

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**AVALIAÇÃO BIOECONÔMICA DO CRESCIMENTO COMPENSATÓRIO EM
SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE**

RÚBIA BRANCO LOPES
Engenheira Agrônoma/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia
Área de concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil
Março, 2016

CIP - Catalogação na Publicação

Branco Lopes, Rubia
AVALIAÇÃO BIOECONÔMICA DO CRESCIMENTO
COMPENSATÓRIO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE
CORTE / Rubia Branco Lopes. -- 2016.
77 f.

Orientador: Julio Otavio Jardim Barcellos.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa
de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS,
2016.

1. nutrição de bovinos de corte. 2. simulação. I.
Otavio Jardim Barcellos, Julio, orient. II. Título.

RÚBIA BRANCO LOPES
Engenheira Agrônoma

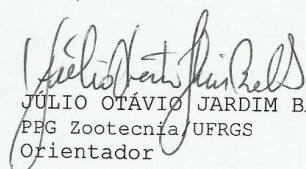
DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM ZOOTECNIA


Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 01.03.2016
Pela Banca Examinadora

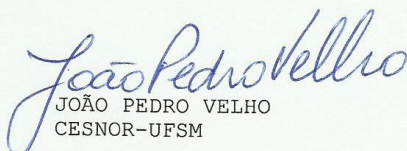


JÚLIO OTÁVIO JARDIM BARCELLOS
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador

Homologado em: 27.04.2016
Por



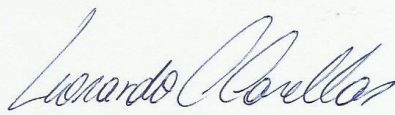
PAULO CÉSAR DE FACCIO CARVALHO
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia




JOÃO PEDRO VELHO
CESNOR-UFSM



ELISA CRISTINA MODESTO
Dep. de Zootecnia UFRGS



LEONARDO CANALI CANELLAS
PNPD/CAPES - UFRGS



PEDRO ALBERTO SELBACH
Diretor da Faculdade de Agronomia

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por todo amor, carinho e dedicação.

Ao restante da minha família pelo apoio.

Ao Rafael Ruggeri pelo companheirismo e pelo amor, estando longe ou perto.

As minhas amigas pela parceria.

Aos colegas do NESPRO pelo apoio e troca de experiências, em especial ao Leonardo Canellas, Fredy Gonzalez e ao Ricardo Corrêa.

Ao professor Júlio Barcellos pelas oportunidades, confiança e ensinamentos.

E por fim, à Fundação de Apoio à Pesquisa do estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pela bolsa concedida.

AVALIAÇÃO BIOECONÔMICA DO CRESCIMENTO COMPENSATÓRIO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE¹

Autora: Rúbia Branco Lopes

Orientador: Prof. Dr. Júlio Otávio Jardim Barcellos

RESUMO

Se manipulado de forma eficiente, o crescimento compensatório pode ser uma alternativa para reduzir o custo com a alimentação. No presente trabalho objetivou-se analisar o efeito bioeconômico do crescimento compensatório sobre sistemas intensivos de recria e terminação de bovinos de corte. Por meio de simulação, em um Sistema de Apoio a Decisão, a produtividade (Pr) e a resposta econômica foram avaliadas em quatro sistemas. Caracterizados por diferentes períodos de restrição alimentar (sem restrição, CONT; 90 dias de restrição, COMP90; 120 dias de restrição, COMP120 e 150 dias de restrição, COMP150) no período pós-desmama. Além disso, foram realizadas análises de risco e de sensibilidade, por meio de simulação de Monte Carlo. Os sistemas com regime alimentar restrito necessitaram de maior período de engorda (14, 21 e 35 dias para COMP90, COMP120 e COMP150, respectivamente) que CONT. O sistema COMP90 teve Pr (434,2 kg/ha/ano) similar ao CONT (434,0 kg/ha/ano) e ambos maiores que COMP120 (395,0 kg/ha/ano) e COMP150 (394,0 kg/ha/ano). A margem bruta/ha foi de 608,98; 493,5; 366,96 e 304,23 R\$/ha/ano para os sistemas COMP90, CONT, COMP120 e COMP150, respectivamente. Entretanto, na análise de risco o sistema menos estável economicamente foi o CONT e o com menor risco foi COMP90. A análise de sensibilidade demonstrou que as variáveis com maior efeito sobre a margem bruta foram o preço do boi gordo, do bezerro e do milho usado no confinamento. O uso do crescimento compensatório pode ser uma ferramenta para redução de custos com a alimentação em sistemas de recria e engorda de bovinos de corte, mas a sua eficácia é influenciada pelo período de restrição.

Palavras-chave: compensação, ganho compensatório, simulação estocástica, tomada de decisão.

¹Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (73p.), Março, 2016

BIOECONOMIC EVALUATION OF COMPENSATORY GROWTH IN BEEF CATTLE PRODUCTION SYSTEMS²

Author: Rúbia Branco Lopes

Advisor: PhD, Júlio Otávio Jardim Barcellos

ABSTRACT

When used efficiently the compensatory growth can be an option to reduce feeding cost. The aim was to analyze the bioeconomic effect of compensatory growth on intensive growing and fattening beef cattle systems. By simulation using a Decision Support System the productivity and the economic return were evaluated in four different systems, characterized by different periods of feeding restriction (no restriction, CONT; 90 days restriction, COMP90; 120 days restriction, COMP120 and 150 days restriction, COMP150). Besides, the risk analysis and sensitivity analysis were performed using Monte Carlo simulation. The systems with restriction of feeding required longer fattening periods (14, 21 e 35 days for COMP90, COMP120 e COMP150 respectively) than the CONT system. The COM90 obtained higher productivity (434,2 kg/ha/year) close of CONT system (434kg/ ha/ year) and both were higher than COMP120 (395 kg/ha/year) and COMP150 (394 kg/ha/year). The highest gross margin/ha was obtained in COMP90 (608,98 R\$/ha/year) that was more than CONT (493,5 R\$/ha/year), COMP120 (366,96 R\$/ha/year) and COMP150 (304,23 R\$/ha/year). However, the risk analysis resulted in a highest risk using CONT system and lowest risk with COMP90. The sensitivity analysis demonstrated that the variables with the most effect on gross margin are beef, calf and corn prices. The use of compensatory growth can be a tool to reduce feeding costs in beef cattle systems however its effectiveness is influenced by the restriction period.

Keywords: decision-making, compensation, compensatory gain, stochastic simulation.

²Master of Science dissertation in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (73p.), March, 2016.

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO I	11
1. INTRODUÇÃO GERAL	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Sistemas de produção de bovinos de corte e intensificação	15
2.2 Crescimento Compensatório	22
2.2.1 <i>Crescimento normal</i>	22
2.2.2 <i>Crescimento compensatório</i>	23
2.2.3 <i>Idade do animal no início da restrição</i>	24
2.2.4 <i>Severidade e duração da restrição alimentar</i>	26
2.2.5 <i>Alterações durante o crescimento compensatório</i>	27
2.3 Sistemas de Apoio a Decisão	29
2.4 Análise de Risco e de Sensibilidade	34
3. HIPÓTESES	37
4. OBJETIVOS	37
4.1. Objetivo geral.....	37
4.2. Objetivos específicos:.....	37
CAPÍTULO II	37
Simulação bioeconômica do crescimento compensatório em sistemas de produção de bovinos de corte	39
1. Introdução	41
2. Material e Métodos	42
3. Resultados e Discussão	49
4. Conclusões	58
5. Referências Bibliográficas	59
CAPÍTULO III	61
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	64

6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
7.	VITA.....	75

LISTA DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO I	11
CAPÍTULO II	37
Tabela 1. Composição da dieta do confinamento em percentual da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT).	46
Tabela 2. Distribuições de probabilidade das variáveis aleatórias de entrada do modelo de simulação estocástica.....	49
Tabela 3. Desempenho animal e dos sistemas simulados.	51
Tabela 4. Custos operacionais efetivos (COE), receita bruta (RB) e margem bruta (MB) nos sistemas simulados.	52
Tabela 5. Valores mínimos, médios e máximos para margem bruta/ha e medidas de dispersão e risco.....	54

LISTA DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO I	11
Figura 1. Esquema geral de um sistema produtivo. Adaptado de Chiavenato,2007.....	15
Figura 2. Representação de um sistema de produção de bovinos de corte. Adaptado de Romeiro, 2002.	16
Figura 3. Mapa da distribuição mundial dos sistemas pecuários de ruminantes. Adaptado de Steinfeld et al., 2006	17
Figura 4. Curva sigmoideal do crescimento animal. Adaptado de Owens et al.,1993	22
Figura 5. Taxas de crescimento dos tecidos. Adaptado de Owens et al, 1993.	23
Figura 6. Índice de Crescimento Compensatório. Adaptado de Hornick et al. 2000..	24
Figura 7. Tipo de decisão de acordo com o nível organizacional. Adaptado de Chiavenato, 2007	32
CAPÍTULO II	37
Figura 1. Ganhos médios diários (GMD) de acordo com período de crescimento e alimentação nos sistemas simulados (PNM: Pastagem Natural Melhorada; PNM: Pastagem Natural Melhorada+Suplementação; CONF: Confinamento).....	44
Figura 2. Simulação da evolução do peso vivo dos animais nos sistemas CONT, COMP90, COMP120 e COMP150.	49
Figura 3. Distribuições das probabilidades cumulativas para MB/ha para os sistemas simulados.	54
Figura 4. Diagrama de tornado para a MB/ha para os sistemas simulados, gerado pela análise de sensibilidade.	55

Figura 5. Diagrama de tornado para a COE (sem aquisição do bezerro) dos sistemas simulados, gerado pela análise de sensibilidade. 56

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABPSS - Alberta Beef Production Simulation System

AIC - Akaike Information Criterion

Cfa - Clima Subtropical Úmido

COE - Custo operacional efetivo

COMP120 - Sistema Compensatório 120 dias

COMP150 - Sistema Compensatório 150 dias

COMP90 - Sistema Compensatório 90 dias

CONF - Confinamento

ELm - Energia líquida para manutenção

FAO - Food and Agriculture Organization

GDBSM - Grange Dairy Beef Systems Model

GMD - Ganho médio diário

ha - Hectare

ICC - Índice de crescimento compensatório

ILP - Integração lavoura-pecuária

IMS - Ingestão de matéria seca

MB - Margem Bruta

NDT - Nutrientes digestíveis totais

PB - Proteína bruta

PNM - Pastagem Natural Melhorada

PNM+S - Pastagem Natural Melhorada mais Suplementação

Pr - Produtividade

PV - Peso vivo

RB - Receita bruta

SAD - Sistemas de Apoio à Decisão

SMC - Simulação de Monte Carlo

TC - Taxa de compensação

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO GERAL

Nas últimas décadas a intensificação da bovinocultura de corte permitiu um crescimento no efetivo bovino brasileiro e nos indicadores de produtividade. Martha Jr. et al. (2012) avaliaram o crescimento da pecuária bovina brasileira e demonstraram que entre 1985 e 2006 ocorreu uma redução na área de pastagem, sendo que o desempenho animal explicou 74% do aumento na produção de carne bovina.

De modo geral, a intensificação do sistema produtivo acarreta aumento no uso de insumos e conseqüentemente envolve maiores custos de produção, principalmente naqueles relacionados com a alimentação animal. Dessa maneira, se manipulada de forma eficiente, a taxa de crescimento pode ser uma alternativa para reduzir o custo com alimentação. A restrição controlada na taxa de crescimento pode conduzir ao crescimento compensatório.

Esse fenômeno biológico é observado em animais que passaram por restrição alimentar e quando realimentados apresentam ganhos de peso superiores aos animais que não passaram por restrição (Hornick, 2000). Durante o crescimento compensatório há diminuição da exigência de energia para manutenção (Sainz et al., 1995), que está relacionada com a maior taxa de ganho de peso nesse período. Dessa forma, quando comparados com bovinos sem restrição, os animais em compensação são mais eficientes quanto ao ganho de peso.

Os bovinos podem apresentar crescimento compensatório completo, parcial ou não ter compensação após um período de restrição alimentar. Essa variabilidade nas respostas é resultado dos diversos aspectos envolvidos na manifestação do processo biológico. Dentre os fatores mais importantes que influenciam o crescimento compensatório, destacam-se a idade do animal no início da restrição, a severidade e a duração do período de estresse nutricional (Ryan et al., 1990).

O crescimento ou ganho compensatório é normalmente observado em animais mantidos a pasto, os quais estão sujeitos à sazonalidade

quantitativa e qualitativa das pastagens naturais e cultivadas. Essa variação na disponibilidade da forragem gera também oscilações no desempenho animal. Nessas condições os animais podem ter menor resposta compensatória e conseqüentemente irão demandar mais tempo para alcançar o peso de abate (Alves et al., 2003). Entretanto, a alteração no desempenho animal não deve aumentar a idade de abate. Portanto, é premissa inicial que durante a restrição alimentar a redução do ganho de peso não seja drástica e também não contemple perdas de peso.

É complexo avaliar o impacto de uma estratégia, como o crescimento compensatório, sobre a viabilidade econômica de um sistema de produção. Nesse contexto, inserem-se os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) que permitem, por meio de simulação, analisar diferentes cenários do sistema produtivo (Gouttenoire et al., 2011). Além da simulação, é necessária uma avaliação robusta do sistema, que pode ser realizada com as análises de risco e de sensibilidade.

Dessa maneira, no presente trabalho objetivou-se analisar, por meio de simulação, o efeito bioeconômico do crescimento compensatório sobre sistemas intensivos de recria-engorda de bovinos. Para tanto, no Capítulo I há uma revisão bibliográfica sobre sistemas de produção de bovinos e intensificação, crescimento compensatório, Sistemas de Apoio à Decisão e análises de risco e de sensibilidade. No Capítulo II é descrito a metodologia e os resultados das simulações e o Capítulo III traz as considerações finais do trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistemas de produção de bovinos de corte e intensificação

Um sistema pode ser definido como um conjunto de elementos que interagem, segundo determinadas leis, para atingir um ou mais objetivos (Chiavenato, 2007). Sistemas de produção têm como propósito principal converter insumos (entradas) em produtos (saídas), por meio de um processo organizado de transformação (Figura 1). Além disso, há informações, conhecidas como *feedback*, que realimentam o processo e podem definir mudanças futuras. Os componentes do sistema de produção são interligados, assim, qualquer alteração em um elemento afetará todo o sistema (Chiavenato, 2007).



Figura 1. Esquema geral de um sistema produtivo. Adaptado de Chiavenato, 2007.

Os sistemas de produção de bovinos de corte podem ser constituídos de várias maneiras, portanto, existem muitas possibilidades de entradas, processos e saídas. Essa variabilidade quanto à configuração dos sistemas produtivos se deve as tecnologias e as práticas de manejo adotadas, bem como o objetivo e a vocação do produtor rural, a disponibilidade de capital, a logística regional, o mercado, os recursos humanos, a legislação e ainda as condições edafoclimáticas da região em que a atividade é desenvolvida (Figura 2) (Barcellos et al., 2004).

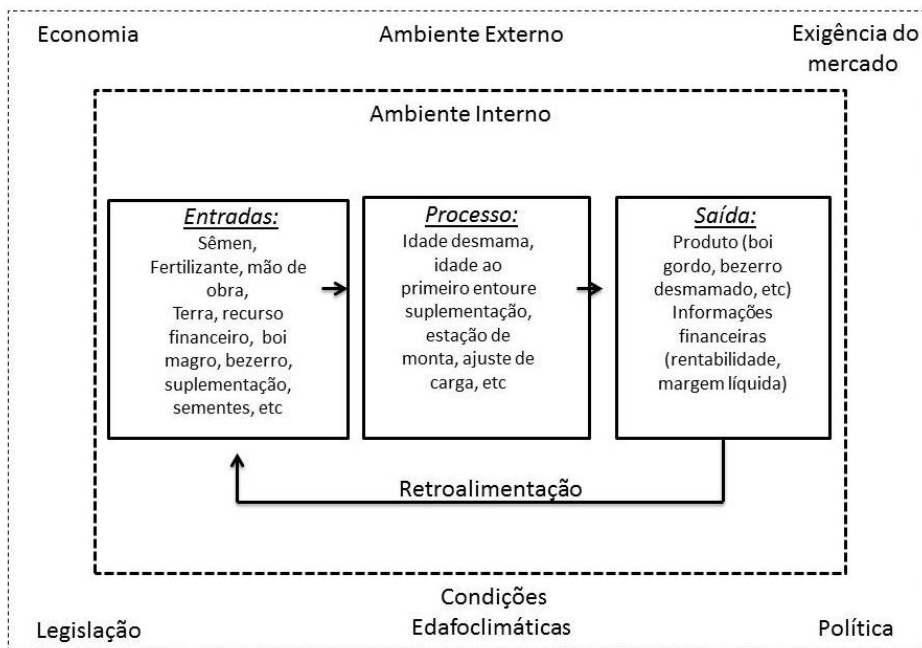


Figura 2. Representação de um sistema de produção de bovinos de corte. Adaptado de Romeiro, 2002.

