giới cay (*Origanum vulgare*), limonene chiết xuất từ cùi cam quýt và guaiacol chiết xuất từ nhựa guaiac hoặc dầu đinh hương từ Ấn Độ. Theo cơ chế hoạt động, các loại dầu này làm giảm tốc độ khử amin của axit amin, tốc độ sản xuất NH_3 , với sự gia tăng thoát N của dạ cỏ vào ruột. Hơn nữa, nó có thể làm tăng nồng độ VFA tổng số mà không ảnh hưởng đến các thông số lên men khác và thậm chí ức chế quá trình sinh khí metan.

Trong bối cảnh của các chất phụ gia hữu cơ, Fator P (Premix[®], Patrocínio Paulista, Brazil) được thiết kế và phát triển bằng công nghệ quốc gia và 100% tự nhiên, được hình thành bởi sự kết hợp phức tạp của các axit amin, men vi sinh và các axit béo thiết yếu, chẳng hạn như omega 3 và omega 6, ngoài các khoáng chất hữu cơ và chất hoạt động bề mặt. Việc sử dụng chất phụ gia này trong chế độ ăn của động vật nhai lại có thể cải thiện quá trình tiêu hóa chất xơ, quá trình chuyển hóa ở dạ cỏ, quá trình hấp thụ chất dinh dưỡng và do đó, hiệu suất của động vật, ngoài việc đáp ứng các xu hướng thị trường mới, liên kết tính bền vững và lợi nhuận.

Một số nghiên cứu về chuyển hóa được tiến hành sử dụng Fator P trong chế độ ăn của động vật nhai lại đã chứng minh tính ổn định và hiệu suất chuyển hóa của động vật cao hơn, thông qua lượng thức ăn xơ hấp thụ và tiêu thụ tốt hơn, chủ yếu là khả năng cung cấp năng lượng

từ chế độ ăn, dẫn đến tăng trọng lượng cơ thể 20% (Fernandes và cs., 2018; D'Aurea và cs., 2019; Oliveira và cs., 2019). Hơn nữa, chất phụ gia này thúc đẩy cải thiện chất lượng thân thịt và thành phần sữa, có thể có lợi cho khả năng sinh sản của con cái và hệ thống miễn dịch, do đó giảm chi phí quản lý vệ sinh. Trong bối cảnh phát triển bền vững, Fator P tối ưu hóa động lực của vi sinh vật dạ cỏ, liên quan đến tính ổn định cao hơn trong quá trình lên men dạ cỏ, có thể giảm lượng khí thải GHG trên mỗi arroba được tạo ra tới 36%, ngoài ra còn không gây ra tình trạng kháng thuốc của vi khuẩn và có thể sử dụng mà không có hạn chế, trái ngược với các chất phụ gia thông thường (Oliveira và cs., 2019).

Do đó, việc sử dụng các chất phụ gia hữu cơ này có thể giúp khai thác tối đa tiềm năng di truyền của động vật và đồng cỏ, đồng thời cải thiện hiệu quả sử dụng, bên cạnh việc giảm thiểu thiệt hại về môi trường, đặc biệt là với lượng khí thải nhà kính thấp hơn. Trong một nghiên cứu đánh giá việc sử dụng chất phụ gia này, Leite và cs. (2019) đã báo cáo rằng nó làm tăng lượng DM hấp thụ của động vật trong giai đoạn đầu trong hệ thống bãi chăn nuôi và không làm thay đổi hiệu suất khi so sánh với chất phụ gia thông thường là monensin .

Những cân nhắc cuối cùng

Mặc dù gia súc được coi là thủ phạm của hiện tượng nóng lên toàn cầu, các chiến lược quản lý chăn thả và dinh dưỡng là rất cần thiết để giảm thiểu phát thải khí nhà kính. Quản lý chăn thả hợp lý tạo ra thức ăn chăn nuôi có giá trị dinh dưỡng cao hơn, cho phép sử dụng chất dinh dưỡng hiệu quả hơn, giúp tăng hiệu suất của vật nuôi. Việc tăng cường sử dụng đồng cỏ ngụ ý việc áp dụng bổ sung chế độ ăn vào các thời điểm khác nhau trong năm, nhằm mục đích tối đa hóa hiệu suất của vật nuôi. Bổ sung cho gia súc thịt trong quá trình nuôi vào mùa mưa là một chiến lược hiệu quả để tăng cường hệ thống do thời kỳ tăng trưởng hiệu quả của vật nuôi và chất lượng đồng cỏ. Việc sử dụng các chất

