

DINÂMICA DO SISTEMA DE CRIAÇÃO DE BEZERRAS NO PERÍODO DE ALEITAMENTO: MODELO CONCEITUAL

Ana Claudia Koki Sampaio Issakowicz,

Centro Estadual de Educação Profissional Olegário
Macedo, Castro, PR, Brasil,

Email correspondente: acks@zootecnista.com.br

<https://orcid.org/0000-0002-4896-0663>

Luciandra Macedo de Toledo,

Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP, Brasil,

<https://orcid.org/0000-0001-5383-0217>

Luís Alberto Ambrosio,

Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP, Brasil,

<https://orcid.org/0000-0001-8354-8634>

Submetido em: 19/03/2019

Aprovado em: 20/01/2020

Resumo

O estudo do comportamento ajuda a entender as necessidades dos animais e serve de base para justificar os critérios de bem-estar nas fazendas. Este trabalho utilizou a dinâmica de sistema para encontrar os ciclos causais que influenciam os comportamentos das bezerras leiteiras durante a fase de aleitamento, mantidas em diferentes sistemas de criação (individual ou coletivo com presença ou ausência de estímulo tátil). Como resultado da modelagem, o modelo conceitual de desenvolvimento de bezerras leiteiras possui três subsistemas: (a) subsistema de crescimento, onde existem três ciclos de reforço ligados ao peso das bezerras; (b) subsistema de desenvolvimento social com dois ciclos de reforço associados à aprendizagem das bezerras e dois ciclos de balanço associados à reatividade; e (c) subsistema de termorregulação com três ciclos de balanço associados à temperatura corporal e um ciclo de reforço associado ao estresse térmico. A modelagem conceitual proporcionou maiores informações sobre o comportamento de bezerras leiteiras por tornarem explícitas as integrações entre os subsistemas que compõem o sistema de desenvolvimento geral de bezerras.

Palavras-chave

bovinos; criação coletiva; criação individual; modelagem

DYNAMICS OF DAIRY CALF REARING SYSTEMS DURING THE SUCKLING PERIOD: A CONCEPTUAL MODEL

Abstract

Behavioral studies help to understand the needs of animals and serve as a basis to justify welfare criteria on farms. This study used the system's dynamics to identify causal loops that influence the behavior of dairy calves during suckling when kept in different housing systems (individual or collective in the presence or absence of a tactile stimulus). The results showed that the conceptual model of dairy calf development consists of three subsystems : (a) subsystem of growth with three reinforcing loops linked to the weight of the calves; (b) subsystem of social development with two reinforcing loops associated with calf learning and two balancing loops associated with reactivity, and (c) subsystem of thermoregulation with three balancing loops associated with body temperature and one reinforcing loop associated with thermal stress. In conclusion, conceptual modeling provided additional information on the behavior of dairy calves by making explicit the interconnections between the subsystems that comprise the overall calf development system.

Keywords

cattle; collective rearing; individual rearing; modeling

INTRODUÇÃO

O estudo do comportamento animal auxilia na determinação das necessidades dos animais e serve de base para fundamentar os critérios de bem-estar dentro das propriedades e na melhoria da produção animal.

Nos sistemas de produção leiteira mais especializados, a eficiência do manejo de bezerras na fase de aleitamento envolve a separação das bezerras das mães, gerando a necessidade de cuidados humanos para obter um desempenho ótimo durante esse período (OLIVEIRA et al., 2005). A falta do contato físico entre os animais da mesma espécie, impostas pelo ser humano pelo processo de domesticação, alteram os hábitos e comportamentos originais das espécies de interesse zootécnico (FERNANDES et al., 2017) com consequências físicas e comportamentais negativas.

O sistema de criação para bezerras em aleitamento, com instalações que atendam as necessidades nessa fase, que prioriza o comportamento normal, além de um manejo alimentar e sanitário correto, favorece o maior controle nas taxas de natalidade e mortalidade, além de maior desempenho dos animais (FERREIRA et al., 2013).

Esse sistema é complexo devido a dinâmica dos seus vários componentes ao longo do tempo ser não linear, apresentar retroalimentações entre os componentes e demoras (delay) nas ações exigindo conhecimento multidisciplinar para entender os processos envolvidos. Algumas ferramentas são disponibilizadas para ajudar no estudo e entendimento de problemas de sistemas complexos por meio de modelagem e simulação. A metodologia de dinâmica de sistemas, em particular o diagrama de ciclo causal, permite a construção do modelo conceitual que auxiliará no entendimento do sistema.

A modelagem, utilizando-se a dinâmica de sistemas, serve para auxiliar no desenvolvimento de projetos onde se aborda o problema associado aos sistemas complexos estudados (STERMAN, 2000). As relações entre componentes de sistemas complexos são não-lineares e possuem retroalimentações que não são possíveis de serem estudadas usando conhecimentos disciplinares com técnicas de análises estatísticas convencionais as quais são úteis para estudos das relações diretas e lineares entre os fatores. No modelo conceitual da criação de bezerras em fase de aleitamento, identificam-se as interações e ciclos de retroalimentações (feedback loops) de componentes do sistema e que influenciam a sua dinâmica.

Aracil (1995) afirmou que a Dinâmica de Sistemas apareceu em um momento histórico em que se desenvolviam determinados movimentos científicos e tecnológicos. Com isso, há associação de diversas áreas de pesquisa para encontrar uma solução para os

problemas das propriedades rurais e melhorar a estrutura geral de produção. Além de compreender o comportamento dos sistemas, é necessário conhecer como se integram e quais os mecanismos envolvidos.

Para melhorar o entendimento do sistema e construir consenso entre os pesquisadores da equipe multidisciplinar que trabalha com a fase de cria de bovinos leiteiros construiu-se um modelo conceitual do sistema que servirá de base para a construção do modelo computacional. A simulação deste modelo considerando os cenários de diferentes delineamentos experimentais servirá como ferramenta auxiliar da pesquisa na área de ambiência e comportamento animal, por meio da realização de experimentos *in silico*. Este trabalho teve como objetivo identificar os ciclos causais que influenciam o comportamento dinâmico das bezerras leiteiras no período de aleitamento, tendo como fonte de informação as evidências obtidas experimentalmente.