Além disso, a bovinocultura de corte é constituída por três etapas (cria, recria e engorda) que aumentam a diversidade de constituição dos sistemas. Uma propriedade rural pode ser especializada em uma ou duas etapas, somente cria, ou recria-engorda, por exemplo. Quando são realizadas todas as fases produtivas o sistema é caracterizado como sistema de ciclo completo (Paulino & Duarte, 2014).

A cria é considerada o alicerce da pecuária de corte, pois é responsável pela produção de bezerros, sendo fundamental para o desenvolvimento das fases subsequentes. A recria compreende ao período entre o desmame e o início da engorda nos machos, já nas fêmeas é a fase do desmame até o primeiro acasalamento. Por fim, a engorda é uma etapa mais curta em relação às anteriores, nesse período o objetivo é a terminação e o acabamento dos bovinos para o abate (Barcellos et al., 2011; Paulino & Duarte, 2014).

De modo geral, na bovinocultura de corte, as entradas no sistema produtivo são os recursos financeiros, naturais, humanos e de infra-estrutura (Herring, 2014). De acordo com a caracterização de cada sistema produtivo, as saídas podem ser: bezerro(a), novilho(a), vaca de invernar, vaca gorda, boi de

invernar e boi gordo. Portanto, o *output* de um sistema de produção pode ser *input* em outro, por exemplo, o bezerro é saída no sistema de produção de cria e entrada no sistema de recria.

Embora exista uma grande diversidade quanto aos sistemas de produção, determinados padrões (Figura 3) foram identificados por Seré et al. (1996). Essa classificação é mundial e tem sido aceita e usada pela FAO (*Food and Agriculture Organization*) (Steinfeld et al., 2006). A categorização foi elaborada considerando o uso da terra e a zona climática. O resultado dividiu os sistemas pecuários em três classes gerais: sistemas a pasto, sistemas integrados e sistemas “sem terra” (Seré et al, 1996).

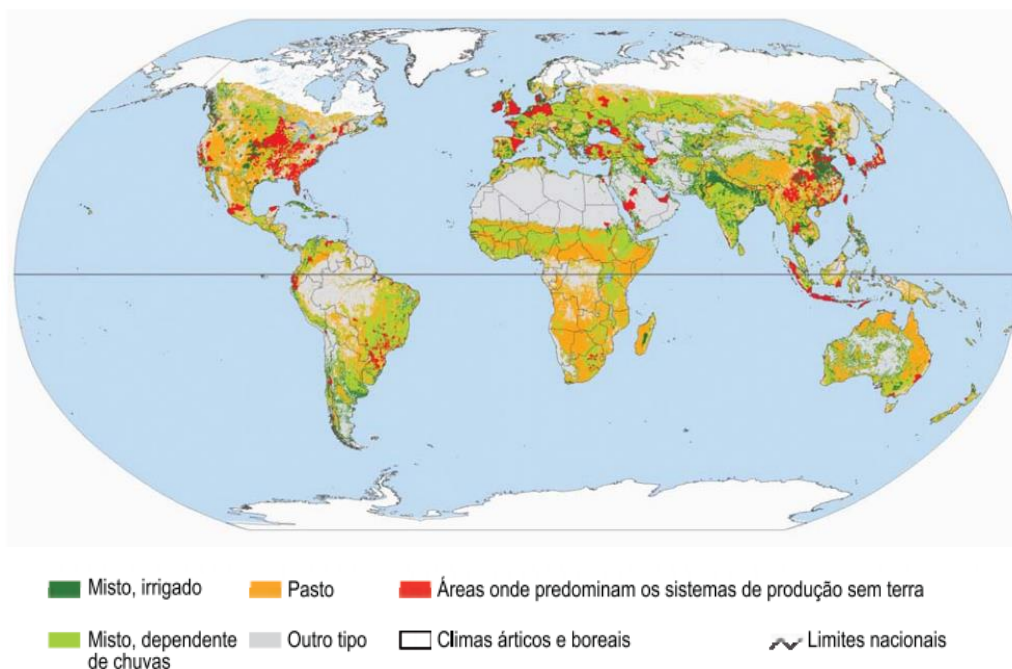


Figura 3. Mapa da distribuição mundial dos sistemas pecuários de ruminantes e não-ruminantes. Adaptado de Steinfeld et al., 2006.

Os sistemas de produção a pasto são encontrados em todo o mundo e são essenciais em regiões não agricultáveis, como em áreas áridas, frias e montanhosas (Gerber et al., 2015). Nas condições brasileiras, as forrageiras tem grande importância para a bovinocultura de corte, principalmente devido ao baixo custo de produção (Ferraz & Felício, 2010). Embora, as variações sazonais nas pastagens influenciem direta e negativamente o desempenho

animal, o ajuste da oferta de forragem pode aumentar a produção, pois tem relação com ganho de peso por animal e por área (Moojen & Maraschin, 2002). De acordo com o manejo adotado e a quantidade de insumos utilizada, esses sistemas podem ter elevado potencial produtivo. No estado do Rio Grande do Sul, forrageiras anuais de inverno são comumente utilizadas e o ganho médio diário (GMD) pode ser superior a 1 kg/animal (Silva et al. 2004; Gottschall et al., 2014).

Sistemas integrados podem apresentar diferentes configurações e apresentar vários arranjos espaciais (Schiere & Kater 2001). De acordo com Carvalho et al. (2006), um sistema integrado que tem importância no Brasil é a integração lavoura-pecuária (ILP). O ILP se caracteriza por alternar, na mesma área, o cultivo de uma cultura anual e de pastagens, destinadas à produção animal. Para alcançar maior eficiência esses sistemas dependem do equilíbrio entre a produção vegetal e animal, em vez de priorizar a maximização de cada um dos componentes individualmente (Moraes et al., 2014). O manejo das pastagens precisa assegurar o desempenho dos animais e, ao mesmo tempo, garantir a manutenção da matéria seca residual (palha) para atender exigências do plantio direto das lavouras de grãos (Carvalho et al., 2010).

O sistema de produção “sem terra” pode ser entendido como confinamento ou produção industrial. Cabe salientar que mesmo em sistemas de confinamento há necessidade de uso da terra para cultivos de espécies vegetais que serão utilizados como volumoso na dieta. Esse sistema abrange a intensificação, aumento de escala e concentração geográfica da produção. A terminação de bovinos de corte em confinamento permite redução da idade de abate, planejamento de abates e aproveitamento de subprodutos da agroindústria na alimentação animal. O confinamento de bovinos no Brasil tem maior expressão na região Centro-Oeste (Paulino & Duarte, 2014), onde os animais são confinados durante a estação seca, quando a disponibilidade de pasto é reduzida (Millen et al., 2009).

De acordo com o grau de intensificação, os sistemas de produção de bovinos de corte podem ainda ser classificados em extensivo, semi-intensivo e intensivo. Intensificação pode ser definida como o aumento do uso de recursos

e serviços externos à propriedade, a fim de aumentar a quantidade de saída (*output*) do sistema de produção (Bebe et al., 2002). Na prática, a intensificação comumente está ligada com o nível alimentar adotado, aumento da lotação e entrada de insumos no sistema.

Nos sistemas extensivos a alimentação dos animais é exclusivamente a pasto (nativo ou cultivado) e há baixo aporte de insumos. A fragilidade desses sistemas está na dependência das pastagens, pois o recurso forrageiro é a única fonte de proteína e energia. Nos sistemas intensivos os animais podem estar confinados ou a pasto, quando em pastagem há uso de forrageiras de alta qualidade, associadas com a suplementação alimentar e o confinamento como ferramentas estratégicas para períodos de vazio forrageiro (Euclides Filho & Euclides, 2010). E por fim, o sistema semi-intensivo pode ser entendido como um intermediário entre o extensivo e o intensivo. Tem como base o uso de pastagens, principalmente as cultivadas, acrescidas de suplementos proteicos e/ou energéticos (Barcellos et al. 2011).

Com objetivo de alcançar maior retorno econômico, o produtor rural tem aumentado a intensificação da produção por meio das tecnologias de processos e de insumos. Entretanto, as tecnologias de processos precisam anteceder as de insumos. Deve existir o cumprimento de parâmetros mínimos, antes de ocorrer um processo de intensificação, a fim de que a empresa rural tenha um maior retorno econômico. Nos sistemas de ciclo completo e cria, dentre esses parâmetros destacam-se: i) taxa de prenhez mínima de 75%; ii) desmame de bezerros com peso médio acima de 160 quilos e iii) repetição de prenhez de, ao menos, 65% das vacas primíparas (Barcellos et al., 2011).

As tecnologias de processos estão relacionadas com a maneira em que os *inputs* do sistema de produção são transformados ou processados. Ou seja, podem ser compreendidas como o manejo adotado na propriedade rural (ajuste de carga, estação de monta, desmame precoce, etc). Dessa maneira, sua adoção é menos depende da compra de insumos (Barcellos et al., 2007). Já tecnologias de insumos têm relação direta com a maior entrada no sistema de recursos externos a propriedade (suplementação, fertilização de pastagens,

inseminação em tempo fixo, etc), portanto, há maior necessidade de capital (Barcellos et al., 2007).

Nabinger & Carvalho (2009) destacam que o ajuste de carga animal e o diferimento são duas tecnologias de processo que têm grande impacto sobre sistemas produtivos a pasto. Experimentos em pastagem natural (campo nativo), na Depressão Central do Rio Grande do Sul, com níveis crescentes de intensificação demonstraram que a produtividade mais que triplicou com o aumento da oferta de forragem, passou de 60 para 230 kg de peso vivo (PV)/ha/ano (Nabinger et al., 2009). Portanto, por meio de tecnologia de processo, foi possível aumentar a produção animal com “custo zero”.

A partir do domínio das tecnologias que envolvem ajustes no manejo, o produtor rural pode investir naquelas tecnologias que requerem uso de recursos externos. A correção do solo, adubação e introdução de espécies hibernais em pastagem natural constituem o melhoramento do campo nativo, que é uma alternativa para aumentar a produtividade do sistema. Em experimento no município de Quaraí, na fronteira oeste do Rio Grande do Sul, observou-se que o ganho por área foi maior na pastagem adubada (259 kg/ha) e melhorada (263 kg/ha) em comparação com a pastagem natural (126 kg/ha) (Ferreira et al., 2011).

A suplementação pode ser uma ferramenta para garantir o crescimento animal em períodos de declínio na qualidade e quantidade das forrageiras, além de promover o aumento da carga animal. No entanto, o custo do suplemento pode restringir o seu uso. Frizzo et al. (2003) concluíram que o aumento no nível de suplementação para bezerras em pastagem de aveia (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*) permitiu incremento na carga animal. Nesse estudo os autores observaram que suplementação a base de 0,7 e 1,4% do PV/dia suportou 1349 e 1761 kg/ha de PV, respectivamente. E sem suplemento a carga animal foi de 1065 kg/ha de PV, entretanto, a suplementação resultou em menor renda líquida.

Hellbrugge et al. (2008) avaliaram um nível mais baixo de suplementação (0,4% do PV/dia) para novilhos em terminação em pastagem de azevém, no qual foi possível obter retorno econômico com o uso de

suplemento. Apesar do resultado financeiro positivo, os autores concluíram que a viabilidade econômica da suplementação é dependente da relação entre preço de comercialização do boi gordo e preço do suplemento.

Além da suplementação, o confinamento é outra tecnologia que, por meio da alimentação, permite intensificar o sistema de produção. Essa intensificação geralmente resulta em maiores investimentos e riscos. Depois da aquisição dos animais, a alimentação é o item com maior representatividade no custo operacional. Em sistemas em confinamento de recria-engorda ou somente terminação, a despesa com nutrição pode variar de 15,66% (Lopes et al., 2013) a 40,00% (Ferreira et al., 2009), de acordo com a composição da dieta. Assim, a formulação de dietas de baixo custo, mas com valores nutricionais adequados, pode representar um retorno econômico positivo.

De acordo com White et al. (2010), sistemas baseados em pastagens e com uso de suplementação tendem a ser mais rentáveis que sistemas somente com confinamento, devido principalmente aos baixos custos de alimentação dos sistemas a pasto. Estudo realizado na Nova Zelândia demonstrou que a intensificação do sistema (por meio de aplicação de nitrogênio nas pastagens, suplementação e confinamento) ocasionou redução no retorno econômico, com exceção da fertilização nitrogenada (White et al., 2010).

Como descrito acima, a aquisição de animais é o item mais oneroso em um sistema de recria-engorda, podendo representar até 76,15% do custo operacional. Isso demonstra a importância da compra do bezerro ou boi magro sobre as despesas e conseqüentemente sobre a margem. No momento da compra, o pecuarista deve investir no padrão animal (grupo genético, tamanho animal, musculosidade) mais adequado para o seu sistema de produção. Além disso, deve estar atento ao preço de compra dos animais. Como o peso vivo influencia no preço de compra de bezerros Christofari et al. (2010), a aquisição de animais mais leves pode ser uma possibilidade de reduzir o custo operacional.

Essa revisão sobre sistemas de produção de bovinos de corte revela a grande diversidade de configurações que a bovinocultura pode assumir.

Dessa maneira, a adoção de tecnologia deve ser realizada após uma análise sistêmica, considerando o impacto produtivo e econômico que a intensificação trará ao sistema.

2.2 Crescimento Compensatório

2.2.1 Crescimento normal

O crescimento animal pode ser definido, de forma simplificada, como o aumento do peso em função do tempo (Owens et al., 1993). Esse fenômeno biológico resulta das interações entre fatores hormonais, nutricionais, genéticos e metabólicos. O animal cresce ou ganha peso devido ao acúmulo dos tecidos, isso ocorre quando a síntese tecidual (anabolismo) é superior à degradação (catabolismo) (Lawrence, 2012).

O crescimento do animal após o nascimento pode ser ajustado em uma curva sigmoide (peso em função da idade), a qual consiste em quatro fases: concepção, nascimento, puberdade e maturidade (Figura 4). Entre a concepção e a puberdade (ponto de inflexão da curva) ocorre um crescimento rápido e na pós-puberdade ocorre uma desaceleração até o animal atingir o peso adulto (Owens et al., 1993).

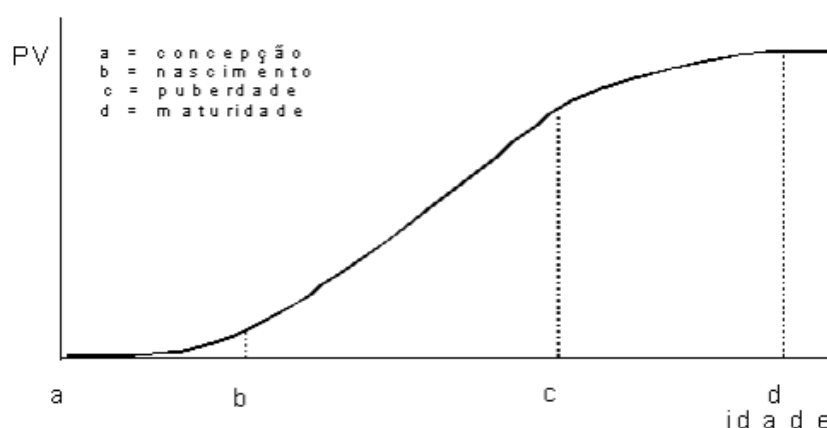


Figura 4. Curva sigmoide do crescimento animal. Adaptado de Owens et al., 1993.

O crescimento inicia pelo tecido nervoso, seguido pelo ósseo, muscular e por fim tecido adiposo (Figura 5). Na maturidade a massa muscular atinge o ponto máximo e o ganho de peso é composto principalmente de

gordura (Owens et al., 1993). Os órgãos e tecidos têm taxas e velocidades de crescimento e maturação diferentes, que são influenciadas pela nutrição e pelo genótipo. Assim, a composição corporal se altera ao longo do tempo em decorrência das diferenças na velocidade de crescimento e maturação tecidual (Owens et al., 1993).

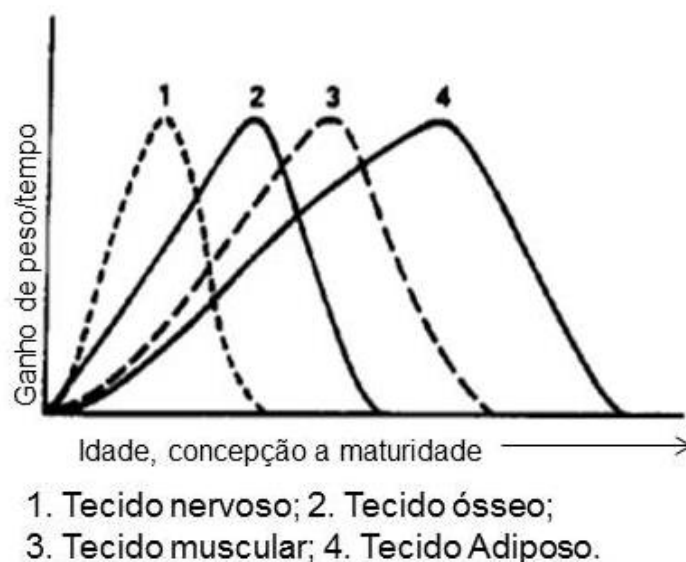


Figura 5. Taxas de crescimento dos tecidos. Adaptado de Owens, 1993.