phụ gia thay thế cho kháng sinh có thể thúc đẩy phản ứng sản xuất tốt hơn, bên cạnh việc giảm sản xuất CH₄ đường ruột và phát thải N₂O qua phân. Tuy nhiên, khi áp dụng các kỹ thuật quản lý và bổ sung đồng cỏ, cần phải đánh giá tác động kinh tế và môi trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Abiec. 2021. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Beef Report: Perfil da Pecuária no Brasil [Internet]. Available from: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2021/>. [Accessed: 2021-07-20]
- Aboyage, I.A., Oba, M., Castillo, A.R., Koenig, K.M., Iwaasa, A.D., and Beauchemin, K.A. 2018. Effects of hydrolyzable tannin with or without condensed tannin on methane emissions, nitrogen use, and performance of beef cattle fed a high-forage diet. *Journal of Animal Science*; 96, pp. 5276-5286. DOI: 10.1093/jas/sky352
- Araújo, H.P.D.O., Paula, N.F.D., Martello, H.F., Teobaldo, R.W., Pereira, L.B., Mora, L.M., and Antunes, H.C.F. 2020. Urea and Tannin in multiple supplements: Ingestive behavior of grazing beef cattle. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*; 42. DOI: 10.4025/actascianimsci.v42i1.47607
- Arowolo, M.A., and He, J. 2018. Use of probiotics and botanical extracts to improve ruminant production in the tropics: A review. *Animal Nutrition*; 4, pp. 241-249. DOI: 10.1016/j.aninu.2018.04.010
- Azenha, M.V. 2010. Morfogênese e dinâmica do perfilhamento do capim-marandu submetido a alturas de pastejo em lotação contínua com e sem suplementação [dissertation]. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária - UNESP
- Azzaz, H.H., Murad, H.A., and Morsy, T.A. 2015. Utility of ionophores for ruminant animals: a review. *Asian Journal of Animal Sciences*; 9, pp. 254-265. DOI: 10.3923/ajas.2015.254.265
- Baldissera, T.C., Pontes, L.S., Giostri, A.F., Barro, R.S., Lustosa, S.B.C., De Moraes, A., and De Faccio Carvalho, P.C. 2016. Sward structure and relationship between canopy height and light interception for tropical C₄ grasses growing under trees. *Crop and Pasture Science*; 67, pp. 1199-1207. DOI: 10.1071/CP16067
- Balsalobre, M.A.A., Corsi, M., Santos, P.M., and Cárdenas, R.R. 2003. Composição química e fracionamento do nitrogênio e dos carboidratos do