MATERIAL E MÉTODOS

Os passos metodológicos para a construção do modelo conceitual foram propostos por Albin (2001), que contempla em definir o propósito do modelo (problema), definir o limite do modelo e identificar as variáveis-chave, descrever o comportamento dinâmico das variáveis-chave e construir o Diagrama de ciclo causal.

Na construção do modelo conceitual foram usadas evidências resultantes do experimento de comparação de sistemas de criação com estruturas individual e coletiva e utilização da estimulação tátil (afago), durante a fase de aleitamento. O experimento foi executado no Centro de Pesquisa de Bovinos de Leite, pertencente ao Instituto de Zootecnia, localizado no município de Nova Odessa, Estado de São Paulo, Brasil, aprovado pelo Comitê de Ética para Uso de Animais da mesma instituição, sob Protocolo nº 075.

Na construção do modelo conceitual foram usadas evidências resultantes do experimento a campo contidas em relatórios periódicos dentro da instituição, além do conhecimento dos pesquisadores devido suas formações e os adquiridos na execução da pesquisa. Os conhecimentos adquiridos, que compõem o modelo mental, são explícitos na construção do modelo conceitual e assim obtém-se um ganho na divulgação científica da pesquisa.

PRESSUPOSTOS DO MODELO CONCEITUAL

Para a construção do modelo foram considerados os constructos associados aos efeitos do aleitamento artificial, aos ambientes de manejo individual e coletivo das bezerras e a utilização de estimulação tátil pelo tratador. As estruturas e funções envolvidas

caracterizam um sistema complexo onde ocorrem interações e ciclos causais entre os fatores de regulação térmica, crescimento (desenvolvimento corporal) e desenvolvimento social (comportamento social) das bezerras.

O MÉTODO DE DINÂMICA DE SISTEMAS

O método de Dinâmica de Sistemas (System Dynamics) tem como primeira etapa a construção de um modelo conceitual, em geral ilustrado graficamente, de forma a visualizar, interconectar e explicar os métodos sistêmicos, onde os ciclos se conectam, produzindo um sistema único (HIERONYMI, 2013). Posteriormente, o modelo conceitual pode ser usado como base para a construção do modelo computacional que permite simular o comportamento do sistema diante de cenários especificados (STERMAN, 2000).

O diagrama de ciclo causal tornam explícita as relações de causa e efeito entre os fatores que, na Figura 1, são representadas por setas que conectam as variáveis. As setas com sinais positivos (+) indicam influência com polaridade positiva (no mesmo sentido), ou seja, um aumento (ou diminuição) na variável 1 causa um aumento (ou diminuição) na variável 2 e as setas com sinais negativos (-) indicam influência com polaridade negativa (sentido oposto), ou seja, um aumento (ou diminuição) na variável 1 causa uma diminuição (ou aumento) na variável 2. Neste texto, as influências com polaridade positiva ou negativa são representadas pelos sinais (+) ou (-).

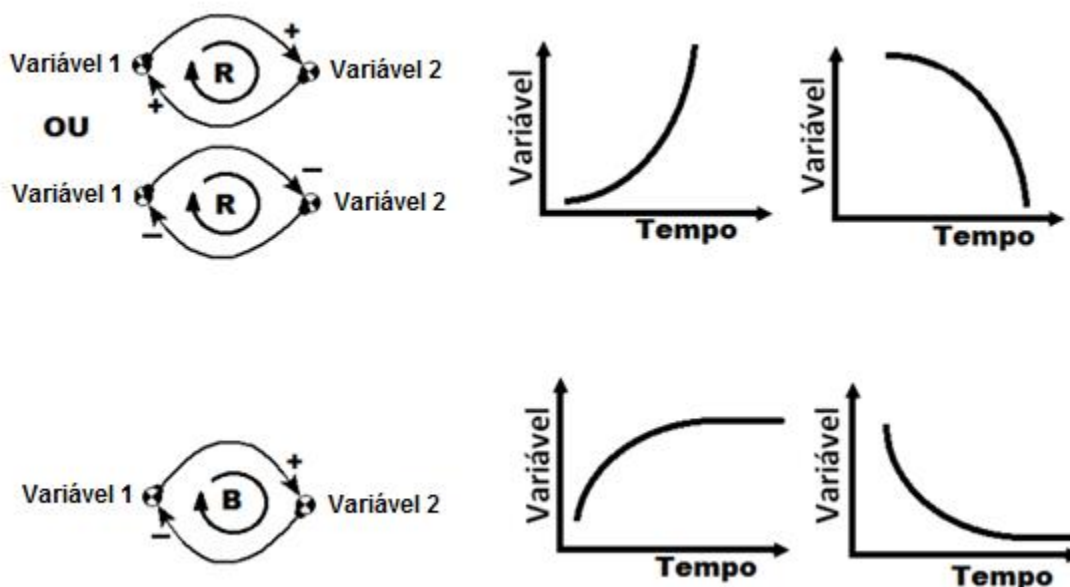


Figura 1. Ciclos causais de reforço (R) e de balanço (B) e as respectivas curvas padrões de referência para as variáveis estado do sistema.

Os sistemas possuem retroalimentações entre as variáveis que formam ciclos causais os quais podem ser de dois tipos: ciclo de reforço (R) e ciclo de balanço (B). Um ciclo será de

reforço (R) quando não houver setas com sinal negativo ou houver quantidade par de setas com sinais negativos. Este ciclo gera comportamento, ao longo do tempo, de crescimento ou decrescimento exponencial nas variáveis estado, em ritmo cada vez mais acelerado. O ciclo de balanço ocorre quando a quantidade de setas com polaridade negativas for ímpar. Este ciclo gera comportamento, ao longo do tempo, que tende a um patamar de equilíbrio nas variáveis estado. De acordo com Senge (2009), nos diagramas também podem conter informações de demoras das ações no tempo (delays) que são representados por dois traços paralelos cruzando a seta de influência.