2.2.2 Crescimento compensatório

O crescimento compensatório pode ser definido como um processo fisiológico no qual um organismo acelera seu crescimento depois de um período de desenvolvimento limitado, geralmente decorrente de alimentação reduzida (Wilson & Osbourn, 1960). Considerando animais de mesma idade, tamanho e condições ambientais, aqueles que passam por um período de restrição alimentar e são sequencialmente submetidos a uma adequada alimentação, apresentam ganhos de peso superiores aos animais que tiveram alimentação *ad libitum* (Ryan et al., 1990). Para bovinos de corte, esse fenômeno é frequentemente observado em animais mantidos a pasto. Em condições de pastejo há oscilação na oferta de alimento devido à sazonalidade das forrageiras (Lawrence, 2012).

No período de crescimento compensatório, quando a taxa de ganho de peso em animais provenientes da restrição alimentar é de uma magnitude

superior à taxa daqueles sem restrição ocorre uma completa compensação do ganho de peso (Hornick et al., 2000). Por outro lado, quando a taxa de ganho dos animais que sofreram menor oferta alimentar não é tão elevada, esta compensação pode ser parcial, comprometer o ritmo de desenvolvimento do animal e conseqüentemente causar atraso na idade de abate (Alves et al., 2003). Em casos severos de restrição alimentar pode inclusive não haver compensação. O estresse nutricional, resultante de uma limitação drástica de nutrientes, impede o animal de expressar seu potencial de crescimento e tem conseqüências diretas no seu desempenho (Ryan et al., 1990).

A resposta compensatória pode ser quantificada pelo índice de crescimento compensatório (ICC). Ele indica o percentual de peso recuperado durante o crescimento compensatório em relação ao déficit de peso ocorrido durante a restrição nutricional (Hornick et al., 2000), conforme figura 6.

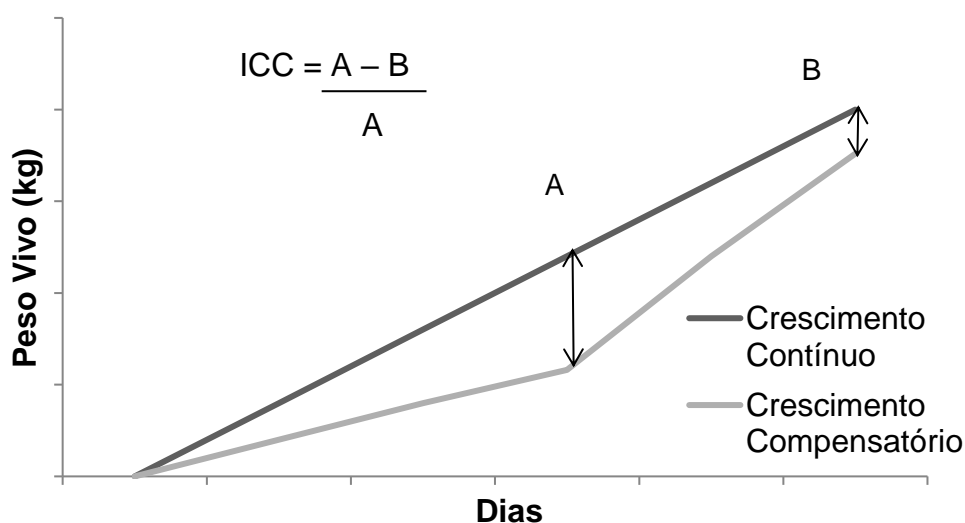


Figura 6. Índice de Crescimento Compensatório. Adaptado de Hornick et al. 2000.

2.2.3 Idade do animal no início da restrição

A idade em que ocorre a restrição alimentar é importante e pode explicar a ausência de compensação ou a maneira como ela ocorre (Greewood et al., 2005; Berg, 1991). A alimentação pré-natal pode influenciar o potencial de compensação do animal. Bezerros filhos de vacas que passaram por grave

restrição nutricional apresentam pouca ou nenhuma evidência de crescimento compensatório após o desmame (Robinson et al., 2012). O déficit nutricional para causar tal dano ao bezerro precisa ser muito severo, pois restrição nutricional de 55% durante o início da gestação (32-83 dias) em novilhas não afetou o peso ao nascer e o crescimento pós-natal (Long et al., 2010).

Greenwood et al. (2005) em revisão sobre as consequências da restrição alimentar em bovinos, relataram que a perda de peso severa próxima ao desmame limita o crescimento compensatório completo. De acordo com Ryan et al. (1990), restrições alimentares antes dos três meses de idade em bovinos comprometem a resposta compensatória. Berge (1991) avaliou dados de trabalhos em que a restrição alimentar iniciava antes ou depois dos sete meses de idade (desmame). Os animais que sofreram restrição no período pré-desmame levaram em média 14 a 18 meses para compensar 70-80% do peso final obtido pelos animais com alimentação *ad libitum*. Já os animais com restrição após o desmame levaram de 4 a 7 meses para apresentar o mesmo grau de compensação.

Cardoso et al. (2014) concluíram que bezerras desmamadas aos quatro meses, que obtiveram alto ganho de peso por um período (1 kg/dia), seguido de baixo ganho de peso (0,350 kg/dia), alcançaram mesmo peso aos 14 meses que aquelas que não tiveram restrição alimentar. Entretanto, as bezerras com programa alimentar com ordem inversa (baixo e depois alto ganho de peso) não alcançaram o peso alvo. Assim, um período de restrição muito cedo na vida do animal pode comprometer o crescimento compensatório. O déficit nutricional nos primeiros meses de vida pode causar danos permanentes para o desenvolvimento do tecido ósseo e nervoso (Ryan, 1990).

Por outro lado, restrições ocorridas quando o animal está próximo ao seu peso adulto dificilmente resultam em crescimento compensatório total. Desse modo, animais alcançam o peso de abate em idade mais avançada do que aqueles sem limitação alimentar (Ryan et al. 1990). Possivelmente, porque nesta fase o animal está basicamente depositando gordura, que tem uma menor eficiência de deposição se comparado com o tecido muscular. Em geral,

se considera que a taxa de crescimento e a eficiência de bovinos diminuem com o aumento da gordura corporal e do escore corporal (NRC 1996).

Com relação à idade dos animais é importante considerar as diferentes taxas de maturação entre taurinos (*Bos taurus*) e zebuínos (*Bos indicus*). Animais de elevados pesos à maturidade apresentam maiores taxas de crescimento (ganho em peso/dia), embora tenham baixa taxa de maturação (menor precocidade). Desse modo, zebuínos apresentam recuperação de peso com taxas de ganho mais rápidas quando comparados com taurinos (Alves, 2003; Tolla et al.2003).

2.2.4 Severidade e duração da restrição alimentar

Há aumento na taxa de ganho compensatório à medida que ocorre acréscimo na duração e na severidade da restrição alimentar (Ryan,1990; Berge, 1991). Entretanto, a capacidade de recuperação do peso tende a diminuir à medida que a severidade e a duração da restrição são aumentadas. Quando os animais passam por períodos curtos ou médios de restrição, o ganho compensatório pode ser completo (Nicol & Kitessa, 1995).

Renaville et al. (2000) avaliaram duas taxas de restrição alimentar; média (GMD de 0,388 kg/dia) e severa (GMD de 0,092 kg/dia) durante 4 meses, em touros da raça Belgian Blue, depois desse período todos os animais receberam a mesma dieta que o grupo controle. Ao final da realimentação, os ganhos dos animais restritos foram superiores ao GMD do grupo controle em 30 e 40% para a média e severa restrição, respectivamente. Entretanto, quando se avaliou todo o período experimental, os autores observaram que o GMD diminuiu com o aumento da intensidade de restrição alimentar.

Em trabalho de Tolla et al. (2003) bovinos foram submetidos a níveis severos de restrição e depois passaram por 105 dias de realimentação. Apesar da maior taxa de ganho peso no período de realimentação não houve compensação total. Os autores concluíram que a severidade da restrição pode ter sido mais importante que o período de compensação. Em estudo de Neto et al. (2011) que avaliaram diferentes níveis de regime alimentar para novilhas (*ad libitum*, 20% e 40% de restrição sobre as exigências nutricionais para ganho de

0,7 kg/dia) foi observado que as fêmeas que passaram pelos tratamentos de restrição alimentar apresentaram compensação parcial.

O crescimento animal pode ser retardado se um nutriente da dieta faltar. Como o animal apresenta pequenas reservas proteicas, a restrição de proteína geralmente promove maiores danos do que a energética. Drouillard et al. (1991) observaram uma melhor taxa de crescimento compensatório em animais que passaram por restrição energética, quando comparados com animais que tiveram apenas restrição proteica.

2.2.5 Alterações durante o crescimento compensatório

A maior taxa de ganho de peso durante o crescimento compensatório está relacionada com a maior ingestão de matéria seca (IMS) (Tolla et al., 2003), aumento do tamanho de órgãos (Ryan et al. 1993), diminuição da exigência de energia para manutenção (Sainz et al., 1995), e modificação do sistema endócrino (Ellenberger et al., 1989).

Em estudo de Sainz et al., (1995) verificaram que bovinos oriundos de restrição, durante o período de realimentação poderiam ingerir, em média, 25% a mais de matéria seca que os animais com alimentação *ad libitum*. Fox et al. (1972) relataram que novilhos durante o crescimento compensatório apresentaram IMS 16% maior que os animais sem restrição.

A restrição alimentar diminui a quantidade de gordura corporal e conseqüentemente ocasiona uma queda na produção de leptina. Esse hormônio é responsável pela regulação do armazenamento e do uso de energia pelo animal, é também sinalizador do status nutricional do organismo (Salman et al, 2007). Portanto, níveis baixos de leptina poderiam explicar uma alteração no momento da saciedade do animal (Sainz & Bentley, 1997).

Durante a restrição alimentar ocorre uma redução no tamanho dos órgãos internos, principalmente fígado e intestino. Já no período de realimentação a taxa de crescimento dos órgãos internos é maior que a taxa do animal como um todo, assim os órgãos aumentam de tamanho (Ryan et al., 1993). O fígado é o órgão com maior atividade metabólica, sendo responsável por 18 a 25% do consumo de oxigênio em bovinos (Baldwin et al., 2004).

Dessa forma, é o órgão mais afetado durante a restrição alimentar (Sainz & Bentley, 1997). A redução no peso do fígado pode estar relacionada com uma diminuição no consumo de oxigênio pelo fígado e do fluxo sanguíneo hepático (Almeida et al., 2011).

Quando é fornecida alimentação adequada para animais anteriormente submetidos à restrição alimentar é esperada menor exigência de energia de manutenção, por determinado período de tempo. A duração desse período irá depender do grau de restrição alimentar anterior, da duração do período de restrição e da adaptação ao nível nutricional mais baixo proporcionada principalmente pela redução da massa dos órgãos internos (Sainz & Bentley, 1997).

A exigência de energia líquida para manutenção (ELm) após restrição alimentar foi estimada em 59,77 kcal/kg PV^{0,75}/dia para novilhos de raça europeia (Gonçalves, 1988). Valor 22% menor que o usado pelo NRC (1996), determinado por Lofgreen & Garrett (1968), de 77 kcal/kg PV^{0,75}/dia para animais de raças europeias. De acordo com a avaliação da condição corporal dos animais, o NRC (1996) prevê que bovinos muito magros tenham um possível crescimento compensatório e, portanto, uma redução de 20% no requerimento de energia para manutenção.

Mudanças nos níveis nutricionais, em ruminantes, são acompanhadas por alterações nos níveis de hormônios circulantes (Hornick et al., 1998). Em bovinos, Cassar-Malek et al. (2001) observaram que a restrição dietética induziu uma rápida diminuição nas concentrações de insulina circulante e IGF-1 (após 20 dias de restrição). O hormônio IGF-1 (*Insulin-like Growth Factor 1*) está envolvido com o desenvolvimento e diferenciação dos tecidos, especialmente no aumento da síntese de proteínas. A insulina tem como principal função aumentar a permeabilidade da célula à entrada de glicose. Durante o período de realimentação, mudanças inversas são observadas (Henricks et al., 1994, Ellenberger et al., 1989) a insulina e os níveis de IGF-1 são restaurados. Todas estas respostas endócrinas auxiliam na homeostase dos animais, permitindo redistribuição dos nutrientes entre os tecidos, regulando o metabolismo energético-protéico. Estas alterações

hormonais refletem a capacidade dos ruminantes em se adaptar às mudanças no nível de alimentação, a médio e longo prazo (Hornick et al, 2000).

Durante o crescimento compensatório os animais podem ter maior deposição de proteína (Carstens et al., 1991), de gordura (Abdalla et al., 1988) ou ainda maior retenção proteica no início da compensação e posteriormente maior deposição de gordura (Fox et al, 1972). Segundo Carstens et al. (1991), essa diferença pode ser explicada pela idade em que a restrição ocorreu. Animais muito jovens (2 meses) durante a restrição alimentar tendem a depositar mais gordura, enquanto animais mais velhos (8, 9 meses) mais proteína. Apesar disso, a composição corporal de bovinos que apresentaram crescimento compensatório pode ser semelhante a de animais com crescimento contínuo, considerando mesma raça, idade e peso vivo (Fox et al, 1972; Rompala et al. 1985).

A partir dessa revisão bibliográfica fica evidente que os animais durante o crescimento compensatório são mais eficientes que aqueles que não tiveram restrição alimentar. Entretanto, vários são os fatores que influenciam o fenômeno, isso torna sua exploração muito complexa.

2.3 Sistemas de Apoio a Decisão

De maneira conceitual, o processo decisório está relacionado com a análise e seleção de alternativas que proporcionem os melhores resultados para uma ação (Mintzberg et al., 1976). A tomada de decisão pode ser decomposta em etapas sequenciais e lógicas (Edwards et al., 2014):

- 1) Identificar e definir o problema ou a oportunidade;
- 2) Identificar possíveis soluções;
- 3) Coletar dados e informações;
- 4) Analisar as alternativas e tomar uma decisão;
- 5) Implementar a decisão;
- 6) Monitorar e avaliar os resultados.

Seguir as etapas acima descritas não tornará todas as decisões bem executadas, mas auxiliará o gestor a agir de maneira lógica e organizada. A

tomada de decisão está atrelada as limitações financeiras, de tempo e de conhecimento do decisor, as quais o impossibilitam encontrar a decisão ótima. Portanto, de acordo com o conceito de racionalidade limitada, as decisões são satisfatórias e não ótimas (Bazerman & Schoorman, 1983).

As decisões dos produtores rurais sofrem influência dos aspectos socioeconômicos (idade, escolaridade, acesso a informação renda), da disponibilidade de recursos da propriedade (mão de obra, insumos, maquinário) e fatores externos a produção (mercado, políticas públicas) (Nuthall, 2012). Em estudo pioneiro sobre a tomada de decisão de produtores rurais, Gasson (1973) afirma que o processo decisório do empresário rural envolve vários objetivos, os quais nem sempre buscam a maximização econômica. Uma análise do perfil social do pecuarista de corte do Rio Grande do Sul (RS) aponta que a maioria dos produtores (52%) se dedica a atividade por tradição e apenas uma pequena parcela tem como objetivo básico a obtenção de lucro (9%) (Miguel et al., 2007). Portanto, objetivos pessoais, metas, comportamento, atitudes e necessidades da família tem influência sobre a tomada de decisão dos produtores rurais (Nuthall, 2012).

O conhecimento prático decorrente do cotidiano conduz o produtor rural a adotar decisões empíricas, intuitivas e com viés heurístico sobre seu sistema de produção, baseadas em experiências anteriores. A heurística influencia diretamente o processo decisório, pois simplifica os caminhos mentais para “driblar” a complexidade, a escassez de recurso e a pressão do tempo (Tversky, & Kahneman, 1973). Isso pode levar a decisões precipitadas ou até mesmo errôneas. Quando o produtor rural acredita em crenças do mercado - como o fertilizante mais caro deve ser o melhor - ele está tomando uma decisão com influência da heurística.

Dessa forma, a tomada de decisão pode não ser planejada, nem seguir as tendências econômicas (Nuthall, 2012). Além disso, a tomada de decisão não deve ser analisada isoladamente, já que todos os componentes do sistema produtivo estão relacionados. Portanto, o processo decisório é favorecido pela aplicação do pensamento sistêmico. A visão sistêmica tem como objetivo compreender o sistema como um todo, as inter-relações que o

constituem e como este se reestrutura frente a uma mudança em uma parte do sistema (Bawden, 1991).

Nesse contexto, inserem-se os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) que são capazes de fornecer informações confiáveis para a tomada de decisão. Além disso, permitem ao produtor ou técnico a construção e análise de diferentes cenários do sistema de produção (Gouttenoire et al., 2011). Os SAD são sistemas computacionais que, por meio de modelos, dão suporte às decisões não-estruturadas dos tomadores de decisão (Figura 7). Tais decisões são de grande complexidade e estão associadas ao nível estratégico de uma empresa. As decisões estruturadas são características do nível operacional e caracterizam os problemas que são bem compreendidos, rotineiros e repetitivos (Turban & Volonino, 2013).