- capim-tanzânia irrigado sob três níveis de resíduo pós-pastejo. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*; 32, pp. 519-528
- Bampidis, V.A., và Robinson, P.H. 2006. Citrus by-products as ruminant feeds: a review. *Animal Feed Science and Technology*; 128, pp. 175-217. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2005.12.002
- Barbero, R.P., Malheiros, E.B., Araújo, T.L.R., Nave, R.L.G., Mullinikis, J.T., Berchielli, T.T., Ruggieri, A.C., and Reis, R.A. 2015. Combining Marandu grass grazing height and supplementation level to optimize growth and productivity of yearling bulls. *Animal Feed Science and Technology*; 209, pp. 110-118. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2015.09.010
- Barbero, R.P., Malheiros, E.B., Aguilar, N.M., Romanzini, E.P., Ferrari, A.C., Nave, R.L.G., Mullinks, J.T., and Reis, R.A. 2020. Supplementation level increasing dry matter intake of beef cattle grazing low herbage height. *Journal of Applied Animal Research*; 48, pp. 28-33. DOI: 10.1080/09712119.2020.1715985
- Beauchemin, K.A., Kreuzer, M., O'Mara, F., and McAllister, T.A. 2008. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*; 48, pp. 21-27. DOI: 10.1071/EA07199
- Belyea, R.L., Steevens, B.J., Restrepo, R.J., and Clubb, A.P. 1989. Variation in composition of by-product feeds. *Journal of Dairy Science*; 72, pp. 2339-2345. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(89)79366-8
- Berça và cs., 2019, A.S., Cardoso, A.S., Longhini, V.Z., Tedeschi, L.O., Boddey, R.M., Berndt, A., Reis, R.A., Ruggieri, A.C. 2019. Methane production and nitrogen balance of dairy heifers grazing palisade grass cv. Marandu alone or with forage peanut. *Journal of Animal Science*. 2019;97:4625-4634. DOI: 10.1093/jas/skz310
- Boddey, R.M., Macedo, R., Tarré, R.M., Ferreira, E., Oliveira, O.C., Rezende, C.P., Cantarutti, R.B., Pereira, J.M., Alves, B.J.R., and Urquiaga, S. 2004. Nitrogen cycling in Brachiaria pastures: The key to understanding the process of pasture decline. *Agriculture, Ecosystems e Environment*. 103, pp. 389-403. DOI: 10.1016/j.agee.2003.12.010
- Bottger, C., and Sudekum, K.H. 2017. European distillers dried grains with solubles (DDGS): Chemical composition and in vitro evaluation of feeding value for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*; 224, pp. 66-70. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2016.12.012
- Buckner, C.D., Mader, T.L., Erickson, G.E., Colgan, S.L., Mark, D.R., Karges, K.K., and Bremer, V.R. 2008. Evaluation of dry distillers' grains plus solubles inclusion on performance and economics of finishing beef steers. *The Professional Animal Scientist*; 24, pp. 404-410. DOI: 10.15232/S1080-7446(15)30884-6
- Cardoso, A.S., Berndt, A., Leytem, B.J.R., Alves, I.D.N., DeCarvalho, L.H., De Barros Soares, S., Urquiaga, and Boddey, R.M. 2016. Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. *Agricultural Systems*; 143, pp. 86-92. DOI: 10.1016/j.agsy.2015.12.007
- Cardoso, A.S., Barbero, R.P., Romanzini, E.P., Teobaldo, R.W., Ongaratto, F., Fernandes, M.H.M.R., Ruggieri, A.C., and Reis, R.A. 2020. Intensification: A key strategy to achieve great animal and environmental beef cattle production sustainability in Brachiaria grasslands. *Sustainability*; 12:6656. DOI: 10.3390/su12166656
- Carro, M.D., and Ungerfeld, E.M. 2015. Utilization of organic acids to manipulate ruminal fermentation and improve ruminant productivity. In: *Rumen microbiology: from evolution to revolution*. Springer, New Delhi, pp. 177-197. DOI: 10.1007/978-81-322-2401-3_13
- Casagrande, D.R., Ruggieri, A.C., Moretti, M.H., Berchielli, T.T., Vieira, B.R., Roth, A.P.T.P., and Reis, R.A. 2011. Sward canopy structure and performance of beef heifers under supplementation in Brachiaria brizantha cv. Marandu pastures maintained with three grazing intensities in a continuous stocking system. *Revista Brasileira de Zootecnia*; 40, pp. 2074-2082. DOI: 10.1590/S1516-35982011001000002
- Costa, D.F.A., Correia, P.S., Dorea, J.R.R., De Souza, J., De Souza Congio, C.F., Pires, A.V., and Santos, F.A.P. 2020. Strategic supplementation of growing cattle on tropical pastures improves nutrient use and animal performance, with fewer days required on the finishing phase. *Animal Production Science*; 81, pp. 480-493. DOI: 10.1071/AN20005
- Council US Grains. 2013. A guide to distiller's dried grains with solubles (DDGS). 2013. Available from: http://www.ddgs.umn.edu/prod/groups/cfans/@pub/@cfans/@ansci/documents/asset/cfans_asset_417244.pdf [Accessed 2021/06/25]
- Cullen, A.J., Harmon, D.L., and Nagaraja, T.G. 1986. In vitro fermentation of sugars, grains and by-product feeds in relation to initiation of ruminal lactate production. *Journal of Dairy Science*. 69, pp. 2616-2623. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(86)80709-3
- Danieli, B., and Schogor, A.L.B. 2020. Uso de aditivos na nutrição de ruminantes: revisão. *Veterinária e Zootecnia*. 27, pp. 1-13. DOI: 10.35172/rvz.2020.v27.444