A análise dos ciclos causais individualmente ou agrupados permite identificar curvas padrões de referência sobre o comportamento das variáveis ao longo do tempo. A Dinâmica de Sistemas possui um conjunto de arquétipos, que representam relações entre ciclos causais recorrentes nos sistemas, que são úteis para diagnóstico de problemas e definição de ações estratégicas para se alcançar os objetivos desejados (SENGE, 2009).

HIPÓTESES DINÂMICAS

Na construção do modelo conceitual foram usadas as evidências resultantes do experimento para definir o limite do sistema em estudo, identificar os seus subsistemas com os respectivos componentes e formular as hipóteses dinâmicas, contidas nos subsistemas, e explicitadas pelas relações de causa e efeito nos ciclos causais, mostradas na representação gráfica da Hipótese de crescimento (Figura 2), Hipótese de termorregulação (Figura 3) e Hipótese de desenvolvimento social (Figura 4).



Figura 2. Representação gráfica da hipótese dinâmica do crescimento exponencial de peso das bezerras na fase de aleitamento.

Quando as interações entre as variáveis dos subsistemas fazem com que uma ação contribua para a outra promovendo aumento de ambas as ações, têm-se o ciclo de reforço (R) que gera um crescimento ou colapso exponencial na variável dependente. Na Figura 2, o aumento no peso gera um crescimento exponencial na ingestão de alimento cujo aumento provoca o ganho no peso. De modo inverso uma diminuição da ingestão de alimentos gera

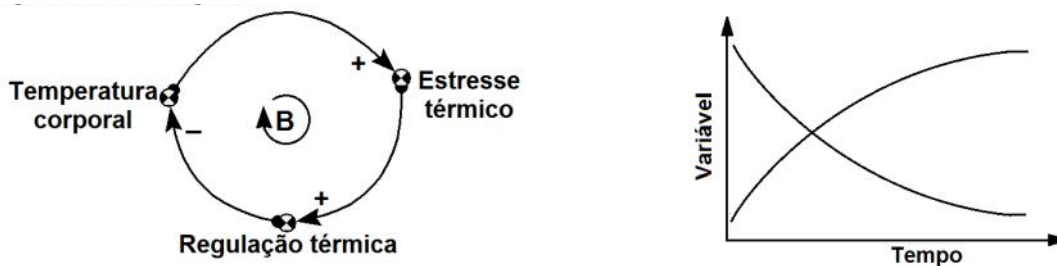


Figura 3. Representação gráfica da hipótese do equilíbrio da temperatura corporal da bezerra.

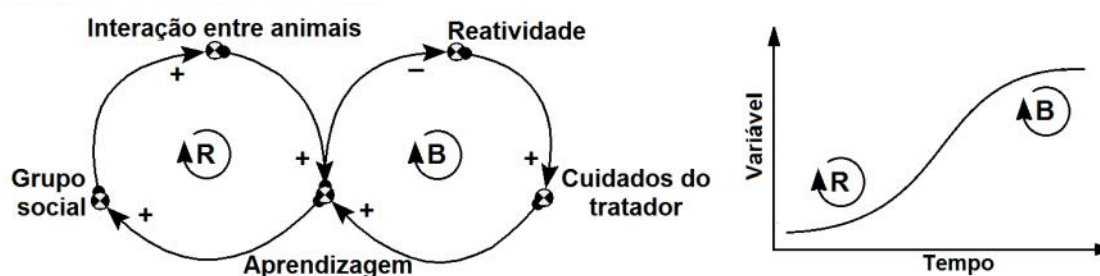


Figura 4. Representação gráfica dos dois ciclos, um de reforço e outro de balanço associados a hipótese de aprendizagem e desenvolvimento social.

perda de peso com decréscimo exponencial que por sua vez irá influenciar na diminuição da ingestão de alimentos. No ciclo de balanço (B) as ações levam o sistema para um estado de equilíbrio fazendo que a curva de tendência cresça ou diminua até atingir um patamar.

O aumento na temperatura corporal (Figura 3) influencia no aumento do estresse térmico, o qual influencia no aumento dos mecanismos da regulação térmica que causa a diminuição da temperatura corporal, tendendo para a zona termoneutra.

Na Figura 4, a hipótese de desenvolvimento social é formada por um ciclo de balanço e um ciclo de reforço, a combinação destes ciclos gera curvas sigmóides para as variáveis estado ao longo do tempo.

Os subsistemas de crescimento, regulação térmica e desenvolvimento social de bezerras, na fase de aleitamento têm como principais componentes os fatores intrínsecos dos animais (próprio do indivíduo), do grupo social, do tratador e do ambiente natural e antrópico e as suas respectivas interações. A complexidade, devido a ocorrência de ciclos causais, demoras no tempo e não linearidade deste sistema tornam necessárias as pesquisas com enfoque sistêmico com equipe multidisciplinar, em busca de melhores técnicas de manejo visando o bem-estar animal e sustentabilidade da produção de leite.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo conceitual do desenvolvimento de bezerras em aleitamento foi formado por

três subsistemas: 1) Subsistema crescimento, 2) Subsistema regulação térmica e 3) Subsistema desenvolvimento social.

MODELO CONCEITUAL DO SUBSISTEMA CRESCIMENTO

O modelo do subsistema crescimento (Figura 5) foi construído com as variáveis: qualidade alimento, peso, necessidade de alimento, ingestão de leite, ingestão de volumoso, ingestão de concentrado e ruminação.



Figura 5. Subsistema crescimento.

A variável necessidade de alimento possui influência (+) sobre as variáveis ingestão de volumoso, ingestão de leite e ingestão de concentrado, indicando que um aumento na necessidade de alimento causará aumento na ingestão desses alimentos e cada uma dessas variáveis gera influencia (+) sobre o peso do animal, que por sua vez, retroalimenta com influencia (+) a necessidade de alimento, formando os ciclos de reforço do leite (R1), ciclo de reforço do volumoso (R2) e ciclo de reforço do concentrado (R3) que se inter-relacionam impulsionando o crescimento exponencial de seus componentes o longo do tempo, até que se finalize a fase de criação da bezerra.