Na agropecuária os níveis operacional, tático e estratégico não são tão delimitados como na indústria. E de acordo com o sistema adotado, o produtor rural pode atuar nos três estágios hierárquicos (Figura 7). As decisões estratégicas definem a direção do negócio e tem implicações a longo-prazo (Chiavenato, 2007), como a construção de novas instalações, aumento do rebanho, compra de novas terras. As decisões táticas têm efeito a médio prazo (Chiavenato, 2007), como produzir feno ou comprá-lo. E as decisões operacionais são aquelas de curto-prazo que podem ser modificadas rapidamente (Chiavenato, 2007), como suplementar os animais duas ou três vezes ao dia, iniciar um programa de sincronização das fêmeas.

Por meio de simulação, os SAD's transformam dados em informações, que são utilizadas no processo decisório. Esses sistemas proporcionam uma maior sustentação administrativa (Power, 2008). Entretanto, o SAD não substituiu a decisão do produtor rural, mas o auxilia a pensar de forma lógica e organizada quando confrontado com escolhas.



Figura 7. Tipo de decisão de acordo com o nível organizacional. Adaptado de Chiavenato, 2007.

Os modelos (matemáticos, de simulação, financeiro, etc...) são partes fundamentais da constituição de um SAD e podem ser compreendidos como uma representação da realidade (Stermán, 2001). Os modelos devem ser o mais simples possível e envolver somente os elementos relacionados com os seus objetivos principais (Stermán, 2001). Por meio dos modelos é possível realizar simulações preditivas que auxiliam na tomada de decisão e gerenciamento do sistema produtivo.

No contexto do agronegócio, os modelos podem englobar a parte física do sistema de produção e também a econômica, essa integração caracteriza a simulação bioeconômica. Modelos bioeconômicos são muito complexos, principalmente, porque os processos possuem comportamento dinâmico, ou seja, mudam de acordo com o tempo (Freer et al., 1997)

Esforços têm sido realizados para o desenvolvimento de modelos que auxiliem o processo decisório na produção de bovinos de corte. Alguns exemplos são os programas de suporte a decisão como: HotCross (Newman et al., 1997), GRAZPLAN (Freer et al., 1997) e ABPSS (Pang et al.1999). O HotCross foi desenvolvido para simular o desempenho de cruzamentos raciais em ambientes tropicais e sub-tropicais no norte da Austrália. GRAZPLAN pode ser usado para simular sistemas de produção de bovinos e ovinos em

diferentes pastagens. O ABPSS (*Alberta Beef Production Simulation System*) é um modelo determinístico e dinâmico, composto por quatro submodelos: inventário do rebanho, exigência de nutrientes, produção de forragem, econômico.

Há também modelos que incorporaram crescimento compensatório nas simulações (Hoch & Agabriel 2004; Nielsen et al. 2004; Ashfield et al., 2014). Nielsen et al. (2004) descreveram um modelo de produção de boi orgânico, com ajuste para o crescimento compensatório. No entanto, este modelo foi desenvolvido com base individual e não em nível de sistema e, portanto, não permite avaliação econômica. Hoch & Agabriel (2004) desenvolveram um modelo mecanicista de crescimento e de composição corporal, com inclusão do crescimento compensatório. Porém, este modelo exige um grande número de parâmetros, dos quais muitos são difíceis de obter. E existe ainda o modelo Grange Dairy Beef Systems Model (GDBSM) que foi modificado para captar com maior precisão as implicações do crescimento compensatório (Ashfield et al., 2014).

McCown (2002) concluiu que SAD's têm baixa adoção por parte dos produtores rurais. Embora esses sistemas tenham sido beneficiados pelo avanço na tecnologia de software e hardware e as interfaces estejam mais amigáveis. Um questionário com pecuarista gaúchos identificou que eles consideram softwares comerciais de difícil utilização devido à alta complexidade, ao tempo dedicado para inserção de dados, aos problemas de interface, a carência de treinamentos, além de muitas vezes essas ferramentas serem incompatíveis com as especificidades de determinado sistema produtivo (Ceolin et al., 2008).

De acordo com Sørensen et al. (2011), a conversão dos dados em informação útil para a tomada de decisão e a interpretação dos resultados continuam a ser um desafio nos sistemas de apoio a decisão. A maior adoção desses sistemas depende de uma abordagem multidisciplinar, na qual o futuro usuário (o tomador de decisão) faz parte da construção e desenvolvimento do SAD (Wenkel et al. 2013). Esse método constitui a "modelagem participativa" que integra os conhecimentos empírico, técnico e científico. Dessa maneira, o

sistema torna-se mais realista e conseqüentemente atende a maioria das necessidades dos usuários (Sørensen, et al., 2011).

A partir dessa revisão bibliográfica ficou evidente a necessidade de utilizar modelos simples que representem a realidade do sistema produtivo. Embora modelos bioeconômicos sejam complexos, a simplicidade da ferramenta e a modelagem participativa podem aumentar a adoção do SAD pelos usuários finais (técnicos ou produtores).

2.4 Análise de Risco e de Sensibilidade

O processo decisório está associado com os impactos e conseqüências que as decisões tomadas trarão no futuro. Nesse contexto, insere-se o risco e a incerteza decorrentes da impossibilidade de prever o futuro com absoluta segurança. De acordo com Holton (2004), a definição de Knight (1921) sobre risco e incerteza é a mais popular e afirma que no primeiro é possível estimar a probabilidade de sua ocorrência, enquanto no segundo caso não.

No agronegócio podem-se destacar os seguintes riscos: i) de produção; ii) de mercado; iii) institucionais e iv) financeiros (Hoag, 2009; Schouchana et al., 2013.). Os riscos de produção estão relacionados principalmente com a instabilidade climática, como chuvas excessivas, granizos, geadas, secas, etc. Os riscos de mercado envolvem oscilações: i) nos preços de compra dos insumos; ii) nos preços de venda dos produtos e iii) nos níveis da demanda. Os riscos institucionais incluem alterações na legislação, política fiscal, exigência sanitária, disponibilidade do crédito rural que tem incentivo do governo. Os riscos financeiros envolvem as variações nas taxas de juros de custeios e investimentos agropecuários.

A simulação em pecuária de corte para projetar cenários pode ser feita a partir de dados sobre o animal, a alimentação, os insumos e as informações financeiras e econômicas. No modelo de simulação, a mudança de uma variável do sistema produtivo permite avaliar o efeito dessa modificação sobre os indicadores de maior interesse nas empresas, como eficiência e produtividade (Machado & Berger, 2012).

As análises de risco e de sensibilidade estão entre as metodologias usadas para avaliar o risco e ambas podem ser realizadas por meio de Simulação de Monte Carlo (SMC). A SMC é um método estocástico, ou seja, considera as probabilidades de ocorrência das variáveis aleatórias de um modelo sobre a variável dependente. Nessa metodologia é preciso estimar a distribuição probabilística de cada variável aleatória, que é fundamental para a simulação. A identificação das distribuições pode ser feita a partir de séries de dados, em situações em que os dados não estão disponíveis é possível determinar-se a distribuição e adequar seus parâmetros. De acordo com a natureza dos dados, diferentes distribuições de probabilidade podem ser utilizadas como: Normal, Log-Normal, Exponencial, Triangular, Weibull e Uniforme (Jacoboni & Reggiani, 1983).

A partir das distribuições de probabilidade das variáveis aleatórias, inicia-se o processo de simulação com a geração de números aleatórios que resultam na distribuição de probabilidade da variável de saída. A SMC apresenta as possibilidades de resultados (frequência de ocorrência), não disponibiliza uma recomendação para a tomada de decisão, cabe ao decisor interpretar a informação (Jacoboni & Reggiani, 1983).

Por meio da Simulação de Monte Carlo, Fariña et al., (2013) analisaram o risco de diferentes níveis de intensificação em sistemas de produção de bovinos de leite. O sistema intermediário foi o que resultou menor probabilidade de lucro negativo, portanto menor risco. De acordo com os autores, essa análise permitiu uma avaliação integrada do sistema produtivo.

A análise de sensibilidade consiste em analisar o efeito no *output*, a partir da variação de apenas um único parâmetro de entrada, enquanto os outros são mantidos constantes. Esse método permite, por exemplo, avaliar o impacto das variáveis que compõem o custo e a renda de um sistema de produção sobre a resposta econômica (Haddade et al, 2005).

A análise de sensibilidade, de modo determinístico, geralmente avalia três cenários (provável/base, pessimista e otimista) para as variáveis dependentes. O inconveniente dessa metodologia está na definição dos cenários otimista, pessimista e mais provável. Dessa forma, para determinados

especialistas um valor pode ser classificado como otimista, enquanto outros podem considerar improvável a ocorrência de determinado valor. Entretanto, atualmente é possível realizar a análise de sensibilidade de maneira estocástica, a qual permite considerar a variabilidade dos parâmetros (Xie et al, 2003).

Em estudo de Villalba et al., (2010), foram realizadas, por meio de SMC, análises de sensibilidade para avaliar os efeitos das mudanças de: (i) preço de concentrado (destinado as vacas) e preço do bezerro sobre a margem econômica de sistemas de cria; e (ii) preço do concentrado (destinado a vaca e ao bezerro) e preço da carcaça na margem econômica de ciclo completo. Nos sistemas de cria o preço de comercialização do bezerro teve maior efeito na resposta econômica em relação ao concentrado. Já nos sistemas de ciclo completo, o preço do concentrado resultou em maior variabilidade na margem econômica em relação ao preço de venda do boi, embora esse último tenha grande importância na viabilidade econômica. Isso demonstra que os riscos podem ter impacto diferente de acordo com a constituição do sistema de produção.

Essa revisão permite concluir que a análise de sensibilidade e a análise de risco são complementares. Além disso, podem ser realizadas pela SMC que envolve a variabilidade das variáveis do modelo, portanto, é um método mais robusto que o determinístico.

3. HIPÓTESES

- O crescimento compensatório pode ser usado para reduzir os custos com alimentação em um sistema intensivo de recria-engorda de bovinos de corte;
- O crescimento compensatório pode reduzir o risco no resultado econômico num sistema de recria-engorda em bovinos de corte.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo geral:

- Analisar, por meio de um Sistema de Apoio a Decisão, os efeitos do crescimento compensatório sobre a resposta bioeconômica de sistemas intensivos de recria-engorda de bovinos de corte.

4.2. Objetivos específicos:

- Simular o tempo de abate em bovinos de corte que apresentaram diferentes taxas de ganho de peso na recria;
- Simular diferentes períodos de duração de restrição alimentar e avaliar a resposta física e econômica dos sistemas;
- Analisar o risco envolvido nos sistemas simulados de recria-engorda;
- Analisar a sensibilidade da margem bruta devido à alteração dos preços nos custos operacionais e nas receitas dos sistemas.

CAPÍTULO II¹

¹ artigo a ser enviado para submissão

Simulação bioeconômica do crescimento compensatório em sistemas de produção de bovinos de corte

Rúbia B. Lopes, Leonardo C. Canellas, Fredy A. L. Gonzalez, Ricardo F. Corrêa, Paulo R. P. Xavier, Júlio O. J. Barcellos

Resumo

A manipulação na taxa de crescimento do animal pode ser uma estratégia para a redução dos custos com alimentação. Assim, objetivou-se analisar, por meio de simulação, os efeitos do crescimento compensatório nos resultados bioeconômicos de sistemas de recria-terminação de bovinos de corte. Foram avaliados quatro sistemas de recria e terminação de bovinos de corte, com diferentes períodos de restrição alimentar (sem restrição, CONT; 90 dias de restrição, COMP90; 120 dias de restrição, COMP120 e 150 dias de restrição, COMP150). Também foram realizadas análises de risco e de sensibilidade, por meio de simulação de Monte Carlo. Os sistemas com restrição alimentar apresentaram compensação parcial e necessitaram de maior período de engorda (14, 21 e 35 dias para COMP90, COMP120 e COMP150, respectivamente) que CONT. O sistema COMP90 teve Pr (434,2 kg/ha/ano), foi semelhante ao CONT (434,0 kg/ha/ano) e ambos foram superiores ao sistema COMP120 (395,0 kg/ha/ano) e COMP150 (394,0 kg/ha/ano). A margem bruta/ha foi de 608,98; 493,5; 366,96 e 304,23 R\$/ha/ano para os sistemas COMP90, CONT, COMP120 e COMP150, respectivamente. Porém, na análise de risco o sistema com menor estabilidade econômica foi CONT e COMP90 teve menor risco de obter margem bruta negativa. A análise de sensibilidade demonstrou que as variáveis com maior efeito sobre a margem bruta foram o preço do boi gordo, do bezerro e do milho usado no confinamento. O uso do crescimento compensatório pode ser uma ferramenta para redução de custos com alimentação em sistemas de recria e engorda de bovinos de corte, mas a sua eficácia é influenciada pelo período de restrição.

Palavras-chave: ganho compensatório, índice de crescimento compensatório, simulação estocástica.

Bioeconomic simulation of compensatory growth in beef cattle production systems

Rúbia B. Lopes, Leonardo C. Canellas, Fredy A. L. Gonzalez, Ricardo F. Corrêa, Paulo R. P. Xavier, Júlio O. J. Barcellos

Abstract

The manipulation of the animal growth rate can be a strategy to decrease feeding costs. The aim was to analyze using simulation the compensatory growth effects in bioeconomic results on intensive growing and fattening of beef cattle systems. Four beef cattle systems were evaluated with different feeding restriction periods (no restriction, CONT; 90 days restriction, COMP90; 120 days restriction, COMP120 and 150 days restriction, COMP 150). Furthermore, there were risk analysis and sensitivity through Monte Carlo simulation. The systems with feeding restrictions demonstrated partial compensation and needed longer fattening periods (14, 21 e 35 days for COMP90, COMP120 e COMP150 respectively) than the CONT system. The COMP90 obtained higher productivity (434,2 kg/ha/year) close of CONT system (434kg/ ha/ year) and higher than COMP120 (395 kg/ha/year) and COMP150 (394 kg/ha/year). The highest gross margin/ha was obtained in COMP90 (R\$ 608,98 ha/year) that was more than CONT (R\$493,5 ha/ year), COMP120 (R\$ 366,96 ha/year) and COMP150 (R\$ 304,23 ha/ year). However the risk analysis resulted in lower economic stability in CONT and COMP90 as the lowest risk of negative gross margin. The sensitivity analysis demonstrated that the variable with the most effect on gross margin were beef cattle, calf and corn prices. The use of compensatory growth can be a tool to reduce feeding costs in beef cattle systems however its effectiveness is influenced by the restriction period.

Keywords: compensation, compensatory gain, compensatory growth index, stochastic simulation.

1. Introdução

A pecuária de corte, assim como outros setores do agronegócio brasileiro, sofreu um processo de intensificação nas últimas décadas (Barretto et al., 2013). Tecnologias como suplementação alimentar estratégica, semi-confinamento, uso das misturas múltiplas, cruzamentos e novas variedades forrageiras promoveram aumento na produção animal (Latawiec et al., 2014). Entretanto, de modo geral, a maior adoção de tecnologias envolve aumento nos custos variáveis, principalmente naqueles relacionados com a alimentação animal (Oaigen et al. 2009).

A alimentação, excluindo-se a compra de animais, é o item com maior representatividade no custo operacional em um sistema de produção de recria e terminação (Lopes et al., 2013). Portanto, a redução nas despesas com nutrição é um fator crítico para a reposta econômica na atividade pecuária (Steinberg & Comerford, 2009). Neste sentido, a manipulação na taxa de crescimento do animal pode ser uma estratégia para a redução dos custos com a alimentação (Ashfield et al., 2014), até mesmo em sistemas de produção intensivos. A modificação no ritmo do ganho de peso pode ser explorada por meio do crescimento compensatório (Berge et al., 1991).

Esse fenômeno biológico é observado em animais que passaram por um período de restrição alimentar e quando realimentados adequadamente apresentam ganhos de peso superiores aos animais sem restrição (Hornick et al., 2000). Os estudos sobre crescimento compensatório são focados principalmente na busca do entendimento dos mecanismos fisiológicos envolvidos (Sainz et al., 1995), das mudanças na composição corporal (Berge et al., 1995) e das alterações hormonais (Ellenberger et al., 1989) que ocorrem após a restrição alimentar. Entretanto, poucos trabalhos avaliaram o efeito da resposta compensatória sobre o sistema de produção de bovinos. Além disso, é complexa a condução de experimentos que combinem diversos períodos, níveis de restrição e subseqüentes períodos de realimentação. Assim, alguns estudos foram conduzidos com o uso das ferramentas de simulação (Ashfield et al., 2014).

De modo geral, o Sistema de Apoio à decisão (SAD) é uma das ferramentas usada nos estudos de simulação (McCow et al., 2002). E mais recentemente, há inclusão nos SAD's de análises de sensibilidade (Villalba et al., 2010) e de risco (Gicheha et al., 2014) que permitem uma avaliação mais consistente do sistema produtivo. Assim, objetivou-se analisar, por meio da simulação, os efeitos do crescimento compensatório nos resultados bioeconômicos de sistemas de recria-terminação de bovinos de corte.

2. Material e Métodos

2.1. O modelo SAD

Por meio de simulação computacional foram avaliadas a produtividade e a resposta econômica de quatro sistemas de recria e terminação de bovinos de corte, caracterizados por diferentes períodos de restrição alimentar. As simulações foram realizadas usando um Sistema de Apoio a Decisão, desenvolvido por Canellas (2014). Este sistema está estruturado em um modelo determinístico e dinâmico, o qual é operado em uma planilha eletrônica do Microsoft Excel®. O SAD está dividido em três módulos: i) Sistemas de Alimentação Animal; ii) Desempenho Animal e iii) Resumo e Análise Econômica, os quais são interligados entre si.