- D'Aurea, A.P., Fernandes, L.B., Ferreira, L.E., Pinto, L.D., and Shiozaki, F.A. 2019. Welfare and Sustainability in Beef Cattle Production on Tropical Pasture. In: Proceedings of International Conference on Animal Welfare, Development, Conservation and Control; 22-23 April 2019; Newyork, USA; 13:4
- De Jesus, F.L.F., Sanches, A.C., De Souza, D.P., Mendonça, F.C., Gomes, E.P., Santos, R.C., and Da Silva, J.L.B. 2021. Seasonality of biomass production of irrigated Mombaça 'Guinea grass'. *Acta Agriculturae Scandinavica, Soil e Plant Science*; 1-9. DOI: 10.1080/09064710.2020.1863456
- Delevatti, L.M., Cardoso, A.S., Barbero, R.P., Leite, R.G., Romanzini, E.P., Ruggieri, A.C., and Reis, R.A. 2019. Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pasture. *Scientific Reports*; 9, pp. 1-9. DOI: 10.1038/s41598-019-44138-x
- Delevatti, L.M., Romanzini, E.P., Koscheck, J.F.W., Araujo, T.L.R., Renesto, D.M., Ferrari, A.C., Barbero, R.P., Mullinikis, J.T., and Reis, R.A. 2019. Forage management intensification and supplementation strategy: Intake and metabolic parameters on beef cattle production. *Animal Feed Science and Technology*; 247, pp. 74-82. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2018.11.004
- Detmann, E., Valente, E.E., Batista, E.D., and Huhtanen, P. 2014. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. *Livestock Science*; 165, pp. 141-153
- Dewhurst, R.J., Davies, D.R., and Merry, R.J. 2000. Microbial protein supply from the rumen. *Animal Feed Science and Technology*, 85, pp. 1-21. DOI: 10.1016/S0377-8401(00)00139-5
- Dubeux, Jr.J.C.B., Sollenberger, J.C.B., Muir, J.P., Tedeschi, L.O., Dos Santos, M.V., da Cunha, M.V., and Dilorenzo, N. 2017. Sustainable intensification of livestock production on pastures. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*; 25, pp. 3-4
- FAO. 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Tackling climate change through livestock. A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Rome, FAO, 115p.
- Fernandes, L.B., D'Aurea, A.P., and Ferreira, L.E. 2018. Sustainable and efficient production of growing steers in the tropical pastures. In: Proceedings of 10th International Symposium on the Nutrition of Herbivores; 2-6 September 2018; Clermont, France; p. 470
- Ferrari, A.C. 2019. Aportes nutricionais na recria a pasto e sistemas na terminação de tourinhos Nelore: metabolismo, desempenho e qualidade da carne [thesis]. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária - UNESP, 150p
- Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., and Zaks, D.P. 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*; 478, pp. 337-342. DOI: 10.1038/nature10452
- Fonseca, N.V.B., Cardoso, A.S., Hoffmann, A., Leite, R.G., Ferrari, A.C., Fernandes, M.H.M.R., and Reis, R.A. 2020. Characterization and effects of DDG on the intake and digestibility of finishing bulls in feedlots. *Acta Scientiarum*, 43. DOI: 10.4025/actascianimsci.v43i1.51877
- Franzolin, R., and Franzolin, M.H.T. 2000. População protozoários ciliados e degradabilidade ruminal em búfalos e bovinos zebuínos sob dieta à base de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Zootecnia*; 29, pp. 1853-1861. DOI: 10.1590/S1516-35982000000600034
- Freitas, T.B., Relling, A.E., Pedreira, M.S., Junior, H.A.S., and Felix, T.L. 2016. Effects of sodium hydroxide treatment of dried distillers' grains on digestibility, ruminal metabolism, and metabolic acidosis of feedlot steers. *Journal of Animal Science*; 94, pp. 709-717. DOI: 10.2527/jas.2015-9431
- GLEAM. 2019. Global Livestock Environmental Assessment Model - GLEAM. Available from: <http://www.fao.org/gleam/en/> [Accessed 2021-05-15]
- Goés, R.H.T., Alves, D.D., Mancio, A.B., and Zercoudakis, J.T. 2004. Efeito Associativo na suplementação de bovinos a pasto. *Arquivo de Ciências Veterinária e Zoologia da UNIPAR*; 7, pp. 169-169
- Gomes, M.J., Hovell, F.D., Chen, X.B., Nengomasha, E.M., and Fikremariam, D. 1994. The effect of starch supplementation of straw on microbial protein supply in sheep. *Animal Feed Science and Technology*; 49, pp. 277-286
- Hart, K.J., Yáñez-Ruiz, D.R., Duval, S.M., McEwan, N.R., and Newbold, C.J. 2008. Plant extracts to manipulate rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*; 147, pp. 8-35. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2007.09.007
- Hatfield, R.D., and Kalscheur, K.F. 2020. Carbohydrate and Protein Nutritional Chemistry of Forages. *Forages: The Science of Grassland Agriculture*; 2, pp. 595-607. DOI: 10.1002/9781119436669.ch33
- Herrero, M., Havlík, P., Valin, H., Notenbaert, A., Rufino, M.C., Thornton, P.K., and Obersteiner, M. 2013. Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock

- systems. In: Proceedings of the National Academy of Sciences; December 2013; Cambridge, pp. 20888-20893. DOI: 10.1073/pnas.1308149110
- Hoffmann, A., Berça, A.S., Cardoso, A.D.S., Fonseca, N.V.B., Silva, M.L.C., Leite, R.G., Ruggieri, A.C., and Reis, R.A. 2021a. Does the Effect of Replacing Cottonseed Meal with Dried Distiller's Grains on Nellore Bulls Finishing Phase Vary between Pasture and Feedlot?. *Animals*; 11:85. DOI: 10.3390/ani11010085
- Hoffmann, A., Cardoso, A.S., Fonseca, N.V.B., Romanzini, E.P., Siniscalchi, D., Berndt, A., Ruggieri, A.C., and Reis, R.A. 2021b. Effects of supplementation with corn distillers' dried grains on animal performance, nitrogen balance, and enteric CH₄ emissions of young Nellore bulls fed a high-tropical forage diet. *Animal*; 15:100155. DOI: 10.1016/j.animal.2020.100155
- Hoffmann, A., Cardoso, A.S., Fonseca, N.V.B., Romanzini, E.P., Siniscalchi, D., Berndt, A., Ruggieri, A.C., and Reis, R.A. 2021c. Effects of supplementation with corn distillers' dried grains on animal performance, nitrogen balance, and enteric CH₄ emissions of young Nellore bulls fed a high-tropical forage diet. *Animal*; 1:100155. DOI: 10.1016/j.animal.2020.100155
- Hristov, A.N., Ott, T., Tricarico, J., Rotz, A., Waghorn, G., Adesogan, A., and Firkins, J.L. 2013. Special topics - Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: III. A review of animal management mitigation options. *Journal of Animal Science*; 11, pp. 5095-5113. DOI: 10.2527/jas.2013-6585
- Huhtanen, P., Sudekum, K.H., Nousiainen, J., and Shingfield, K.J. 2010. Forage conservation, feeding value and milk quality. *Grassland in a changing world*; 15, pp. 379-400
- Huhtanen, P. 1987. The effects of intraruminal infusions of sucrose and xylose on the nitrogen and fibre digestion in the rumen of cattle receiving diets of grass silage and barley. *Agriculture and Food Science*; 59, pp. 101-120. DOI: 10.23986/afsci.72274
- IPCC. 2019. Intergovernmental Panel on Climate Change. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [Internet]. Available from: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html> [Accessed 2021-05-15]
- Johnson, C.R., Reiling, B.A., Mislevy, P., and Hall, M.B. 2001. Effects of nitrogen fertilization and harvest date on yield, digestibility, fiber, and protein fractions of tropical grasses. *Journal of Animal Science*; 79, pp. 2439-2448. DOI: 10.2527/2001.7992439x
- Koscheck, F.J.W., Romanzini, E.P., Barbero, R.P., Delevatti, L.M., Ferrari, A.C., Mullininks, J.T., Mousquer, C.J., Berchielli, T.T., and Reis, R.A. 2020. How do animal performance and methane emissions vary with forage management intensification and supplementation?. *Animal Production Science*; 1, pp. 1201-1209. DOI: 10.1071/AN18712
- Kozloski, G.V. 2011. *Ruminants Biochemistry*. 3rd ed. Santa Maria: UFSM; 216p. ISBN 9788573911503
- Lanna, D.P.D., and Medeiros, S.R. 2007. Uso de aditivos na bovinocultura de corte. In: Santos FAP, Moura JC, Faria VP, editors. *Requisitos de qualidade na bovinocultura de corte*. Piracicaba: Fealq, pp. 297-324
- Leite, R.G., Romanzini, E.P., Delevatti, L.M., Hoffmann, A., Ferrari, A.C., D'Áurea, A.P., Fernandes, L.B., Oliveira, A.P., and Reis, R.A. 2019. Organic additives used in beef cattle feedlot: Effects on metabolic parameters and animal performance. *Journal of Animal Science*; 00, pp. 1-9. DOI: 10.1111/asj.13183
- Leng, R.A. 1990. Factors affecting the utilization of "poor-quality" forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutrition Research Review*, 3, pp. 277-303. DOI: 10.1079/NRR19900016
- Longhini, V.Z., Cardoso, A.S., Berça, A.S., Boddey, R.M., Reis, R.A., Dubeux, J.C., and Ruggieri, A.C. 2020. Nitrogen supply and Rainfall affect Ammonia emissions from Dairy Cattle excreta and Urea applied on warm-climate pastures. *Journal of Environmental Quality*; 49, pp. 1453-1466. DOI: 10.1002/jeq2.20167
- Loy, D.D., and Lundy, E.L. 2019. Nutritional properties and feeding value of corn and its coproducts. In: *Corn*. AACC International Press, pp. 633-659
- Martin, C., Morgavi, D.P., and Doreau, M. 2009. Methane mitigation in ruminants: from microbes to the farm scale. *Animal*; 4, pp. 351-365. DOI: 10.1017/S1751731109990620
- McGrath, J., Duval, S.M., Tamassia, L.F., Kindermann, M., Stemmler, R.T., De Gouvea, V.N., and Celi, P. 2018. Nutritional strategies in ruminants: A lifetime approach. *Research in Veterinary Science*; 116, pp. 28-39. DOI: 10.1016/j.rvsc.2017.09.011
- McManus, C., Barcellos, J.O., Formenton, B.K., Hermuche, P.M., Carvalho, O.A., Guimarães, R., Gianezini, M., Dias, E.A., Lampert, V.d., Zago, D., and Neto, J.B. 2016. Dynamics of Cattle Production in Brazil. *Plos One*; 11(1):e0147138. DOI: 10.1371/journal.pone.0147138
- Mertens, D.R. 1994. Regulation of forage intake. In: Fahey Jr, editor. *Forage quality, evaluation*