Dentre os diferentes tipos de alimentos disponibilizados durante a fase de aleitamento das bezerras, o primeiro é o leite, que no início, denominado colostro, têm grande influência no sistema imunológico, sendo que nos primeiros dias de vida, o bezerro se alimenta exclusivamente de leite. Os alimentos (concentrado e volumoso) são disponibilizados como suplementação nesta fase inicial, onde o sistema ruminal está em desenvolvimento, no modelo conceitual este processo é representado pelos símbolos de demora (delay) nas setas de influência. Quanto maior o consumo de alimentos sólidos, principalmente volumosos (CHURCH, 1993), maior será o desenvolvimento dos pré-estômagos das bezerras, de forma que entre a terceira e oitava semana de vida são consideradas pré-ruminantes, e, a partir da oitava, ruminante funcional (NRC 2001). As

alterações na estrutura gástrica dos animais podem ser aceleradas ou retardadas através do tipo de alimento disponível aos animais (COSTA et al., 2003).

Com o aumento da ingestão de alimento com a idade há tendência do aumento de peso e altura dos animais. O monitoramento do peso e altura de bezerras e novilhas direciona o sucesso deste tipo de criação, podendo comparar os animais com o padrão da raça com a qual se trabalha, ou entre grupos de contemporâneos (BITTAR, 2005). Oliveira e Nogueira (2006) descreveram que o crescimento corporal é regulado por fatores extrínsecos ou ambientais e por fatores intrínsecos ou orgânicos.

Dentre esses fatores observa-se que a interação entre as variáveis qualidade alimento e ruminação apresentadas no modelo conceitual ([Figura 5](#)) interferem no crescimento dos animais. Barnabé et al. (2015) afirmaram que o crescimento dos animais é influenciado pelo conforto térmico e sanidade e Khan et al. (2016) relataram que a composição química dos alimentos fornecido aos animais durante a fase de transição (pré ruminantes para ruminantes) e os produtos resultantes de sua fermentação é que tem mostrado grande influencia no desenvolvimento do epitélio ruminal, e conseqüentemente melhor aproveitamento dos alimentos fornecido a eles.

Os ciclos de reforço do modelo do subsistema de crescimento, cada um impulsionando o crescimento dos demais, indicam que o peso da bezerra (variável estado indicadora do desempenho do subsistema) crescerá em escala exponencial, em ritmo cada vez mais acelerado, no início, nas primeiras semanas de vida o ganho de peso é pequeno e no final da fase de desenvolvimento o ganho de peso será maior, por unidade de tempo. Portanto, o manejo dos animais deve adequar a oferta de alimentos a esta dinâmica.

MODELO CONCEITUAL DO SUBSISTEMA DE DESENVOLVIMENTO SOCIAL

O modelo do subsistema de desenvolvimento social ([Figura 6](#)) foi constituído pela variável estoque aprendido, além das outras variáveis: interação entre animais, grupo social, visual, limite de reatividade, reatividade atual, reatividade GAP (reatividade GAP = limite de reatividade - reatividade atual), tratador, estado fisiológico e estímulo tátil.

No ciclo de balanço animal (B1) supõe-se que a bezerra possui uma alta reatividade nata que é diminuída quando há aumento na influência da variável aprendido. No modelo conceitual, o aprendido está diretamente ligado a aquisição do conhecimento nas situações de contato positivo com o tratador, aprender com observações visuais, outros animais apresentar contato positivo (neste modelo chamado de visual) e pelo contato com outros animais (chamado de interação social). Segundo Fernandes et al. (2017) a disponibilidade de exploração do ambiente em que são criados e expostos aumenta a capacidade de

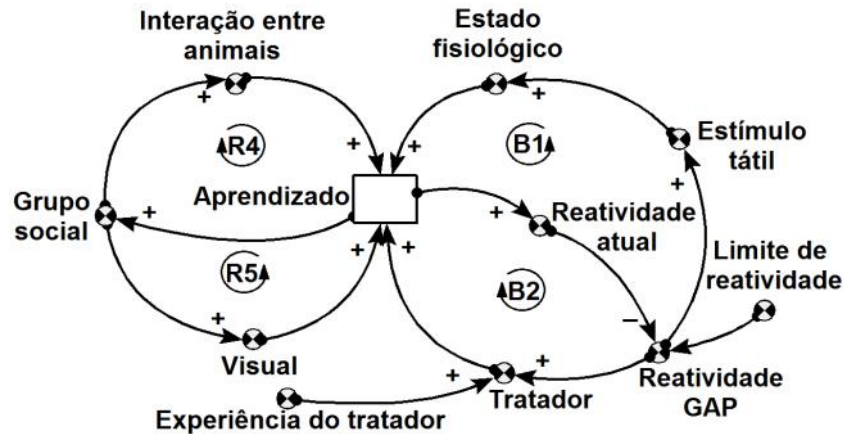


Figura 6. Subsistema Desenvolvimento Social.

aprendizado. A criação em grupo permite que as interações sociais entre os animais ocorram mais rápido, mostrando-se importantes para o desenvolvimento de respostas sociais normais quando adultos (COSTA et al., 2016).

Os ciclos de reforço (R) mostrados no modelo do subsistema social estão associados ao aprendizado pelas variáveis grupo social e interação entre animais no ciclo interação (R4) e pelas variáveis grupo social e visual no ciclo visual (R5), de forma que o aprendizado seja influenciado pelas variáveis nos diferentes tipos de instalações as quais as bezerras foram criadas. Esses ciclos representam influências (+) do grupo social no aprendizado, quer seja pela interação dos animais ou pelo contato visual.

A aprendizagem está também relacionada ao contato humano-animal, que de forma positiva contribui para diminuir a reatividade dos animais. Ellingsen et al. (2014) em seus estudos relataram que a interação entre homem x animal pode ser desenvolvida no início dos manejos com os bezerros, principalmente durante o aleitamento. A interação positiva entre humanos e animais favorece o desenvolvimento de comportamentos desejáveis, como por exemplo, menor reatividade das bezerras na presença de humanos (JENSEN e LARSEN, 2014). O nível de reatividade desejado para um manejo adequado é estabelecido pela variável limite de reatividade que é menor do que a reatividade nata (que é própria da espécie bovina) e estabelece o controle para a ação do tratador, que permanece enquanto houver um déficit (reatividade GAP).