O Módulo *Sistemas de Alimentação Animal* gerencia a alimentação, a carga animal utilizada e o custo operacional efetivo (COE) do sistema produtivo. O Módulo *Desempenho Animal* calcula o desempenho do indivíduo durante o ciclo de produção, desde o início da recria até o abate. O Módulo *Resumo e Análise Econômica* é uma simplificação dos resultados finais do sistema e reúne as principais informações de natureza produtiva e econômica geradas no SAD.

2.2. Descrição dos sistemas

Foram simulados quatro sistemas de recria-terminação de 250 machos castrados, com base a pasto e confinamento, que entraram no sistema com 200 kg e foram abatidos aos 460 kg. Todos os animais pertenciam ao grupo genético britânico e foram adquiridos aos sete meses de idade, no mês

de abril, por ocasião da realização de leilões de bezerros. Os sistemas foram simulados nas condições de produção do sul do Brasil, caracterizada por um clima Subtropical Úmido (Cfa), segundo a classificação de Köppen.

Os sistemas de produção simulados foram (Figura. 1):

i) *Sistema Contínuo (CONT)*: o ganho de peso foi mantido acima de 0,750 kg/dia desde o início da recria até a entrada no sistema de terminação, realizado em confinamento até o abate.

ii) *Sistema Compensatório 90 dias (COMP90)*: o ganho de peso foi restringido em 0,500 kg/dia, desde o início da recria, por um período de 90 dias. No período de realimentação receberam, durante 90 dias, um suplemento concentrado na base de 0,7% do peso vivo (PV). Posteriormente, permaneceram em pastagem natural melhorada por 90 dias para promover um ganho de peso similar ao CONT até a entrada no confinamento.

iii) *Sistema Compensatório 120 dias (COMP120)*: o ganho de peso foi restringido em 0,500 kg/dia, desde o início da recria, por um período de 120 dias. No período de realimentação receberam, durante 90 dias, um suplemento concentrado na base de 0,7% do PV. Posteriormente, permaneceram em pastagem natural melhorada por 60 dias para promover um ganho de peso similar ao CONT até a entrada no confinamento.

iv) *Sistema Compensatório 150 dias (COMP150)*: o ganho de peso foi restringido em 0,500 kg/dia, desde o início da recria, por um período de 150 dias. Durante a realimentação receberam, por 90 dias, um suplemento concentrado na base de 0,7% do PV. Posteriormente, permaneceram em pastagem natural melhorada por 30 dias para promover um ganho de peso similar ao CONT até a entrada no confinamento.

Sistemas	Variáveis	Período Experimental											
		abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar
CONT	Dieta	PNM+S						PNM			CONF		
	GMD (kg/d)	0,760			0,760			0,780			1,200		
COMP90	Dieta	PNM			PNM+S			PNM			CONF		
	GMD (kg/d)	0,500			0,850			0,780			1,200		
COMP120	Dieta	PNM				PNM+S			PNM		CONF		
	GMD (kg/d)	0,500				0,850			0,780		1,200		
COMP150	Dieta	PNM					PNM+S			PNM	CONF		
	GMD (kg/d)	0,500					0,850			0,780	1,200		



Figura 1. Ganho médio diário (GMD) e alimentação nos sistemas simulados. (PNM: Pastagem Natural Melhorada; PNM+S: Pastagem Natural Melhorada+Suplementação; CONF: Confinamento).

2.3. Taxas de ganho de peso, períodos de restrição e de realimentação

As taxas de ganho de peso durante os períodos de restrição e realimentação nos sistemas COMP90, COMP120 e COMP150 foram estabelecidas a partir dos resultados obtidos em uma busca criteriosa na literatura, por meio de uma revisão sistemática.

A seleção dos artigos foi realizada de acordo com os fatores que influenciam a capacidade de compensação dos bovinos, como idade e peso no início da restrição, raça, duração e severidade da restrição (Ryan et al., 1990; Berge et al., 1991). Assim, foram selecionados trabalhos em que os bezerros fossem pertencentes ao grupo genético britânico e no início da restrição tivessem: a) peso vivo de até 250 kg; b) idade entre sete a dez meses; c) taxa de ganho de peso superior a 0,400 kg/dia.

A partir dos resultados da revisão sistemática (Jones et al.1990; Wright et al., 1991; Carstens et al., 1991; Henricks et al.1994 e Connor et al., 2010) determinou-se que COMP90, COMP120 e COMP150 teriam uma restrição nutricional de 33%, a qual resultou em um ganho médio diário (GMD) de 0,500 kg/dia nesse período.

A taxa de compensação (TC) foi considerada como o ganho de peso adicional dos animais que tiveram restrição alimentar, em relação aos animais não restritos, durante o período de realimentação. Em nosso trabalho, a partir dos artigos selecionados na revisão sistemática, a TC foi arbitrada em 30%, sendo:

$$TC = \frac{GMD_{comp}}{GMD_{cont}} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

GMD_{comp} corresponde ao ganho médio diário durante o crescimento compensatório dos animais;

GMD_{cont} refere-se ao ganho de peso de animais sem restrição (grupo controle).

Estabeleceu-se que o GMD dos animais em CONT foi de 0,765 kg/dia, até a entrada no confinamento. De acordo com a TC, os animais em crescimento compensatório poderiam alcançar GMD de até 0,995 kg. Entretanto, durante o crescimento compensatório foi arbitrado GMD de 0,850 kg/dia para COMP, COMP120 e COMP150. Isso porque os animais permaneceram no mesmo recurso forrageiro que estavam durante a restrição e para promover o crescimento compensatório receberam a mesma suplementação que CONT.

2.4. Sistemas de Alimentação e Uso da Terra

Para atender as taxas de ganho de peso estabelecidas foram utilizados diferentes sistemas de alimentação. Em todos os sistemas simulados os animais permaneceram em pastagem natural melhorada (PNM), até entrada no confinamento. A correção do solo, adubação e introdução de espécies hibernais (como *Lolium multiflorum*, *Trifolium repens*) são práticas que constituem o melhoramento de pastagem natural (Nabinger et al., 2009). A PNM utilizada nos quatro sistemas foi descrita por Ferreira et al. (2011), assumiu-se a capacidade de suporte média de 340 kg de PV/ha durante o período de outono/inverno e 600kg/ha de PV/ha durante o período de primavera/verão. Todos os sistemas possuem área total de 180,0 hectares (ha), sendo 178,0 ha de PNM e 2,0 ha destinados ao confinamento.

O sistema CONT teve GMD acima de 0,750 kg/dia durante todo o período simulado. Para obter esse desempenho, os animais receberam suplementação de abril até o mês de setembro. Foram fornecidos 0,7% do PV de suplemento concentrado, com 18% de proteína bruta e constituído de grão de milho moído e farelo de soja (NRC, 1996).

Durante o período de restrição os animais de COMP90, COMP120 e COMP150 permaneceram em PNM sem suplementação. Durante os três primeiros meses de realimentação, que compreende ao crescimento compensatório (NRC,1996), os bezerros de COMP90, COMP120 e COMP150 receberam o mesmo nível de suplementação fornecida ao sistema CONT. Após esse período, os animais tiveram o mesmo sistema alimentar que o CONT.

Todos os animais tiveram terminação em sistema de confinamento. A dieta do confinamento dos quatro sistemas foi calculada para obtenção de um ganho médio diário de 1,5 kg/dia (NRC, 1996). O consumo de matéria seca foi fixado em 2,5% do PV e a composição da dieta está apresentada na tabela 1.

Tabela 1. Composição da dieta do confinamento em percentual da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT).

Itens	Quantidade
Silagem de Milho (% MS)	20,00
Milho em grão (% MS)	70,50
Farelo de Soja (% MS)	9,00
Núcleo Mineral (% MS)	0,50
PB (%)	12,80
NDT (%)	75,50

2.5. Custo operacional efetivo (COE)

Segundo a metodologia proposta pelo CEPEA & CNA (2006) o custo operacional efetivo refere-se a todos os gastos assumidos pelo sistema de produção ao longo de um ano e que serão utilizados neste mesmo intervalo de tempo. O COE foi composto por: suplementação, dieta do confinamento, mão-

de-obra, sanidade, melhoramento da pastagem natural (rateado em 5 anos) e aquisição do bezerro.

2.6. Saídas do SAD (Peso de Abate, Margem Bruta e Produtividade)

O peso de abate (PA) é o peso no qual os animais são comercializados para abate e foi arbitrado em 460 kg, conforme o mercado regional. A produtividade física (Pr) do sistema é quantificada como o total de quilos de peso vivo produzidos por hectare. A margem bruta (MB) é a diferença entre receita bruta (RB) e custo operacional efetivo (COE).

2.7. Índice de Crescimento Compensatório (ICC)

Após as simulações realizadas no modelo de Canellas (2014), calculou-se o índice de crescimento compensatório (ICC), conforme equação proposta por (Hornick et al, 2000), a qual indica o percentual de peso recuperado durante o ganho compensatório em relação à diferença de peso ocorrida durante a restrição nutricional.

$$ICC = \frac{A-B}{A} \quad (2)$$

Onde:

A é a diferença entre os animais com e sem restrição alimentar, no início da realimentação;

B é a diferença entre os animais com e sem crescimento compensatório no momento do abate dos animais sem restrição.

2.8. Análises de Risco e de Sensibilidade

Para as análises de risco e sensibilidade foi utilizado o método de simulação de Monte Carlo, por meio do programa @Risk (Palisade Corporation, 2015), o qual permite incorporar as probabilidades de ocorrência das variáveis. Em nosso trabalho, o risco avaliado foi atrelado à probabilidade de a margem bruta do sistema ser inferior à zero.

O modelo utilizado incorporou como variáveis aleatórias os principais componentes do COE que foram os preços de compra do farelo de soja, grão

de milho, silagem de milho, fertilizante, bezerro e sementes de azevém, (*Lolium multiflorum*) cornichão (*Lotus corniculatus*) e trevo-branco (*Trifolium repens*). Para a MB foi considerada apenas o preço de venda boi gordo. A determinação da distribuição de probabilidade de cada variável foi feita a partir das séries de preços de compra dos insumos e de venda do boi gordo. Para todas as séries foram coletados dados dos meses de janeiro e fevereiro, no período entre 2009 a 2015, exceto para o preço de compra do fertilizante e da semente de azevém, em que a coleta foi de 2006 a 2015.

Os preços de venda do boi gordo (R\$/kg) no momento da comercialização (fevereiro e março) foram obtidos no Informativo NESPRO & EMBRAPA Pecuária Sul (2015). A série de preços de compra do bezerro (R\$/kg), para os meses de abril e maio, foi fornecida por um escritório que realiza leilões na região. O custo do milho (R\$/kg), silagem de milho (R\$/kg), farelo de soja (R\$/kg), ureia (R\$/kg), e combustível (R\$/L) foram obtidos no CEPEA (2009-2015). As cotações do fertilizante (R\$/kg) e da semente de azevém (R\$/kg) foram coletadas junto a CONAB (2006-2015). Os preços das sementes de trevo-branco (R\$/kg) e cornichão (R\$/kg) foram fornecidos por uma empresa produtora de sementes forrageiras. As séries com valores dos insumos correspondem aos meses de janeiro e fevereiro, considerado o período de compra desses produtos. Os preços foram corrigidos pelo Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna (IGP-DI), com base em outubro de 2015.

O teste de ajuste foi aplicado para todas as variáveis aleatórias de entrada para avaliar a proximidade dos dados coletados com uma distribuição estatística específica (Webster, 2006). As distribuições de probabilidades das variáveis aleatórias (Tabela 2) foram escolhidas de acordo com critério estatístico *Akaike Information Criterion* (AIC). O número de iterações utilizadas para executar o modelo foi de 10.000 para cada simulação.

Tabela 2. Distribuições de probabilidade das variáveis aleatórias de entrada do modelo de simulação estocástica.

Variável aleatória	Distribuição de probabilidade
Preço de venda Boi Gordo (R\$/kg)	Pareto
Preço de compra Bezerro (R\$/kg)	Triangular
Farelo de Soja (R\$/kg)	Log-logística
Grão de milho (R\$/kg)	Beta
Silagem de milho (R\$/kg)	Triangular
Semente de aveia-preta (R\$/kg)	Uniforme
Semente de azevém (R\$/kg)	Uniforme
Semente de cornichão (R\$/kg)	Triangular
Semente de trevo-branco (R\$/kg)	Triangular
Ureia (R\$/kg)	Logística
Fertilizante (R\$/kg)	Triangular
Combustível (R\$/L)	Uniforme

3. Resultados e Discussão

A evolução do peso vivo nos quatro sistemas simulados demonstra que todos os animais atingiram o peso de abate de 460 kg antes do mês de abril (Figura 2), quando entram novos bezerros nos sistemas. O peso de abate foi alcançado em torno de 17 meses nos sistemas CONT e COMP90 e de 18 em COMP120 e COMP150. Entretanto, quando os novilhos do sistema CONT foram abatidos, os de COMP90, COMP120 e COMP150 apresentavam menor peso vivo e ainda insuficiente para o abate.

Assim, os sistemas com regime alimentar restrito necessitaram de maior período de engorda que CONT. Os animais de COMP90, COMP120 e COMP150 foram abatidos 12, 18 e 32 dias após CONT, respectivamente. Bezerros que durante 120 dias tiveram restrição de 38%, semelhante a do nosso trabalho (33%), permaneceram mais 26 dias em confinamento para alcançar o mesmo ponto de abate que os animais com ganhos de peso elevados (Hersom et al., 2004).

Embora os animais dos sistemas com alimentação restrita tenham permanecido por mais tempo no sistema (Tabela 3), somente COMP150 teve um custo operacional efetivo superior ao sistema CONT (Tabela 4). Esse

atraso representou um aumento de R\$ 61,51; 92,92 e 165,20 em COMP90, COMP120 e COMP150 nos custos relacionados com alimentação. Além disso, a comercialização de COMP120 e COMP150 coincidiu com um momento de queda do preço boi na região, o que impactou negativamente na receita bruta/cabeça.

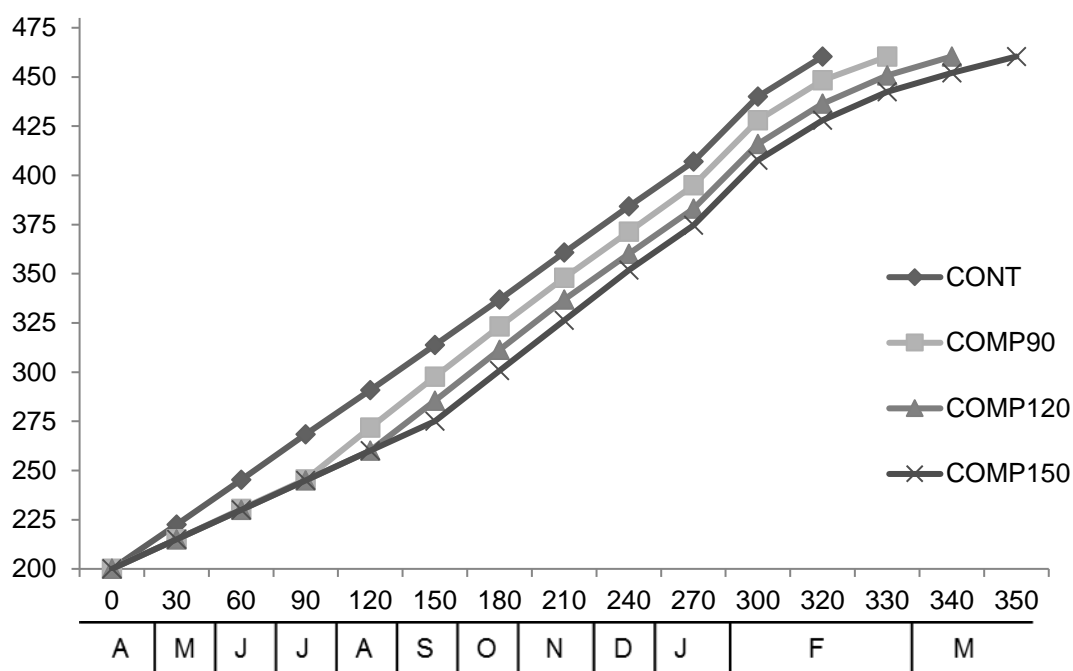


Figura 2. Simulação da evolução do peso vivo dos animais nos sistemas CONT, COMP90, COMP120 e COMP150.

O aumento na duração do período de terminação e consequentemente na idade de abate está relacionado com a compensação parcial (Alves et al., 2003), apresentada pelos animais (Tabela 3). O ICC foi de 51,1; 24,5 e 17,3% em COMP90, COMP120 e COMP150, respectivamente. A resposta compensatória diminuiu com o aumento no período de restrição nutricional. O ICC é dependente da severidade e da duração da restrição, do sexo e do genótipo do animal (Andersen et al., 2005). De acordo com Hornick et al. (2000), geralmente, os valores do ICC não atingem 100%, o que caracteriza uma compensação parcial.