- and utilization. American Society of Agronomy: Madison; pp. 450-493
- Mottet, A., Teillard, F., Boettcher, P., De' Besi, G., and Besbes, B. 2018. Review: domestic herbivores and food security: current contribution, trends and challenges for a sustainable development. *Animal*; 12, pp. 188-198. DOI: 10.1017/S1751731118002215
- Muir, J.P., Terrill, T., Valencia, E., Stuart, W., Jones, P.D., Moskidis, J., and Wolfe, R. 2009. The wide range of condensed tannins in Caribbean Basin plants and their applicability to ruminant production systems. In: *Proceedings of Caribbean Food Crops Society Annual Meeting*. St. Kitts and Nevi: Caribbean Food Crops Society, pp. 46-52. DOI: 10.22004/ag.econ.256353
- Muller, M., and Prado, I.N. 2004. Metabolismo da pectina para produção de carne e leite em ruminantes. In: IN Prado, editor. *Conceitos sobre a produção com qualidade de carne e leite*. Maringá, Brazil, pp. 115-146
- NRC. 2000. National Research Council. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7th ed. Washington, DC, USA: Natl. Acad. Press, 2000
- Oliveira, A.P., Casagrande, D.R., Bertipaglia, L.M.A., Barbero, R.P., Berchielli, T.T., Ruggieri, A.C., and Reis, R.A. 2016. Supplementation for beef cattle on Marandu grass pastures with different herbage allowances. *Animal Production Science*; 56, pp. 123-129. DOI: 10.1071/AN₁₄₆₃₆
- Oliveira, A.P., Romanzini, E.P., Leite, R.G., Delevatti, L.M., Fernandes, L.B., D'Áurea, A.P., and Reis, R.A. 2019. Feeding behavior during adaptation phase of beef cattle in feedlot reducing the use of conventional growth promoters. In: *EAAP Scientific Series*. Wageningen Academic Publishers, pp. 2538-2547. DOI: 10.3920/978-90-8686-891-9
- Oluremi, O.I.A., Ojighen, V.O., and Ejembi, E.H. 2006. The nutritive potentials of sweet orange (*Citrus sinensis*) rind in broiler production. *International Journal of Poultry Science*; 5, pp. 613-617
- Pathak, A.K. 2008. Various factors affecting microbial protein synthesis in the rumen. *Veterinary World*; 6:186
- Patra, A.K., and Saxena, J. 2011. Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*; 91, pp. 24-37. DOI: 10.1002/jsfa.4152
- Paula, E.M., Broderick, G.A., Danes, M.A.C., Lobos, N.E., Zanton, G.I., and Faciola, A.P. 2018. Effects of replacing soybean meal with canola meal or treated canola meal on ruminal digestion, omasal nutrient flow, and performance in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*; 101, pp. 328-339. DOI: 10.3168/jds.2017-13392
- Paulino, M.F., Figueiredo, D.D., Moraes, E.H.B.K., Porto, M.O., Sales, M.F., Acedo, T.S., and Valadares Filho, S.D.C. 2004. Suplementação de bovinos em pastagens: uma visão sistêmica. *Simpósio de produção de gado de corte*; 4, pp. 93-144
- Paulino, M.F., Detmann, E., and Valadares Filho, S.C. 2006. Suplementação animal em pasto: energética ou protéica? In: *Proceedings of Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem*; Viçosa, Brazil; pp. 359-392
- Pedreira, B.C., Pedreira, C.G.S., and Da Silva, S.C. 2007. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivada Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*; 2, pp. 281-287. DOI: 10.1590/S_{0100-204X}₂₀₀₇₀₀₀₂₀₀₀₁₈
- Pereira, J.C., Gomes, F.K., Oliveira, M.D., Lara, M.A., Bernardes, T.F., and Casagrande, D.R. 2017. Defoliation management affects morphogenetic and structural characteristics of mixed pastures of *brachiaria* grass and forage peanut. *African Journal of Range and Forage Science*, 34, pp. 13-19. DOI: 10.2989/10220119.2017.1315960
- Peyrard, J.L. 2017. The role of grassland-based production system for sustainable protein production. In: *Proceedings of the Annual meeting of the Brazilian society of Animal Science*; July 2017; Foz do Iguaçu, Brazil, pp. 243-255. hal-01591147
- Poppi, D.P., Quigley, S.P., Silva, T.A.C.C.D., and McLennan, S.R. 2018. Challenges of beef cattle production from tropical pastures. *Revista Brasileira de Zootecnia*; 47, pp. 1-9. DOI: 10.1590/rbz472016041
- Poppi, D.P., and McLennan, S.R. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *Journal of Animal Science*; 73, pp. 278-290
- Porcionato, M.A.F., Berchielli, T.T., and Franco, G.L. 2000. Avaliação dos parâmetros ruminais da polpa cítrica peletizada. 1-Degradação da MS e FDN. In: *Proceedings of Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Viçosa, p. 347
- Reis, R.R., Ruggieri, A.C., Oliveira, A.A., Azenha, M.V., and Casagrande, D.R. 2012. Suplementação como estratégia de produção de carne de qualidade em pastagens tropicais. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*; pp. 642-655. ISSN 1519 9940
- Reis, R.A., Barbero, R.P., Hoffmann, A. 2016. Impactos da qualidade da forragem em sistemas de produção de bovinos de corte. *Informe Agropecuário*; 292, pp. 36-53
- Reis, W.L.S., Detmann, E., Batista, E.D., Rufino, L.M.A., Gomes, D.I., Bento, C.B.P., and Valadares Filho, S.C. 2016. Effects of ruminal and post-ruminal