Lensink et al. (2000) afirmaram que o contato positivo entre homem e animal, como por exemplo, deixar o bezerro chupar o dedo, é eficaz na redução do medo do animal com o homem. Quando as interações são negativas, os animais passam a manter uma distância considerável de qualquer pessoa que tente se aproximar deles.

No modelo do subsistema social, os ciclos de balanço animal (B1) e tratador (B2) são

formados pela dinâmica da variável estado aprendido. No ciclo B1, uma alta reatividade atual (devido ao baixo estoque de aprendizado) gera um aumento na variável reatividade GAP. Assim quanto maior a defasagem para a reatividade diminuir a um nível desejado, maior será a necessidade de ação da variável estímulo tátil, mostrando a necessidade da inserção de manejo com contato positivo. O estímulo tátil influencia o estado fisiológico no mesmo sentido de seu aumento ou diminuição, mostrando que essa técnica de manejo contribui para melhorar o estado fisiológico do animal. Essa ação positiva no estado fisiológico atua favoravelmente no aprendizado do animal, reduzindo a reatividade. No ciclo B2, um aumento na reatividade atua sobre a necessidade de ações positivas feitas pelo tratador, que favorece o aprendizado dos animais pela experiência do contato positivo, diminuindo a reatividade dos animais.

A variável estímulo tátil no ciclo B1 funciona de modo similar ao do tratador no ciclo B2. A estimulação tátil influencia a estimulação periférica do animal alterando seu estado fisiológico, segundo Figueiredo e Müller (2011) a utilização da estimulação tátil-cinestésica evidencia a capacidade da pele em metabolizar, coordenar e organizar estímulos externos, procurando manter a homeostase interna e externa, demonstrando a interação entre sistemas neuroendócrino e a pele, e que de acordo com Probst et al. (2012) diminui também a reatividade dos animais em relação aos humanos. Esse benefício será percebido pelo animal gerando um aumento no seu aprendizado na aceitação dos cuidados do tratador e conseqüentemente diminuindo a sua reatividade. Estes ciclos de balanço direcionam o sistema para um estado de equilíbrio. A homeostase na metodologia de dinâmica de sistemas é representada por ciclo de balanço que gera um comportamento da variável em sistema que tende a um patamar indicado por uma meta desejada.

A presença dos ciclos de balanço (B1 e B2) também alerta para a dinâmica que nem sempre é percebida durante o manejo das bezerras. O aumento no aprendizado influi na diminuição da defasagem entre a reatividade atual e o limite de reatividade, portanto o GAP diminui e como consequência diminuirá a necessidade de ações do tratador causando uma diminuição no aprendizado que retroalimenta o sistema com um aumento na reatividade atual. Isto mostra a necessidade da continuidade das ações positivas do tratador, até que o aprendizado alcance um nível tal (associado ao limite de reatividade) que pequenas alterações nos componentes do sistema não causem grandes alterações no comportamento das bezerras.

Portanto, o limite de reatividade funciona como uma restrição ao crescimento do Aprendizado que ocorreria por meios dos ciclos de reforço associados.

Em função das variações nos componentes do subsistema ao longo do tempo, haverá alterações entre o predomínio do crescimento do aprendizado e predomínio do balanço ou do limite de reatividade e o grau de influência oscilará entre um e outro. Observar que o limite de

reatividade estabelecido difere do nível natural de reatividade que é um atrator potencial. Observar que no sistema de criação de bezerras individual diminui-se a formação do grupo social e influenciando no mesmo sentido. Portanto diminuindo, o aprendizado, devido apolaridade positiva no ciclo de reforço (+), em ritmo acelerado, isto irá aumentar a defasagem da reatividade desejada, devido a influência com polaridade negativa (-).

MODELO CONCEITUAL DO SUBSISTEMA REGULAÇÃO TÉRMICA

O modelo do subsistema de regulação térmica foi formado pelas variáveis: temperatura corporal, conforto térmico, tipo de instalação, clima, frequência respiratória, instalação, estresse térmico, regulação de temperatura, limite respiratório, respiração GAP e comportamento termorregulatório.

No subsistema de regulação térmica (Figura 7) ocorrem os processos de auto regulação da temperatura do animal que tipicamente é um processo homeostático, representados no modelo por três ciclos de balanço: ciclo de balanço da termorregulação (B3), ciclo de balanço do conforto (B4) e ciclo de balanço da instalação (B5) e um ciclo de reforço de respiração (R6). No ciclo de balanço B3, a temperatura corporal tem influência (+) sobre a frequência respiratória, indicando que o aumento na temperatura corporal causará um aumento na frequência respiratória ou o inverso. A frequência respiratória tem influência (-) sobre a variável respiração GAP, que é controlada pelo limite respiratório, que é a taxa máxima de frequência respiratória quando o animal se encontra na faixa de termorregulação. A variável Respiração GAP tem influência (-) sobre o Estresse térmico, assim, enquanto houver uma defasagem, ou seja, quanto mais distante do limite respiratório, menor é o estresse térmico. O nível de estresse térmico pode ser amenizado quando o animal por meio de respostas com comportamento termorregulatório (ajustes como ingestão de água, buscar sombra, diminuir