A resposta compensatória em nosso trabalho provavelmente poderia ser aumentada, caso a severidade da restrição fosse menor, ou ainda se no período de realimentação os animais recebessem dieta com maior teor

energético. De acordo com Creighton et al. (2003), após a restrição alimentar os bovinos devem ter maior aporte energético ou pastagem de melhor qualidade para não comprometer a capacidade de compensação.

Tabela 3. Desempenho animal e dos sistemas simulados (GMD: Ganho Médio Diário, PA: Peso de Abate, ICC: Índice de Crescimento Compensatório, Pr: Produtividade)

Sistema	Peso de entrada (kg)	GMD* (kg/dia)	PA (kg)	ICC (%)	Idade de abate (dias)	Permanência no sistema (dias)	Pr (kg/ha/ano)
CONT	200	0,836	460,4	-	527	316	434,0
COMP90	200	0,789	460,5	51,1	539	329	434,2
COMP120	200	0,800	460,7	24,5	545	335	395,0
COMP150	200	0,775	461,1	17,3	559	349	394,0

*durante todo o período simulado

Blanco et al., (2012) observaram que bezerros da raça Pardo-Suíça, com 10 meses de idade, submetidos a restrição nutricional durante 118 dias, apresentaram índice de crescimento compensatório de 38%. O período de restrição foi semelhante ao de COMP120, mas a compensação foi maior que a de nossa simulação.

Embora durante o início da realimentação, os sistemas COMP90, COMP120 e COMP150 tenham GMD superiores ao CONT, esse aumento não foi suficiente para a compensação completa (Tabela 3). O maior ganho de peso durante o crescimento compensatório está relacionado com o aumento no consumo de matéria seca, diminuição da exigência de energia para manutenção e melhor conversão alimentar durante o período de realimentação (Sainz et al., 1995).

O sistema COMP90 teve maior compensação o que resultou também na maior Pr, que foi muito semelhante a de CONT e ambas foram maiores que a de COMP120 e de COMP150. As menores Pr de COMP120 e de COMP150 são resultado da baixa resposta compensatória desses sistemas. Caso tivessem alcançado o peso de abate juntamente com o sistema CONT e COMP90, as produtividades também seriam semelhantes. O desempenho

animal e a lotação têm influência direta sobre a produtividade (Mott, 1960). Em nosso estudo, os sistemas têm taxas de lotação similares, portanto, o GMD e a compensação são as principais variáveis que contribuem para os valores da Pr.

Todos os sistemas durante o regime de pastejo permaneceram em PNM e apresentaram valores de Pr superiores ao trabalho de Coelho Filho & Quadros (1995) realizado no sul do Brasil, que obtiveram 226 kg de PV/ha, apenas na estação fria. O aumento na produtividade é provavelmente resultado da maior intensificação dos sistemas, por meio da suplementação e do confinamento. De acordo com Greenquist et al., (2009) a suplementação pode contribuir para o aumento da carga animal, e conseqüentemente possibilitar maiores ganhos de Pr.

Os sistemas CONT e COMP90 obtiveram maior RB/cab em relação a COMP120 e COMP150 (Tabela 4). Em COMP120 e COMP150 a venda para abate foi realizada em março, mês que inicia uma queda no preço do quilograma do boi gordo na região do nosso estudo (Viana et al., 2015). A menor precificação obtida na comercialização dos animais desses sistemas resultou em menor RB/cab. Se os animais tivessem alcançado o peso de abate no mesmo mês que CONT, a MB/ha seria de R\$ 529,81 e 471,68 para COMP120 e COMP150, respectivamente. A baixa compensação de COMP120 e COMP150 impactou negativamente na receita bruta e conseqüentemente na margem bruta.

Tabela 4. Custos operacionais efetivos (COE), receita bruta (RB) e margem bruta (MB) nos sistemas simulados.

Sistema	Por animal (R\$/cab)			Por área (R\$/ha/ano)		
	RB	COE	MB	RB	COE	MB
CONT	2.304,00	2.000,36	303,64	3.840,00	3.333,93	506,07
COMP90	2303,30	1904,39	398,90	3.838,83	3.173,99	664,84
COMP120	2.210,40	1.952,82	257,58	3.349,09	2.958,82	390,27
COMP150	2.210,88	1.991,69	219,19	3.349,82	3.017,72	332,10

A menor MB/ha obtida por COMP150 em relação aos outros sistemas é resultado do maior tempo de permanência dos animais no período de engorda. Isso ocasionou aumento no custo operacional, principalmente nas

despesas relacionadas à alimentação. Em todos os sistemas a alimentação teve a maior representatividade nos custos, depois da aquisição do animal. As despesas com nutrição consistiram em 32,9; 30,5; 31,6 e 33,0% do COE em CONT, COMP90, COMP120 e COMP150 respectivamente. Em um sistema de produção de recria-engorda, com terminação em confinamento a nutrição pode representar 40% do custo operacional (Ferreira et al., 2009). O período de permanência adicional de COMP150 no sistema aumentou o dispêndio com alimentação e neutralizou tanto a economia realizada durante a restrição alimentar, quanto a maior eficiência ocorrida no crescimento compensatório.

COMP90 atingiu o peso de abate no mesmo mês que CONT, embora não tenha apresentado compensação total. Portanto, obteve o mesmo preço pelo quilograma do boi gordo que o sistema CONT, o que resultou em uma RB semelhante entre os dois sistemas. A principal razão para a diferença na MB entre CONT e COMP90 foi o maior uso de suplementação por CONT. O período de restrição alimentar de COMP90 proporcionou uma redução nas despesas com suplemento e conseqüentemente no COE/cab. White et al. (2010) em simulação sobre diferentes níveis de intensificação na Nova Zelândia, também concluíram que a alimentação suplementar foi o componente do custo variável que determinou a diferença nos resultados econômicos.

A simulação realizada considerou a comercialização dos animais com base no peso vivo. Entretanto, CONT poderia ter uma receita bruta maior se o sistema de venda fosse rendimento de carcaça quente, que remunera o produtor de acordo com esse parâmetro. Considerando o rendimento de carcaça hipotético de 50% para os bovinos de COMP90, os animais do CONT precisariam ter 51,5% para alcançar a mesma margem bruta/cab que o sistema COMP90.

Isso, porque o fenômeno biológico do ganho compensatório influencia a composição da carcaça. Embora tenham trabalhos que não verificaram diferenças no rendimento de carcaça entre bovinos com crescimento contínuo ou compensatório (Rompala et al., 1986), ou atribuíram essa diferença a dieta (Blanco et al, 2012), outros encontraram menor rendimento de carcaça em bovinos que tiveram crescimento compensatório (Carstens et al.,1991). Essa

divergência entre dados da literatura com relação à composição corporal foi reportada por Sainz et al. (1997) e Cartens et al. (1991), que atribuíram a severidade e duração da restrição.

Ashfield et al. (2014) realizou simulação do crescimento compensatório de bovinos, por meio do modelo Grange Dairy Beef Systems Model (GDBSM). Foram simuladas as respostas econômicas de três sistemas de bovinos com diferentes ganhos de peso (0,400; 0,600 e 0,800 kg/dia). Assim como em nosso trabalho, o sistema com restrição alimentar teve maior retorno econômico, devido à economia obtida com alimentação nos sistemas restritos.

O resultado da análise de risco para a MB/ha e de sensibilidade dos sistemas simulados estão nas figuras 3, 4 e 5. A análise conjunta dos indicadores produtivos e econômicos é extremamente importante para tomada de decisão, entretanto essa avaliação é mais consistente quando inclui a análise de risco (Pacheco et al., 2014).

Todos os sistemas simulados apresentaram alto risco, com mais de 50% de probabilidade de MB/ha ser menor que zero. A resposta econômica positiva em sistemas intensivos é altamente dependente dos preços dos insumos utilizados (concentrados, fertilizantes, sementes). O elevado risco dos sistemas, possivelmente, está associado à dependência de grãos durante as fases de suplementação e confinamento dos animais. Missio et al., (2009) observaram que o aumento do concentrado na dieta de bovinos em confinamento, diminuiu o retorno econômico no sistema. Portanto, há uma relação inversa entre o uso de insumos e o risco de resultado econômico negativo. Assim, quanto menor foi a utilização de confinamento e suplementação, maior foi a probabilidade de margem bruta positiva.

Tabela 5. Valores mínimos, médios e máximos para margem bruta/ha e medidas de dispersão e risco.

Sistema de Produção	Mínimo (R\$/ha/ano)	Máximo (R\$/ha/ano)	Média (R\$/ha/ano)	Desvio Padrão (R\$/ha/ano)	% MB>0	% MB<0
CONT	-1.186,22	781,86	-184,62	327,26	27,4	72,6
COMP90	-879,59	889,49	-11,94	321,55	48,3	51,7
COMP120	-1.346,84	842,56	-155,88	402,31	34,5	65,5
COMP150	-1.031,91	690,03	-155,83	332,86	30,6	69,4

Além disso, o milho foi o componente do COE com maior impacto sobre a MB/ha, quando desconsiderada a compra do bezerro (Figura 4). O mercado do milho é caracterizado pela elevada volatilidade, que se refere à taxa com a qual os preços mudam (representada por uma distribuição beta, Tabela 2). No agronegócio, a volatilidade dos preços é fundamental para a tomada de decisão e gestão de riscos (Taylor, 2005). Portanto, a volatilidade no preço do milho pode ter contribuído para o elevado risco nos sistemas simulados.

Com base na dispersão dos dados e nos valores máximos, médios e mínimos para a MB/ha (Tabela 5), as simulações indicaram o sistema COMP90 como o de menor risco para o indicador MB/ha. COMP90 obteve menor amplitude nos valores simulados em relação à média retratada no desvio padrão (R\$ 321,55). Entretanto, a probabilidade de retorno econômico negativo é de 51,7% nesse sistema. Todos os sistemas com crescimento compensatório obtiveram menor probabilidade de MB menor que zero em relação a CONT.

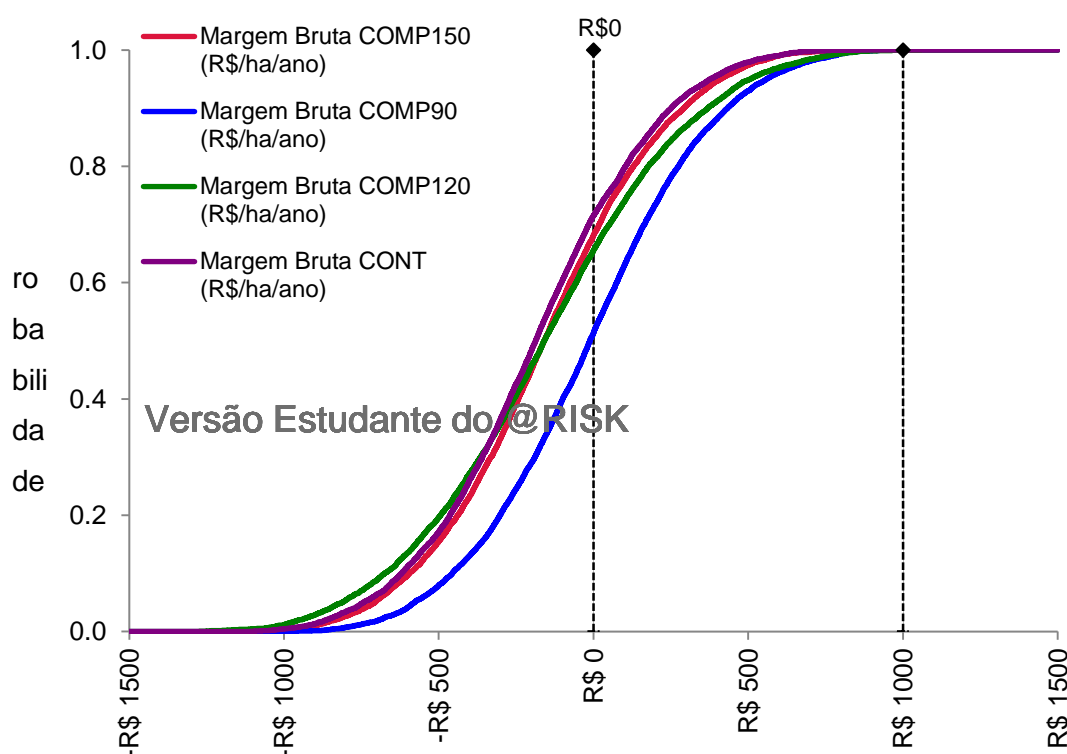


Figura 3. Distribuições das probabilidades cumulativas para margem bruta /ha

(MB/ha) para os sistemas simulados.

A abordagem determinística não contempla a condição de risco envolvida no agronegócio, portanto, seus resultados devem ser considerados com ressalvas (Gal, 2012). Na simulação do SAD (determinística) o sistema COMP150 apresentou a menor MB/ha (Tabela 6). Entretanto, na simulação estocástica, que permite incluir a probabilidade de distribuição das variáveis, o sistema menos estável economicamente foi CONT.

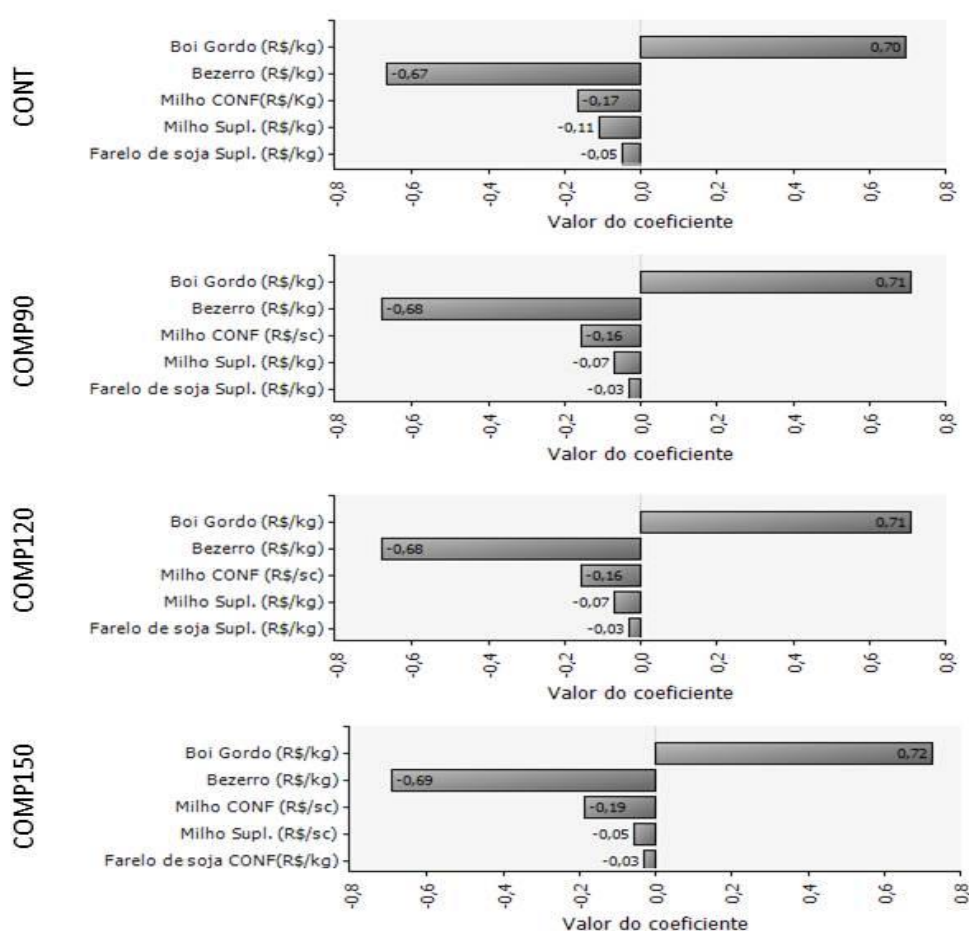


Figura 4. Diagrama de tornado para a margem bruta/ha (MB/ha) para os sistemas simulados, gerado pela análise de sensibilidade.

A figura 3 ordena as variáveis do modelo, de acordo com o maior impacto no resultado econômico dos sistemas. Para todos os sistemas o preço de venda do boi gordo foi o item com maior efeito sobre o valor da MB/ha, seguido pelo preço do bezerro. Em simulação de um sistema de recria e

engorda, Ashfield et al. (2014) fizeram uma análise de sensibilidade para margem, variaram o preço de três variáveis (boi, bezerro, suplementação e fertilizantes) e também concluíram que o preço do boi teve maior importância na resposta econômica do sistema produtivo, em relação aos outros itens.

O resultado da análise de sensibilidade para MB/ha demonstra a importância do momento de compra e venda dos animais para a viabilidade econômica do sistema produtivo. Por ser uma *commodity*, a cotação do boi gordo tem oscilação de acordo com a oferta e demanda dos mercados nacional e internacional. Entretanto, há nichos de mercado para a carne bovina (Weber et al., 2008), nos quais a diferenciação do produto pode garantir maior remuneração pelo boi gordo e consequente aumento na MB do sistema.

Os preços do boi gordo e do bezerro exercem grande influência no resultado econômico do sistema. Entretanto, as variáveis relacionadas com a alimentação são aquelas em que o pecuarista pode exercer maior controle, com a otimização no uso desses insumos. Diante disso, foi realizada uma análise de sensibilidade do COE sem incluir o custo do bezerro (Figura 5) e as variáveis com maior efeito sobre o COE foram aquelas relacionadas com a alimentação.