- protein supplementation in cattle fed tropical forages on insoluble fiber degradation, activity of fibrolytic enzymes, and the ruminal microbial community profile. *Animal Feed Science and Technology*; 218, pp. 1-16. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2016.05.001
- Reis, R.A., Ruggieri, A.C., Casagrande, D.R., and Páscoa, A.G. 2019. Suplementação da dieta de bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens. *Revista Brasileira de Zootecnia*; 38, pp. 147-159. DOI: 10.1590/S1516-35982009001300016
- Rezende, A.V., Lima, J.F., Rabelo, C.H.S., Rabelo, F.H.S., Nogueira, D.A., Carvalho, M., Faria, Jr. C.N.A., and Barbosa, L.A. 2011. Características morfofisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em resposta à adubação fosfatada. *Agrarian*; 4, pp. 335-343
- Rodriguez, R., Sosa, A., and Rodriguez, Y. 2007. Microbial protein synthesis in rumen and its importance to ruminants. *Cuban Journal of Agricultural Science*; 41, pp. 287-294
- Romanzini, E.P., Barbero, R.P., Reis, R.A., Hadley, D., and Malheiros, E.B. 2020. Economic evaluation from beef cattle production industry with intensification in Brazil's tropical pastures. *Tropical Animal Health and Production*; 52, pp. 2659-2666. DOI: 10.1007/s11250-020-02304-8
- Rooke, J.A., Lee, N.H., and Armstrong, D.G. 1987. The effects of intraruminal infusions of urea, casein, glucose syrup and a mixture of glucose syrup and casein on nitrogen digestion in the rumen of cattle receiving grass silage diets. *British Journal of Nutrition*; 57, pp. 89-98. DOI: 10.1079/BJN19870012
- Ruggieri, A.C., Cardoso, A.S., Ongaratto, F., Casagrande, D.R., Barbero, R.P., Brito, L.F., Azenha, M.V., Oliveira, A.A., Koscheck, J.H.W., and Reis, R.A. 2020. Grazing Intensity Impacts on Herbage Mass, Sward Structure, Greenhouse Gas Emissions, and Animal Performance: Analysis of *Brachiaria Pastureland*. *Agronomy*; 11:1750. DOI: 10.3390/agronomy10111750
- Santos, F.A.P., Carmo, C.D.A., Bittar, C.M.M., Pires, A.V., Pedrosa, A.M., and Pereira, E.M. 2007a. Milho com diferentes graus de moagem em combinação com polpa cítrica peletizada ou casca de soja para vacas leiteiras no terço médio da lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*; 36, pp. 1183-1191. DOI: 10.1590/S1516-35982007000500027
- Santos, F.A.P., Correia, P.S., Ramalho, T.R., and Costa, D.F.A. 2007b. Sistemas intensivos de recria de bovinos com suplementação em pastagens e confinamento. In: *Proceedings of Simpósio sobre Bovinocultura de Corte: Requisitos de qualidade na bovinocultura de corte*; Piracicaba, Brazil; pp. 183-219
- Santos, F.A.P., and Pedrosa, A.M. 2010. Suplementação proteica e energética para bovinos de corte em confinamento. In: Pires AV, editor. *Bovinocultura de corte*. Piracicaba: FEALQ, pp. 257-280
- Silva, N.V., Costa, R.G., Freitas, C.R.G., Galindo, M.C.T., and Silva, R.S. 2010. Alimentação de ovinos em regiões semiáridas do Brasil. *Acta Veterinaria Brasilica*; 4, pp. 233-241. DOI: 10.21708/avb.2010.4.4.1906
- Smith, W.B., Banta, J.P., Foster, J.L., Redmon, L.A., Tedeschi, L.O., and Rouquette, F.M. 2016. Impact of DDGS Supplementation of Cattle Grazing Bermudagrass on the Plant-Animal-Environment Nexus. *Journal of Animal Science*; 95, pp. 62-63. DOI: 10.2527/ssasas2017.0127
- Sollenberger, L.E., Newman, Y.C., and Macoon, B. 2020. *Pasture Design and Grazing Management. Forages: The Science of Grassland Agriculture*; 2, pp. 803-814. DOI: 10.1002/9781119436669.ch44
- Sollenberger, L., Coleman, S.W., and Vendramini, J.M.B. 2014. A interação planta-herbívoros em pastagens. In: Reis RA, Bernardes TF, Siqueira GR, editors. *Handbook of Forragicultura Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros*. 1st ed. Gráfica Multipress: Jaboticabal, Brazil; pp. 69-80
- Stevanovic, Z.D., Bosnjak-Neumuller, J., Pajic-Lijakovic, I., Raj, J., and Vasiljevic, M. 2018. Essential oils as feed additives-future perspectives. *Molecules*; 23:1717. DOI: 10.3390/molecules23071717
- Strobel, H.J., and Russell, J.B. 1986. Effect of pH and energy spilling on bacterial protein synthesis by carbohydrate limited cultures of mixed rumen bacteria. *Journal of Dairy Science*; 69, pp. 2941-2953. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(86)80750-0
- Swiatkiewicz, S., Arczewska-Wlosek, A., and Józefiak, D. 2016. The use of cottonseed meal as a protein source for poultry: An updated review. *World's Poultry Science Journal*; 72, pp. 473-484. DOI: 10.1017/S0043933916000258
- Tadele, Y., and Amha, N. 2015. Use of different non protein nitrogen sources in ruminant nutrition: a review. *Advances in Life Science and Technology*; 29, pp. 84-89
- Tedeschi, L.O., Fox, D.G., and Tylutki, T.P. 2003. Potential environmental benefits of ionophores in ruminant diets. *Journal of environmental quality*; 32, pp. 1591-1602. DOI: 10.2134/jeq2003.1591
- Tedeschi, L.O., Callaway, T.R., Muir, J.P., and Anderson, R.C. 2011. Potential environmental benefits of feed additives and other strategies for ruminant production. *Revista Brasileira de Zootecnia*; 40, pp. 291-309