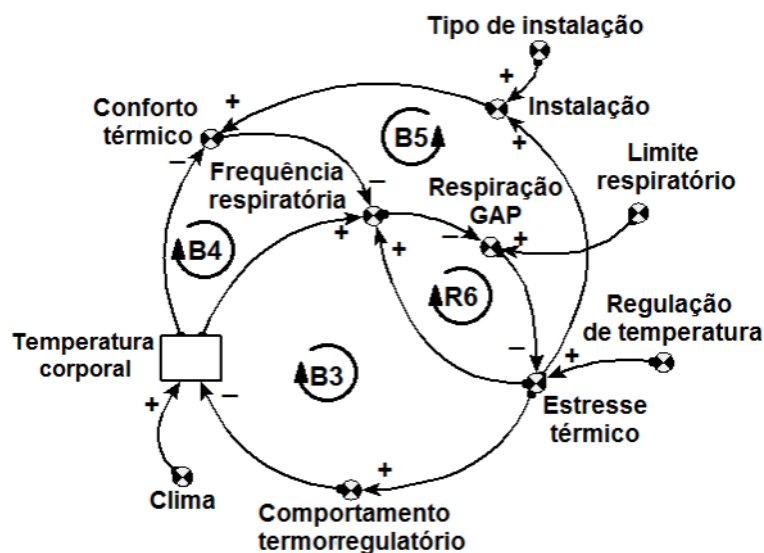


Figura 7. Subsistema Regulação Térmica.

atividade) de forma que sua temperatura corporal seja diminuída. A regulação térmica por meio de comportamento termorregulatório ocorre no ciclo B4, quando os animais estão em conforto térmico, a frequência respiratória é menor do que quando o animal encontra-se em estresse.

Baêta e Souza (2010) definiram como zona de conforto térmico para bezerros lactentes, temperaturas entre 18 a 21 °C, e 10 °C e 26 °C temperatura crítica inferior e superior respectivamente. Estas temperaturas limites são representadas no modelo conceitual pela variável regulação de temperatura que funciona como controle para o estado de estresses térmico. Os autores observaram durante o período de coleta de dados, que quanto mais novos os animais, maior a sua permanência fora das instalações.

No ciclo R6, estando o animal em estado de estresse térmico aumenta a taxa de frequência respiratória que se aproxima do valor máximo do limite respiratório que a bezerra pode suportar, diminuindo a defasagem da respiração GAP (diminuindo a capacidade de regulação térmica pela frequência respiratória) e regulando a atividade respiratória que aumenta no sentido de diminuir o estresse térmico.

O ciclo B5 representa os processos que ocorrem em estresse térmico quando o animal utiliza a instalação para diminuir o estresse térmico, fazendo com que a temperatura corporal alcance ao estado de conforto térmico, contribuindo para a diminuição da frequência respiratória alcançando a regulação térmica das bezerras.

Mac-Lean et al. (2011) constataram que os animais preferem realizar atividades que lhes propiciem mais conforto nos horários mais quentes do dia. De acordo com Valentim et al. (2018) modificações ambientais quando introduzidas no local de desenvolvimento dos animais, diminui a temperatura sobre os mesmos, de forma a atenuar o estresse por calor, de forma a auxiliar no conforto térmico dos indivíduos.

INTEGRAÇÃO ENTRE SUBSISTEMAS

O modelo conceitual completo de desenvolvimento das bezerras contribuiu para a integração dos três modelos conceituais dos subsistemas, os quais possuem componentes estudados e pesquisados por diferentes disciplinas, possibilitando uma visão mais holística do sistema.

MODELO CONCEITUAL DE DESENVOLVIMENTO DE BEZERRAS

O modelo conceitual ([Figura 8](#)) se refere aos processos de regulação térmica, crescimento e desenvolvimento social que ocorrem quando, no sistema de criação de bezerras leiteiras, os animais são separados da mãe após o nascimento. Esses processos formam três subsistemas integrados.

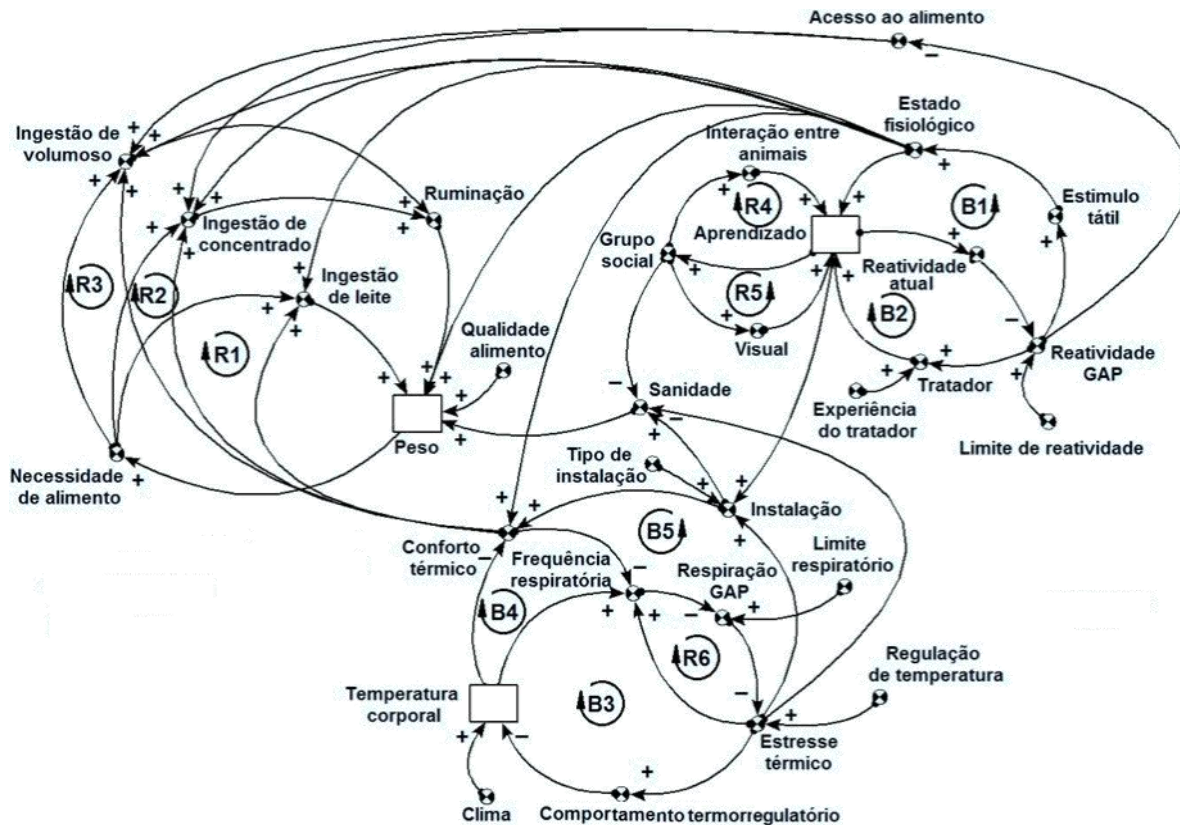


Figura 8. Modelo conceitual geral de desenvolvimento de bezerras em aleitamento.