Em todos os sistemas, na nova análise a variável com maior impacto sobre o COE foi o milho usado no confinamento, seguido pelo milho usado na suplementação. Portanto, uma redução na quantidade utilizada desses itens contribui para uma redução no COE/ha e consequentemente aumento da MB/ha, como verificado no sistema COMP90. Assim, a restrição alimentar pode ser adotada como ferramenta de manejo nutricional para reduzir os custos com alimentação, principalmente em períodos de elevação dos preços de insumos.

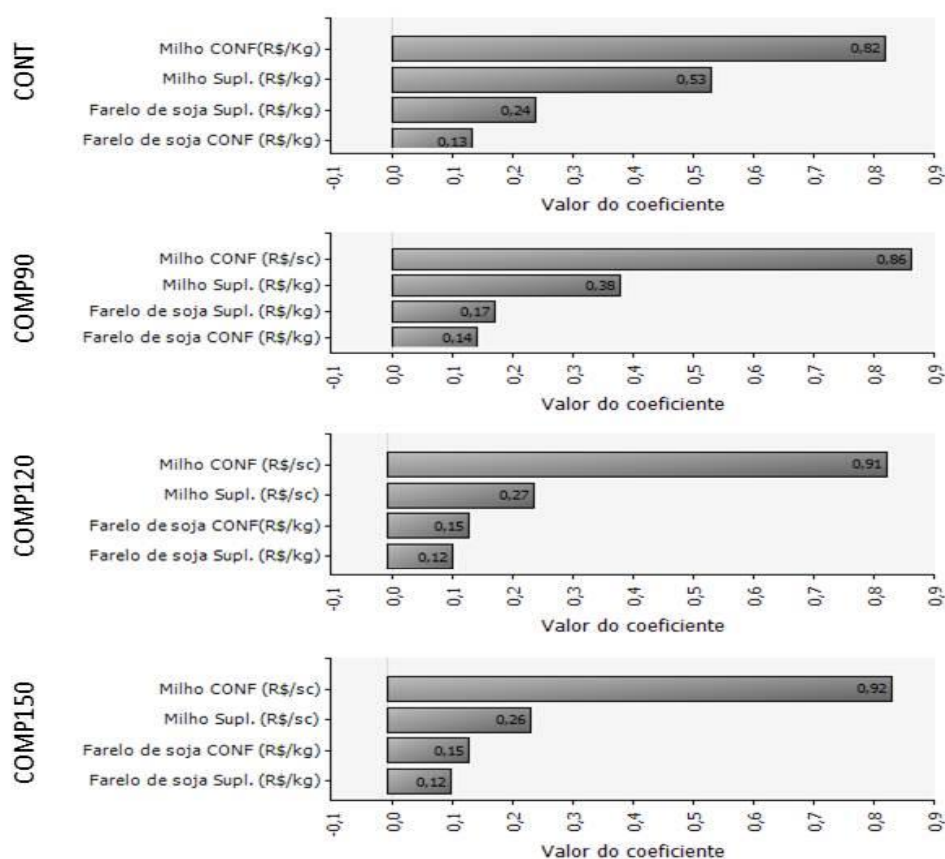


Figura 5. Diagrama de tornado para o custo operacional efetivo (COE), sem aquisição do bezerro, dos sistemas simulados gerado pela análise de sensibilidade.

4. Conclusões

O uso do crescimento compensatório é uma estratégia para redução de custos com alimentação em sistemas intensivos de recria e engorda de bovinos de corte e pode não comprometer a idade de abate. A restrição alimentar superior a 90 dias pode anular a redução de custos proporcionada pelo ganho compensatório. Embora os sistemas tenham proporcionado MB/ha positivas na simulação com o SAD, quando realizada a análise de risco verificou-se mais de 50% de probabilidade de a MB/ha ser menor que zero. A análise de sensibilidade demonstrou que o preço do boi gordo, do bezerro e do milho foram as variáveis com maior efeito sobre a margem bruta/ha.

5. Referências Bibliográficas

ALVES, D.D. Crescimento compensatório em bovinos de corte. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 98, p. 61-67, 2003

ANDERSEN, H. J. et al. Feeding and meat quality—a future approach. **Meat Science**, v.70, n.3, p.543-554, 2005.

ASHFIELD, A. et al. Bioeconomic modelling of compensatory growth for grass-based dairy calf-to-beef production systems. **The Journal of Agricultural Science**, v. 152, n. 05, p. 805-816, 2014.

BARRETTO, A.G. et al. Agricultural intensification in Brazil and its effects on land-use patterns: an analysis of the 1975–2006 period. **Global Change Biology**, v.19, p.1804–1815, 2013.

BERGE, P. Long-term effects of feeding during calthood on subsequent performance in beef cattle (a review). **Livestock Production Science**, v. 28, n. 3, p. 179-201, 1991.

BERGE, P.; GEAY, Y.; MICOL, D. Effect of feeds and growth rate during the growing phase on subsequent performance during the fattening period and carcass composition in young dairy breed bulls. **Livestock Production Science**, v. 28, n. 3, p.203-222, 1995.

BLANCO, M. et al. Effects of the forage content of the winter diet on the growth performance and carcass quality of steers finished on mountain pasture with a barley supplement. **Animal Production Science**, v.52, n.9, p. 823-831, 2012.

CANELLAS, L.C. Modelagem e simulação para análise de sistemas de recria-terminação de bovinos de corte, 2014. 104 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2014.

CARSTENS, G. E. et al. Physical and chemical components of the empty body during compensatory growth in beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 8, p. 3251-3264, 1991.

CENTRO DE ESTUDOS EM ECONOMIA APLICADA - CEPEA; CONFERAÇÃO DE AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL - CNA. [2006]. **Metodologia do índice de preços dos insumos utilizados na produção pecuária brasileira**. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/>. Acesso em: 02/09/2015.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - CEPEA. **Série de preços históricos do milho**. Disponível em: <http://cepea.esalq.usp.br/milho/#>. Acesso: 20/09/2015.

COELHO FILHO, R.C.; QUADROS, F.L.F. Produção animal em misturas forrageiras de estação fria sobressemeadas em pastagem natural. **Ciência Rural**, v.25, n.2, p.250-256, 1995.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Custo de produção da pecuária leiteira**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1559&t=2>. Acesso em: 21/09/2015.

CONNOR, E. E. et al. Enhanced mitochondrial complex gene function and reduced liver size may mediate improved feed efficiency of beef cattle during compensatory growth. **Functional & Integrative Genomics**, v.10, n.1, p.39-51, 2010.

CREIGHTON, K. W. et al.. Undegradable intake protein supplementation of compensating spring-born steers and summer-born steers during summer grazing. **Journal of Animal Science**, v.81, n.3, p.791-799, 2003.

ELLENBERGER, M. A. et al. F. Endocrine and metabolic changes during altered growth rates in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.67, n.6, p.1446-1454, 1989.

FERREIRA I.C. et al. Avaliação técnica e econômica de diferentes grupos genéticos de bovinos de corte machos superprecoces e o sistema de produção em confinamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.6, p.143- 250, 2009.

FERREIRA, E. T. et al. Fertilization and oversowing on natural grassland: effects on pasture characteristics and yearling steers performance. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 9, p. 2039-2047, 2011.

GAL, T. Efficiency Analysis Of Dairy Farms In The Northern Great Plain Region Using Deterministic And Stochastic Dea Models. **Applied Studies in Agribusiness and Commerce**, v.6,n.5, 2012.

GICHEHA, M. G. et al.Embedded risk management in dryland sheep systems II. Risk analysis. **Agricultural Systems**, v.124, p.1-11, 2014.

GREENQUIST, M.A. et al. Effects of nitrogen fertilization and dried distillers grains supplementation: Forage use and performance of yearling steers. **Journal of Animal Science**, v.87, n.11, p.3639-3646, 2009

HENRICKS, D. M. et al. Endocrine responses and body composition changes during feed restriction and realimentation in young bulls. **Journal of Animal Science**,v.72, n.9, 2289-2297,1994.

HERSOM, M. J. et al. Effect of live weight gain of steers during winter grazing: I. Feedlot performance, carcass characteristics, and body composition of beef steers. **Journal of Animal Science**, v.82, n.1, 262-272, 2004.

HORNICK, J. L et al. Mechanisms of reduced and compensatory growth. **Domestic Animal Endocrinology**, v.19, n. 2, p.121-132, 2000.

JONES, S. J. et al. Myofibrillar protein turnover in feed-restricted and realimented beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 68, n. 9, p. 2707-2715, 1990.

LATAWIEC, A. E. et al. Intensification of cattle ranching production systems: socioeconomic and environmental synergies and risks in Brazil. **Animal**, v.8, n.08, 1255-1263, 2014.

LOPES, M. A. et al. Análise econômica da terminação de bovinos de corte em confinamentos no estado de Minas Gerais: estudo de caso. **Revista Ceres**, v. 60, n. 4, p. 465-473, 2013.

MCCOWN, R.L. Changing systems for supporting farmers' decisions: problems, paradigms, and prospects. **Agricultural Systems**, v. 74, n. 1, p. 179-220, 2002

MISSIO, R. L. et al. Desempenho e avaliação econômica da terminação de tourinhos em confinamento alimentados com diferentes níveis de concentrado na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.7, 1309-1316, 2009.

MOTT, G.O. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: International Grassland Congress, 8., Reading, 1960. **Proceedings...** Reading, p.606-611, 1960.

NABINGER, C. et al. Produção animal com base na pastagem nativa: aplicações de resultados de pesquisa. In: PILLAR, V.P. et al. (eds.) **Campos Sulinos-conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, p. 175-197, 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirement of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 242p,1996

NÚCLEO DE ESTUDOS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE E CADEIA PRODUTIVA (NESPRO) & EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Informativo NESPRO & EMBRAPA - Pecuária Sul**. Bovinocultura de Corte no Rio Grande do Sul, v.2, n.1, 28p., 2015.

OAIGEN, R. P. et al. Análise da sensibilidade da metodologia dos centros de custos mediante a introdução de tecnologias em um sistema de produção de cria. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 6, p. 1155-1162, 2009.

PALISADE. 2014. Risk analysis using Monte Carlo simulation. Disponível em: www.palisade.com/risk/. Acesso em: 01/09/2015.

PACHECO, P.S. et al. Risk assessment of finishing beef cattle in feedlot: slaughter weights and correlation amongst input variables. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.43, n.2, p.92-99, 2014.

RYAN, W.J. Compensatory growth in cattle and sheep. **Livestock Feeds and Feeding**, v.60, n.9, p.653-664, 1990.

ROMPALA, R.E. et al. Feedlot performance and composition of gain in late-maturing steers exhibiting normal and compensatory growth. **Journal of Animal Science**, v. 61, n. 3, p. 637-646, 1985.

SAINZ, R. D.; DE LA TORRE, F.; OLTJEN, J. W. Compensatory growth and carcass quality in growth-restricted and refed beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 10, p. 2971-2979, 1995.

_____ & BENTLEY, B.E. Visceral organ mass and cellularity in growth-restricted and refed beef steers. **Journal of Animal Science**, v.75, n.5, p. 1229-1236, 1997

STEINBERG, E. L.; COMERFORD, J. W. Case Study: A survey of pasture-finished beef producers in the Northeastern United States. **The Professional Animal Scientist**, v. 25, n. 1, p. 104-108, 2009.

TAYLOR, S. **Asset price dynamics, volatility, and prediction**. Princeton University Press. 2005. p.1-12, 189-193.

VIANA, J.G.A. et al. Avaliação do Comportamento dos Preços da Pecuária de Corte do Rio Grande do Sul no Período 2000-2011. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 8, n. 3, p. 523, 2015.

VILLALBA, D. et al. Long-term stochastic simulation of mountain beef cattle herds under diverse management strategies. **Agricultural Systems**, v.103, n.4, p.210-220, 2010.

WEBER, K.; HEINZE, K. L.; DESOUCHEY, M. Forage for thought: Mobilizing codes in the movement for grass-fed meat and dairy products. **Administrative Science Quarterly**, v.53, n.3, p.529-567, 2008.

WHITE, T.A.A; SNOW, V.O.B; KING, W.MCG. Intensification of New Zealand beef farming systems. **Agricultural Systems**, v.103, n.1, p.21-35, 2010.

WRIGHT, I.A.; RUSSEL, A J.F. Changes in the body composition of beef cattle during compensatory growth. **Animal Production**, v.52, n.01, p. 105-113, 1991

CAPÍTULO III

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A grande maioria dos bovinos a pasto no Brasil apresenta desempenho animal variável, de acordo com a qualidade e quantidade das forrageiras disponíveis. Portanto, a taxa de ganho de peso acompanha a sazonalidade das pastagens. É extremamente importante que pecuaristas e técnicos saibam explorar essa oscilação do ganho de peso. Entretanto, o uso do crescimento compensatório deve ser feito de modo eficiente: i) sem comprometer o desempenho animal; ii) nem aumentar a idade de abate e iii) visando incrementar o retorno econômico. Afinal, condições severas de restrição podem ter efeitos indesejáveis, como redução do tamanho animal.

Embora se conheça a maior eficiência dos animais durante o período de compensação, a resposta compensatória ainda é difícil de modelar e simular com precisão. Isso dificulta a sua incorporação em ferramentas de apoio à decisão e também limita a análise econômica de sistemas de produção que exploram o crescimento compensatório. Entretanto, o SAD de Canellas (2014) permitiu incluir a taxa de compensação no modelo e se mostrou uma alternativa prática e viável para o uso e análise desse fenômeno biológico.

O uso do crescimento compensatório pode ser uma alternativa para diminuir os custos com alimentação em um sistema de produção de bovinos de corte. O manejo adequado da compensação permitiu, nesse trabalho, diminuir a quantidade de insumos com alimentação. Entretanto, o baixo valor de ICC (baixa compensação) pode impactar negativamente as respostas animal e econômica.

O presente trabalho trouxe resultados para bezerros, do grupo genético britânico. Entretanto é fundamental que novas simulações sejam realizadas com diferentes, categorias, idades, raças e níveis de restrição. As simulações seriam realizadas mais fácil e rapidamente se houvesse um aperfeiçoamento do modelo de Canellas (2014) que integrasse GMD, dieta e taxa de compensação. Assim

automaticamente seria calculado o desempenho animal durante o crescimento compensatório.

Além disso, determinou-se que o GMD foi igual durante o crescimento compensatório em todos os sistemas, entretanto sabe-se que a duração da restrição tem impacto sobre o desempenho animal posterior. Portanto, durante a realimentação, pode ter ocorrido uma subestimação do GMD de COMP120 e COMP150. Não variou-se o GMD devido a dificuldade em prever a resposta animal, de acordo com o nível e duração da restrição. Para contornar essas e outras dificuldades pretende-se em estudo futuro, a partir da revisão sistemática realizada nesse trabalho, fazer uma meta-análise sobre a taxa de compensação, de acordo com a severidade e a duração da restrição, isso garantirá maior precisão na simulação do crescimento compensatório.

Nesse trabalho, uma das dificuldades de simular o crescimento compensatório foi a nutrição prévia dos animais na entrada no sistema. Na simulação desconsiderou-se a alimentação anterior dos animais, entretanto o nível nutricional tem influência no ganho de peso. Por esse motivo, a simulação da resposta compensatória dos animais pode ser mais fácil de simular em sistema de ciclo completo, ou cria-recria.

O modelo de Canellas (2014) é determinístico, ou seja, gera resultados pontuais, como se fossem uma “foto” de determinado momento. Portanto, o uso de modelos estocásticos ou mistos (que englobam variáveis probabilísticas e não-probabilísticas) permitem uma avaliação mais consistente em médio e longo prazo, enquanto os modelos determinísticos são indicados para decisões com implicações a curto prazo.

A simulação probabilística (estocástica) é uma técnica que necessita de intenso uso computacional, principalmente de hardware. Para realizar a simulação estocástica (análise de risco e de sensibilidade) adaptou-se o modelo Canellas (2014), tornando-o mais

simples. Caso fossem realizadas as simulações estocásticas diretamente no modelo original, os requisitos de hardware seriam uma limitação para o trabalho.