- Tirado-Gonzalez, D.N., Miranda-Romero, L.A., Ruíz-Flores, A., Medina-Cuellar, S.E., Ramírez-Valverde, R., and Tirado-Estrada, G. 2018. Meta-analysis: effects of exogenous fibrolytic enzymes in ruminant diets. *Journal of Applied Animal Research*; 46, pp. 771-783. DOI: 10.1080/09712119.2017.1399135
- Tjardes J, and Wright, C. 2002. Feeding corn distiller's co-products to beef cattle. *Animal and Range Sciences.* , pp. 1-5
- Trindade, J.K.D., Silv, S.C.D., Souza Júnior, S.J.D., Giacomini, A.A., Zeferino, C.V., Guarda, V.D.A., and Carvalho, P.C.D.F. 2007. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*; 6, pp. 883-890. DOI: 10.1590/S0100-204X2007000600016
- Valadares Filho, S., Silva, F.A.Z., Benedeti, P.D.B., Paulino, M.F., and Chizzotti, M.L. 2019. Nutrient requirements of beef cattle in tropical climates. *EAAP Scientific Series.* DOI: 10.3920/978-90-8686-891-9
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., and Lewis, B.A. 1991. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*; 74, pp. 3583-3597. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant.* 2nd ed. Cornell University; 476p
- Vieira, B.R., Azenha, M.V., Casagrande, D.R., Costa, D.F.A., Ruggieri, A.C., Berchielli, T.T., and Reis, R.A. 2017. Ingestive behavior of supplemented Nellore heifers grazing palisadegrass pastures managed with different sward heights. *Journal of Animal Science*; 4, pp. 696-704. DOI: 10.1111/asj.12696
- Watanabe, P.H., Thomaz, M.C., Ruiz, U.S., Santos, V.M., Masson, G.C., Fraga, A.L., and Silva, S.Z. 2010. Carcass characteristics and meat quality of heavy swine fed different citrus pulp levels. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*; 62, pp. 921-929. DOI: 10.1590/S0102-09352010000400023
- Xu, R., Tian, H., Pan, S., Prior, A.S., Feng, Y., Batchelor, W.D., and Yang, J. 2019. Global ammonia emissions from synthetic nitrogen fertilizer applications in agricultural systems: Empirical and process-based estimates and uncertainty. *Global Change Biology*; 25, pp. 314-326. DOI:10.1111/gcb.14499

ABSTRACT

Pasture Management and Animal Nutrition for Improving Beef Cattle Production Efficiency in Grazing Systems

The increasing demand of meat requires the adoption of sustainable intensification livestock systems, applying nutritional strategies to reduce any negative contribution from beef cattle to global warming and, at the same time, to increase animal performance and productive efficiency. The pasture management practices and feed supplementation, mainly using non-edible feed with less costs, could minimize environmental and social impacts, resulting in higher productivity with less inputs utilization. Tropical grass submitted to grazing management according to plant height present high soluble protein and low levels of indigestible neutral detergent fiber contents. Energy or rumen undegradable protein supplementation, associated to alternative additives to antibiotics effects, such as probiotics, tannin, essential oils and saponin, can help to fully exploit the animal genetic potential and nutrient utilization efficiency, which decreases greenhouse gases emissions and improves animal performance. Hence, more information about these tools can make the livestock systems in tropical pasture more efficient and eco-friendlier.

Keywords: *Greenhouse gases, non-edible feed, organic feed additives, supplementation, tropical grasslands*