No subsistema crescimento identificam-se ciclos de reforço associados com a ingestão de leite, concentrado e volumoso com a função de promover o crescimento (peso é uma variável estado) das bezerras. No subsistema de desenvolvimento social identificam-se ciclos de balanço e de reforço, com a função de promover um nível de aprendizado (variável estado) quando em contato com o tratador durante o manejo que diminua a reatividade das bezerras (variável estado).

No subsistema de regulação térmica identificam-se ciclos de balanço e reforço com a função de estabilizar a temperatura corporal (variável estado) na faixa de conforto térmico que influencia na frequência respiratória gerando uma diminuição do estresse térmico (variável estado).

Segundo Cromberg e Paranhos da Costa (1998) a busca da integração do conhecimento multidisciplinar no estudo do comportamento animal é importante, pois contribui para o entendimento da complexidade do sistema de criação, em particular no comportamento de bezerras leiteiras, auxiliando no desenvolvimento de melhores práticas de manejo. A análise do comportamento animal sob a perspectiva temporal (dinâmica) e com ciclos de retroalimentação causais está presente no modelo de comportamento materno apresentado por Toledo et al. (2018), reconhecendo-se a complexidade do sistema.

A metodologia de dinâmica de sistemas com a construção do modelo conceitual é a

ferramenta adequada para se integrar o conhecimento disciplinar. No caso, entende-se que cada disciplina aborda parte (subsistema) do sistema de interesse do estudo e o diagrama de ciclo causal, do modelo conceitual, torna explícita a integração dos subsistemas.

O modelo conceitual de desenvolvimento de bezerras que faz a integração dos subsistemas de crescimento, de desenvolvimento social e regulação térmica, utiliza os conhecimentos disciplinares de nutrição animal, ambiência e comportamento animal.

Para aumentar o desempenho animal e diminuir o estresse térmico, podem-se utilizar raças adaptadas geneticamente ao ambiente e alterar o ambiente para reduzir o estresse térmico pelo calor. Para isso, são necessárias estratégias de manejo como ventilação, resfriamento, disponibilidade de sombra, além da utilização de sistemas conjugados.

A variável sanidade contribui para a integração dos três subsistemas, pois, é influenciada pelo grupo social que representa a disseminação de doenças pelo contágio direto entre os animais, estresse térmico pela diminuição do sistema imunológico, instalação pela contaminação do ambiente em que os animais estão inseridos, este influenciado pelo aprendizado, diferenciado pelo sistema de criação (coletivo ou individual) que favorece a facilitação social, aumentando a ingestão de alimento, o qual influencia o peso dos animais. Costa et al. (2016) relataram que o sistema de criação isolado de bezerras, assim como de outras espécies, podem prejudicar o desenvolvimento dos mesmos, tanto em relação ao comportamento quanto o desenvolvimento cognitivo; Costa et al. (2014) afirmaram que animais criados coletivamente tendem a aumentar o consumo de alimentos sólidos (volumoso), que estão contempladas no modelo, além de novos alimentos fornecido a eles. Estas relações estão representadas no modelo o qual melhora o entendimento da dinâmica do ganho de peso, quando a sanidade das bezerras está adequada.

A sanidade do rebanho de bezerras leiteiras pode ser prejudicada pelo alto índice de diarreia entre os animais, com isso, alguns pecuaristas têm preferência pelo sistema de criação individual, que favorece e facilita os cuidados com os animais. O sistema de criação coletivo pode dificultar o reconhecimento do animal que está enfermo, porém na fase de aleitamento, pelo contato diário do tratador com os animais durante o período de alimentação, esse problema pode ser facilmente diagnosticado, ocorrendo a intervenção humana.

Já a variável acesso ao alimento influenciado pela variável reatividade GAP integra o subsistema de desenvolvimento social ao subsistema de crescimento, por meio das variáveis de ingestão de alimento (ingestão de concentrado, ingestão de volumoso e ingestão de leite). A acessibilidade ao alimento é fundamental para todos os animais dentro de um sistema de criação, independente de ser coletivo ou individual.

Em geral, na experimentação zootécnica a busca de solução para os problemas dos sistemas de produção animal as hipóteses formuladas são testadas por meio de respostas das

variáveis de interesse das áreas uni-disciplinares aos efeitos dos diferentes tratamentos. Tipicamente se constitui no estudo separado dos componentes dos sistemas que permite sua análise aprofundada. Entretanto, diante da complexidade dos sistemas, em particular os associados ao comportamento animal, devida a não linearidade das respostas, retroalimentação, demoras dos efeitos dos múltiplos componentes do sistema, torna-se necessário o uso de método sistêmico, tal como a dinâmica de sistemas, para melhor entender o comportamento do sistema e estabelecer estratégias de ações que otimizem a produção animal.

O modelo conceitual construído a partir do modelo mental estabelecido por informações obtidas em experimentos disciplinares contribui pra entender as inter-relações entre os componentes dos diferentes subsistemas e fez emergir informações sobre relações não estudadas.

CONCLUSÕES

A modelagem conceitual proporcionou maiores informações sobre o comportamento de bezerras leiteiras por tornarem explícitas as interligações entre os subsistemas que compõem o sistema de desenvolvimento geral de bezerras.

REFERÊNCIAS

- ALBIN, S.; FORRESTER, J.W.; BREIEROVA, L. **Building a System Dynamics Model: Part 1: Conceptualization**. Cambridge: Editora MIT, 2001.
- ARACIL, J. **Dinâmica de sistemas**. Madrid: Publicaciones de Ingeniería de Sistemas, 1995. p.88.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto animal**. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2010. 269p.
- BARNABÉ, J.M.C.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G.L.P.; GUISELINI, C.; JACOB, A.L. Conforto térmico e desempenho de bezerras Girolando alojadas em abrigos individuais com diferentes coberturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p.481-488, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p481-488>
- BITTAR, C.M.M. Crescimento. In: CAMPOS, O.F.; LIZIEIRE, R.S. (eds.) **Criação de bezerras em rebanhos leiteiros**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2005. p.33-51.
- CHURCH, D.C. **Fisiologia digestive y nutrición de los ruminantes**. 3. Ed. Zaragoza: Acribia. 1993. 64 p.
- COSTA, R.G.; RAMOS, J.L.F.; MEDEIROS, A.N.; BRITO, L.H.R. Características

- morfológicas e volumétricas do estômago de caprinos submetidos a diferentes períodos de aleitamento. **Brazilian Journal of Veterinary and Animal Science**, v.40, Suplemento 2, 2003.
- COSTA, J.H.C.; DAROS, R.R.; VON KEYSERLINGK, M.A.G.; WEARY, D.M. Complex social housing reduces food neophobia in dairy calves. **Journal Dairy Science**, v.97, p.7804-7810, 2014. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8392>
- COSTA, J.H.C.; VON KEYSERLINGK, M.A.G.; WEARY, D.M. Invited review: Effects of group housing of dairy calves on behavior, cognition, performance, and health. **Journal Dairy Science**, v.99, p.2453-2467, 2016. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10144>
- CROMBERG, V.U.; PARANHOS DA COSTA, M.J.R. O comportamento materno em mamíferos: em busca da abordagem multidisciplinar. In: PARANHOS DA COSTA, M.J.R.; CROMBERG, V.U. **Comportamento Materno em Mamíferos: bases teóricas e aplicações aos ruminantes domésticos**. Jaboticabal: ETCO - UNESP, 1998. p. 1-7.
- ELLINGSEN, K.; COLEMAN, G.J.; LUND, V.; MEJDELL, C.M. Using qualitative behaviour assessment to explore the link between stockperson behaviour and dairy calf behaviour. **Applied Animal Behavior Science**, v.153, p.10-17, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2014.01.011>
- FERNANDES, T.A.; COSTA, P.T.; FARIAS, G.D.; VAZ, R.Z.; SILVEIRA, I.D.B., MOREIRA, S.M.; SILVEIRA, R.F. Características comportamentais dos bovinos: Aspectos básicos, processo de aprendizagem e fatores que as afetam. **REDVET - Revista Electrónica de Veterinária**, v. 18, p.1-16, 2017.
- FERNANDES, T.A.; COSTA, P.T.; FARIAS, G.D.; VAZ, R.Z.; SILVEIRA, I.D.B.; MOREIRA, S.M.; SILVEIRA, R.F. Características comportamentais dos bovinos: Influências da domesticação e da interação homem-animal. **REDVET - Revista Electrónica de Veterinária**, v. 18, p.1-29, 2017.
- FERREIRA, G.A.; ZIECH, R.E.; GUIRRO, E.C.B.P. Bem-estar de bovinos leiteiros: revisão de literatura. **Veterinária em Foco**, v.10, p.195-209, 2013.
- FIGUEIREDO, A.C.; MÜLLER, A.B. Estimulação tátil-cinestésica em bebês prematuros. **Temas sobre Desenvolvimento**, v.18, p.139-142, 2011.
- HIERONYMI, A. Understanding systems Science: a visual and integrative approach. **Systems Research and Behavioral Science**, v. 30, n.5, p. 580-595, 2013. <http://doi.org/101002/sres.2215>
- JENSEN, M.B.; LARSEN, L.E. Effects of level of social contact on dairy calf behavior and health. **Journal Dairy Science**, v.97, p.5035-5044, 2014. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7311>
- KHAN, M.A.; BACH, A.; WEARY, D.M.; VON KEYSERLINGK, M.A.G. Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p.885-902, 2016. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9975>

- MAC-LEAN, P.A.B.; BARBOSA, O.R.; JOBIM, C.C.; GASPARINO, E.; SANTOS, G.T.; FARIA, L.A.N. Sombra artificial e método de fornecimento de concentrado no comportamento e desempenho de bezerros desmamados. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.33, p.409-415, 2011. <http://doi:10.4025/actascianimsci.v.33i4.10672>
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requeriments of dairy cattle**. 7 ed. Washigton: Nacional Academic Press, 2001. 381p.
- OLIVEIRA, A.A.; AZEVEDO, H.C.; MELO, C.B. Criação de bezerras em sistemas de produção de leite. Aracaju, SE: EMBRAPA, 2005. 8p. (Circular Técnica 38).
- OLIVEIRA, D.J.C.; NOGUEIRA, G.P. Curvas de crescimento de bezerros da raça Girolando. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zootecnia UNIPAR**, v.9, p.3-8, 2006.
- PROBST, J.K.; NEFF, A.S.; LEIBER, F.; KREUZER, M.; HILLMANN, E. Gentle touching in early life reduces avoidance distance and slaughter stress in beef cattle. **Applied Animal Behavior Science**, v.139, p.42-49, 2012. <http://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.03.002>
- SENGE, M.P. **A quinta disciplina: arte e prática da organização que aprende**. 25. ed. Rio de Janeiro: Best Seller, 2009.
- STERMAN, J.D. **Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World**. Chicago: McGraw Hill Companies, 2000. 982 p.
- TOLEDO, L.M.; FERNANDES, T.B.; PARANHOS DA COSTA M.J.R.; AMBRÓSIO L. A. Modelling the dynamics of cow-calf dyadic behavior. **International Journal System Dynamics Applications**, v.7, p.1-19, 2018. <http://10.4018/IJSDA.2018100101>
- VALENTIM, J.K.; BITTENCOURT, T.M.; RODRIGUES, R.F.M.; ARAÚJO, G.G.A.; ALMEIDA, G.R. Efeito do estresse térmico por calor em vacas leiteiras. **Nutritime Revista Eletrônica**, v.15, 2018.