Foi possível simular e analisar o efeito do crescimento compensatório em sistemas de recria e engorda de bovinos de corte. Entretanto, mais cenários precisam ser simulados para avaliar diferentes configurações de sistemas de produção e dietas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA, H.O.; FOX, D.G.; THONNEY, M. L. Compensatory gain by Holstein calves after underfeeding protein. **Journal of Animal Science**, v. 66, n. 10, p. 2687-2695, 1988.
- ALMEIDA, T.R.V. et al. Desempenho e tamanho de vísceras de cordeiros Santa Inês após ganho compensatório. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.3, p.616-621, 2011.
- ALVES, D.D. Crescimento compensatório em bovinos de corte. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 98, p. 61-67, 2003.
- ASHFIELD, A. et al. Bioeconomic modelling of compensatory growth for grass-based dairy calf-to-beef production systems. **The Journal of Agricultural Science**, v.152, n.05, p.805-816, 2014.
- BALDWIN, R. L. et al. Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre-and postweaning ruminant. **Journal of Dairy Science**, v. 87, p. E55-E65, 2004.
- BARCELLOS, J. O. J. et al. A bovinocultura de corte frente a agriculturização no sul do Brasil. In: CICLO DE ATUALIZAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA,11, 2004, Lages. **Anais....** Lages, 2004. p.13-30.
- _____; OIAGEN, R.; CHRISTOFARI, L.F. Gestão de tecnologias aplicadas na produção de carne bovina:pecuária de cria. **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**, v.15, n.1, p.23-32, 2007.
- _____ et al. Processos de intensificação dos sistemas de produção de carne bovina para o mercado. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE BUIATRÍA, 15,2011, Paysandu. **Anais...** Paysandu, 2011. 25p. Disponível em: <<http://centromedicoveterinariopaysandu.com/wpcontent/uploads/2014/08/Barcellos-et-al-2011.pdf>> Acesso em: 20 de setembro de 2015.
- BAWDEN, R. J. Systems thinking and practice in agricultures. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 7, p. 2362-2373, 1991.
- BAZERMAN, M.H; CHOORMAN, F.D. A limited rationality model of interlocking directorates. **The Academy of Management Review**, v.8, n.2, p. 206-217,1983.
- BEBE, B. O.; UDO, H. M. J.; THORPE, W. Development of smallholder dairy systems in the Kenya highlands. **Outlook on Agriculture**, v. 31, n. 2, p.113-120, 2002.

BERGE, P. Long-term effects of feeding during calthood on subsequent performance in beef cattle (a review). **Livestock Production Science**, v. 28, n. 3, p. 179-201, 1991.

CARDOSO, R.C. et al. Use of a stair-step compensatory gain nutritional regimen to program the onset of puberty in beef heifers. **Journal of Animal Science**, v.92, p. 2014-7713, 2014.

CARSTENS, G.E. et al. Physical and chemical components of the empty body during compensatory growth in beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 8, p. 3251-3264, 1991.

CARVALHO, P.C.F. et al. Manejo da Integração Lavoura Pecuária para a região de clima subtropical. In: Encontro Nacional de Plantio Direto na Palha, 2006, Uberaba. **Anais...** Uberaba: FEBRAPD, 2006. p.177 – 184, 2006.

_____ et al. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**,v. 88, n. 2, p. 259-273, 2010.

CASSAR-MALEK, I. et al. Influence of feeding level during postweaning growth on circulating concentrations of thyroid hormones and extrathyroidal 5'-deiodination in steers. **Journal of Animal Science**, v.79, n.10, p. 2679–2687, 2001.

CEOLIN, A. C et al. Sistemas de informação sob a perspectiva de custos na gestão da pecuária de corte gaúcha. **Custos e Agronegócio on-line**, v.4, 2008.

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**. 4 ed, Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2007.

CHRISTOFARI, L.F. et al. Efeitos do peso vivo sobre a comercialização de bezerros de corte em leilões. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 2, p. 419-428, 2010.

DROUILLARD, J. S. et al. Compensatory growth following metabolizable protein or energy restrictions in beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 2, p. 811-818, 1991.

EDWARDS, W.; DUFFY, P.; KAY, R. **Farm Management**. McGraw-Hill Higher Education. 2014.

ELLENBERGER, M. A. et al. Endocrine and metabolic changes during altered growth rates in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.67, n.6, p.1446-1454, 1989.

EUCLIDES FILHO, K.; EUCLIDES, V. P. B. Desenvolvimento recente da pecuária de corte brasileira e suas perspectivas. In: **Bovinocultura de Corte**, v. 1, p. 11-38, 2010.

FARIÑA, S.R. et al. An integrated assessment of business risk for pasture-based dairy farm systems intensification. **Agricultural Systems**, v.115, p.10-20, 2013.

FERRAZ, J.B.S.; FELÍCIO, P.E. Production systems: an example from Brazil. **Meat Science**, v.84, n.2, p. 238-243, 2010.

FERREIRA I.C. et al. Avaliação técnica e econômica de diferentes grupos genéticos de bovinos de corte machos superprecoces e o sistema de produção em confinamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.6, p.143- 250, 2009.

FERREIRA, E. T. et al. Fertilization and oversowing on natural grassland: effects on pasture characteristics and yearling steers performance. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 9, p. 2039-2047, 2011.

FOX, D.G. et al. Protein and energy utilization during compensatory growth in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.34, n.2, p.310-318, 1972.

FREER, M.; MOORE, A.D.; DONNELLY, J.R. GRAZPLAN: Decision support systems for Australian grazing enterprises—II. The animal biology model for feed intake, production and reproduction and the GrazFeed DSS. **Agricultural Systems**, v.54, n.1, p.77-126, 1997.

FRIZZO, A. et al. Produção de forragem e retorno econômico da pastagem de aveia e azevém sob pastejo com bezerras de corte submetidas a níveis de suplementação energética. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p. 632-642, 2003.

GASSON, R. Goals and values of farmers. **Journal of Agricultural Economics**, v. 24, n.3, p. 527, 1973.

GERBER, P.J. et al. Environmental impacts of beef production: Review of challenges and perspectives for durability. **Meat Science**, v. 109, n. 11, p. 2–12, 2015.

GONÇALVES, L.C. **Digestibilidade, composição corporal, exigências nutricionais e características das carcaças de zebuínos, taurinos e bubalinos**, 1988. 238p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

GOTTSCHELL, C. S. Avaliação do desempenho biológico de bovinos de corte terminados sobre pastagens de azevém (*Lolium multiflorum*) e milheto (*Pennisetum glaucum*). **Veterinária em Foco**, v.10, n.2, 2014.

GOUTTENOIRE, L.; COURNUT, S.; INGRAND, S. Modelling as a tool to redesign livestock farming systems: a literature review. **Animal**, v. 5, n. 12, p. 1957-1971, 2011.

GREENWOOD, P. L. et al. Consequences of nutrition and growth retardation early in life for growth and composition of cattle and eating quality of beef. **Recent Advances in Animal Nutrition in Australia**, v. 15, p. 183-195, 2005.

HADDADE, I. R. et al. Avaliação econômica sob condições de risco em sistema produtivo de gado de leite na região Norte do estado do Rio de Janeiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n. 3, p. 361-366, 2005.

HELLBRUGGE, C et al. Desempenho de bovinos de corte em pastagem de azevém (*Lolium multiflorum*) com ou sem suplementação energética. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, n.3, p.723-730, 2008.

HENRICKS, D. M. et al. Endocrine responses and body composition changes during feed restriction and realimentation in young bulls. **Journal of Animal Science**, v.72, n.9, 2289-2297, 1994.

HERRING, A. D. **Beef cattle production systems**. 1 ed., London: Cabi, 2014.

HOAG, D. L. **Applied risk management in agriculture**. 1 ed., Boca Raton: CRC Press, 2009.

HOCH, T.; AGABRIEL, J. A mechanistic dynamic model to estimate beef cattle growth and body composition: 1. Model description. **Agricultural Systems**, v. 81, n. 1, p. 1-15, 2004.

HOLTON, G. A. Defining risk. **Financial Analysts Journal**, v.60, n.6, p.19-25, 2004.

HORNICK, J. L. et al. Mechanisms of reduced and compensatory growth. **Domestic Animal Endocrinology**, v.19, n. 2, p.121-132, 2000

JACOBONI, C.; REGGIANI, L. The Monte Carlo method for the solution of charge transport in semiconductors with applications to covalent materials. **Reviews of Modern Physics**, v. 55, n. 3, p. 645-705, 1983.

LAWRENCE, T.L.J.; FOWLER, V.R.; NOVAKOFSKI, J. E. **Growth of farm animals**. 3 ed., Londres: CABI, 2012.

LOFGREEN, G.P.; GARRETT, W.N.A. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.27, n.3, p.793-806, 1968.

LONG, N.M. et al. Effects of nutrient restriction of bovine dams during early-gestation on postnatal growth and regulation of plasma glucose. **Journal of Animal Science**, v.88, n.10, p. 3262-3268, 2010.

LOPES, M.A. et al. Análise econômica da terminação de bovinos de corte em confinamentos no estado de Minas Gerais: estudo de caso. **Revista Ceres**, v. 60, n. 4, p. 465-473, 2013.

MACHADO, C. F.;BERGER, H. Uso de modelos de simulación para asistir decisiones en sistemas de producción de carne. **Revista Argentina de Producción Animal**, v. 32, n. 1, 2012.

MARTHA JR., G.B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Land-saving approaches and beef production growth in Brazil. **Agricultural Systems**, v. 110, p. 173-177, 2012.

MCCOWN, R.L. Changing systems for supporting farmers' decisions: problems, paradigms, and prospects. **Agricultural Systems**, v. 74, n. 1, p. 179-220, 2002.

MIGUEL, L.D.A. et al. Caracterização socioeconômica e produtiva da bovinocultura de corte no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Estudo & Debate**, v.14, p.95-125, 2007.

MILLEN, D. D. et al. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, v.87,n.10, p.3427-3439, 2009.

MINTZBERG, H.; RAISINGHANI, D.; THEORET, A. The structure of "unstructured" decision processes. **Administrative Science Quarterly**, v.21, n.2, p. 246-275,1976.

MOOJEN, E.L.; MARASCHIN, G.E. Potencial produtivo de uma pastagem nativa do Rio Grande do Sul submetida a níveis de oferta de forragem. **Ciência Rural**, v.32, n.1, p.127-132, 2002.

MORAES, A. et al. Integrated crop–livestock systems in the Brazilian subtropics. **European Journal of Agronomy**, v.57, p. 4-9, 2014.

NABINGER, C.; CARVALHO, P.C.F. Ecofisiología de sistemas pastoriles: aplicaciones para su sustentabilidad. **Agrociencia**, v.13, n.3, p.18-27, 2009.

_____; et al. Produção animal com base na pastagem nativa: aplicações de resultados de pesquisa. In: PILLAR, V.P. et al. (eds.) **Campos Sulinos-conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, p. 175-197, 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirement of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press,1996.

NETO, S.G. et al. Feed Restriction and Compensatory Growth in Guzará Females. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v. 24, p.791-799, 2011.

NEWMAN, S. et al. HotCross-A decision support aid for crossbreeding beef cattle in tropical and subtropical environments.. **Advancement of Animal Breeding and Genetics**, v.12, p. 400-403, 1997.

NICOL, A.M.; KITESSA, S.M. Compensatory growth in cattle. In: **Proceedings Of The New Zealand Society Of Animal Production**, 1995. Conference... New Zealand: Otago University, 55, 157-160,1995.

NIELSEN, B. K.; KRISTENSEN, A.R.; THAMSBORG, S.M. Optimal decisions in organic steer production – a model including winter feed level, grazing strategy and slaughtering policy. **Livestock Production Science**, v. 88, p. 239–250, 2004.

NUTHALL, P. L. The intuitive world of farmers—the case of grazing management systems and experts. **Agricultural Systems**, v. 107, p. 65-73, 2012.

OWENS, F et al. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 11, p. 3138-3150, 1993.

PANG, H et al. Structure of a dynamic simulation model for beef cattle production systems. **Canadian Journal of Animal Science**, v.79, n.4, p.409-417, 1999.

PAULINO, P.V.R ; DUARTE, M.S. **Brazilian beef production**. In: COTLLE D.; KAHN, L. (eds.) Beef Cattle Production and Trade. Australia: CSIRO, p. 107-120, 2014.

POWER, Daniel J. Decision support systems: a historical overview. In: **Handbook on Decision Support Systems**. Springer Berlin Heidelberg, p. 121-140. 2008.

RENAVILLE, R. et al. Feed restriction in young bulls alters the onset of puberty in relationship with plasma insulin-like growth factor-I (IGF-I) and IGF-binding proteins. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 18, n. 2, p. 165-176, 2000.

ROBINSON, D.L.; CAFE, L. M.; GREENWOOD, P.L. Developmental programming in cattle: Consequences for growth, efficiency, carcass, muscle and beef quality characteristics. **Journal of Animal Science**, v. p. 2012-5799, 2012.

ROMEIRO, V.M.B. **Gestão da pequena unidade de produção familiar de citros**: uma análise dos fatores influentes no sucesso do empreendimento do ponto de vista do produtor de Bebedouro (SP). 2002. 242 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção,

Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2002.

ROMPALA, R.E. et al. Feedlot performance and composition of gain in late-maturing steers exhibiting normal and compensatory growth. **Journal of Animal Science**, v. 61, n. 3, p. 637-646, 1985.

RYAN, W.J. Compensatory growth in cattle and sheep. **Livestock Feeds and Feeding**, v.60, n.9, p.653-664, 1990.

_____.; WILLIAMS, I.H.; MOIR, R.J. Compensatory growth in sheep and cattle. 1. Growth pattern and feed intake. **Crop and Pasture Science**, v. 44, n. 7, p. 1609-1621, 1993.

SAINZ, R.D.; DE LA TORRE, F.; OLTJEN, J.W. Compensatory growth and carcass quality in growth-restricted and refeed beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 10, p. 2971-2979, 1995.

_____ & BENTLEY, B.E. Visceral organ mass and cellularity in growth-restricted and refeed beef steers. **Journal of Animal Science**, v.75, n.5, p. 1229-1236, 1997.

SALMAN, A. K.D.; COST, R.B.; GIACHETTO, F.P. Gene da Leptina em ruminantes. REDVET. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.9, n.12, p.0, 2007.

SCHIERE J.B; KATER L. **Mixed crop-livestock farming: a review of traditional technologies based on literature and field experience**. FAO Animal Production and Health Paper, n. 152. FAO, Rome, 2001.

SCHOUCHANA, F; SHENG, H.H.; DECOTELLI C.A. **Gestão de riscos no agronegócio**. 1 ed., Rio de Janeiro: Editora FGV, 2013.

SERÉ, C.; STEINFELD, H.; GROENEWOLD, J. World livestock production systems: current status, issues and trends. In: **Consultation on Global Agenda for Livestock Research**, Nairobi (Kenya), 18-20 Jan 1995. ILRI, 1995.

SILVA, A.C.F. et al. Recria de terneiros de corte em pastagem de estação fria sob níveis de biomassa de folhas verdes: economicidade e eficiência alimentar. **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 1903-1907, 2004.

SØRENSEN, C.G. et al. Functional requirements for a future farm management information system. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.76, n. 2, p. 266-276, 2011.

STEINFELD, H.; WASSENAAR, T.; JUTZI, S. Livestock production systems in developing countries: status, drivers, trends. **Revue Scientifique et Technique**, v. 2, n.2, p. 505-516, 2006.

STERMAN, J.D. System Dynamics Modeling. **California Management Review**, v.43, n. 4, p.8-25, 2001.

TOLLA, N.; MIRKENA, T.; YIMEGNUHAL, A. Effect of feed restriction on compensatory growth of Arsi (*Bos indicus*) bulls. **Animal Feed Science and Technology**, v. 103, n. 1, p. 29-39, 2003.

TURBAN, E.; VOLONINO, L. **Tecnologia da Informação para Gestão: Em Busca de um Melhor Desempenho Estratégico e Operacional**. 8 ed., Porto Alegre: Bookman Editora, 2013.

TVERSKY, A.; KAHNEMAN, D. Availability: A heuristic for judging frequency and probability. **Cognitive Psychology**, v.5, n.2, p.207-232, 1973.

VILLALBA, D et al. Long-term stochastic simulation of mountain beef cattle herds under diverse management strategies. **Agricultural Systems**, v.103, n.4, p.210-220, 2010.

WENKEL, K.O et al. LandCaRe DSS- An interactive decision support system for climate change impact assessment and the analysis of potential agricultural land use adaptation strategies. **Journal of Environmental Management**, v.127, p.168-183, 2013.

WHITE, T.A.A.; SNOW, V.O.B; KING, W.M.C.G. Intensification of New Zealand beef farming systems. **Agricultural Systems**, v.103, n.1, p.21-35, 2010.

WILSON, P.N.; OSBOURN, D.F. Compensatory growth after undernutrition in mammals and birds. **Biological Reviews**, v.35, n.3, p. 324-361, 1960.

XIE, Y.; KINIRY, J. R.; WILLIAMS, J.R. The ALMANAC model's sensitivity to input variables. **Agricultural Systems**, v. 78, n. 1, p. 1-16, 2003.

7. VITA

Rúbia Branco Lopes é brasileira, nascida em São Francisco de Paula (RS), no dia treze de julho de 1990, filha de Régia Teixeira Branco e Júlio Cesar Lopes dos Reis.

Iniciou o ensino fundamental na Escola José de Alencar em São Francisco de Paula (RS) e cursou o quarto ano na Escola 10 de Setembro em Dois Irmãos (RS). Concluiu o ensino fundamental e permaneceu todo o ensino médio no Colégio Marista Maria Imaculada, em Canela (RS).

Em 2009 ingressou no Curso de Agronomia da Universidade Federal do Rio grande do Sul (UFRGS), em Porto Alegre (RS) e graduou-se em janeiro de 2013. Foi Bolsista de Iniciação Científica e Iniciação Tecnológica, ambas sob orientação do Professor Júlio Otávio Jardim Barcellos.

Em dezembro de 2013 foi aprovada no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, vinculado à Faculdade de Agronomia da UFRGS, sob orientação do Professor Júlio Otávio Jardim Barcellos e obteve bolsa da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS).