

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

U LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA



EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO HIDROPÓNICA NA FERTILIDADE, CONDIÇÃO CORPORAL
E PESO DE NOVILHAS SUJEITAS A INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL A TEMPO FIXO

LUÍS AFONSO GARCIA CID TELES BRITO

ORIENTADORA:
Dra. Helena Isabel Serrano Leão
COORIENTADOR:
Doutor João Nestor das Chagas e Silva

2024

UNIVERSIDADE DE LISBOA

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA



UNIVERSIDADE
DE LISBOA



EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO HIDROPÓNICA NA FERTILIDADE, CONDIÇÃO CORPORAL
E PESO DE NOVILHAS SUJEITAS A INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL A TEMPO FIXO

LUÍS AFONSO GARCIA CID TELES BRITO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

JÚRI

PRESIDENTE:

Doutor Rui José Branquinho de Bessa

VOGAIS:

Doutora Ana Catarina Belejo Móra Torres

Dra. Helena Isabel Serrano Leão

ORIENTADORA:

Dra. Helena Isabel Serrano Leão

COORIENTADOR:

Doutor João Nestor das Chagas e Silva

2024

DECLARAÇÃO RELATIVA ÀS CONDIÇÕES DE REPRODUÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Nome: Luís Afonso Garcia Cid Teles Brito

Título da Tese ou Dissertação: EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO HIDROPÓNICA NA FERTILIDADE, CONDIÇÃO CORPORAL E PESO DE NOVILHAS SUJEITAS A INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL A TEMPO FIXO

Ano de conclusão (indicar o da data da realização das provas públicas):

2024

Designação do curso de Mestrado ou de Doutoramento:

Mestrado Integrado em Medicina Veterinária

Área científica em que melhor se enquadra (assinale uma):

- Clínica Produção Animal e Segurança Alimentar
 Morfologia e Função Sanidade Animal

Declaro sobre compromisso de honra que a tese ou dissertação agora entregue corresponde à que foi aprovada pelo júri constituído pela Faculdade de Medicina Veterinária da ULISBOA.

Declaro que concedo à Faculdade de Medicina Veterinária e aos seus agentes uma licença não-exclusiva para arquivar e tornar acessível, nomeadamente através do seu repositório institucional, nas condições abaixo indicadas, a minha tese ou dissertação, no todo ou em parte, em suporte digital.

Declaro que autorizo a Faculdade de Medicina Veterinária a arquivar mais de uma cópia da tese ou dissertação e a, sem alterar o seu conteúdo, converter o documento entregue, para qualquer formato de ficheiro, meio ou suporte, para efeitos de preservação e acesso.

Retenho todos os direitos de autor relativos à tese ou dissertação, e o direito de a usar em trabalhos futuros (como artigos ou livros).

Concordo que a minha tese ou dissertação seja colocada no repositório da Faculdade de Medicina Veterinária com o seguinte estatuto (assinale um):

- Disponibilização imediata do conjunto do trabalho para acesso mundial;
- Disponibilização do conjunto do trabalho para acesso exclusivo na Faculdade de Medicina Veterinária durante o período de 6 meses, 12 meses, sendo que após o tempo assinalado autorizo o acesso mundial*;

* Indique o motivo do embargo (OBRIGATÓRIO)

Nos exemplares das dissertações de mestrado ou teses de doutoramento entregues para a prestação de provas na Universidade e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito na Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa deve constar uma das seguintes declarações (incluir apenas uma das três):

- É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE/TRABALHO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.
- É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA TESE/TRABALHO (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.) APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.
- DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.) NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO.

Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa, 29 de novembro de 2024

Assinatura: Luís Cid Brito

Agradecimentos

Com o terminar do meu percurso académico, gostaria de agradecer a todos os que estiverem presentes nesta etapa e que contribuíram para a minha formação pessoal e académica.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao meu coorientador, o Professor João Nestor que foi fundamental para a realização desta dissertação. Por todo o apoio, ensinamentos e paciência, o meu muito obrigado.

À Dra. Helena Leão e a toda a equipa da PortugalRural, em especial à Joelma e ao Valter, pela disponibilidade, carinho e amizade.

Agradeço a toda a equipa do Barrowside Veterinary Hospital, por me terem feito sentir em casa e por me terem proporcionado uma experiência profissional e pessoal única. Agradeço em especial ao meu grande amigo Afonso Neves por ter feito tudo o que estava ao seu alcance para que eu tivesse uma experiência memorável na Irlanda.

Às amigas que encontrei na faculdade, em especial ao João e ao Chico, por todas os momentos, por terem sempre as palavras certas e por me meterem juízo.

Ao António que, com o seu feitio ímpar, sempre soube fazer jus à palavra amigo.

À Raquel, pela amizade e carinho, ao longo destes anos.

À Quinta da Coitena, aos meus animais e aos meus cães, Soja, Luna e Rex, por me motivarem a saber e a fazer mais e melhor.

À Barbara, pela companhia, pelas palhaçadas, conselhos e por ser família.

Aos meus irmãos, Manel, João e Carlota, por quererem o melhor de mim, por me socorrerem sempre que preciso e por saber que estarão sempre presentes.

Ao meu avô Carlos que, para além de ser avô, é um amigo e uma referência. Obrigado por me ouvir e acreditar nas minhas ideias e pelas palavras de animo e solidariedade mesmo quando tudo parece correr mal.

Aos meus pais, pelos valores que me transmitiram, pela ética no trabalho e na vida, por acreditarem nos meus sonhos e por nunca desistirem de mim. Ficarei eternamente grato.

Efeito da Suplementação Hidropónica na Fertilidade, Condição Corporal e Peso de Novilhas Sujeitas a Inseminação Artificial a Tempo Fixo

Resumo

A produção animal contribui 14,5% para as emissões antropogénicas globais de gases de efeito estufa (GEE). As mudanças dos padrões climáticos apontam para uma diminuição da precipitação e um aumento da temperatura média em Portugal. A produção de forragem verde hidropónica (FVH) tem ganho algum destaque em regiões áridas e semiáridas. A nutrição animal apresenta um forte impacto na fertilidade. O objetivo do presente trabalho experimental consistiu em comparar o efeito de duas dietas, com e sem suplementação hidropónica, na fertilidade, CC e peso de novilhas sujeitas a IATF. Deste modo, foram selecionadas 52 novilhas virgens e formados dois grupos: um grupo Controlo (dieta base, n=20) e um grupo Experimental (dieta base suplementada com FVH, n=32), tendo as fêmeas ingerido estas dietas durante um período de doze semanas. Na Análise experimental I, foi avaliado o efeito da suplementação da FVH na fertilidade. A taxa de conceção foi superior no grupo Controlo (33,3% vs 28,1%; controlo vs experimental), apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas entre ambos ($p>0.05$). Em relação ao sucesso da IATF em função do peso vivo, no grupo Controlo verificou-se uma relação negativa entre as variáveis ($p=0,010$), enquanto no Experimental não se registou qualquer relação significativa entre as mesmas ($p=0,056$). A taxa de gestação por cobrição às quatro semanas após a entrada dos touros foi maior no grupo Experimental (82,6% vs 51,7%; experimental vs controlo), e a precocidade da gestação foi 69% mais elevada no grupo Experimental, apesar desta diferença não ter sido significativa ($p>0,05$). Foi ainda analisado o sucesso da IATF em função da resposta positiva do EstroTECT™, tendo-se obtido um maior valor no grupo Controlo (41,7% vs 31%; controlo vs experimental), apesar de não haver uma diferença significativa ($p>0,05$). Na análise experimental II, foi avaliado o efeito das dietas controlo e experimental na evolução da condição corporal (CC), não se tendo registado diferenças significativas entre as duas dietas ($p >0,05$). Na análise experimental III, foi avaliado o efeito das dietas controlo e experimental sobre o peso vivo das novilhas e, mais uma vez, não se verificou a existência de qualquer diferença significativa entre os dois grupos ($p>0,05$).

Em conclusão, estes resultados indicam que nas condições do presente ensaio não se registaram diferenças significativas na fertilidade, CC e peso de novilhas suplementadas com FVH comparativamente a uma dieta padrão. No entanto, serão necessários mais estudos, com uma amostra maior, no sentido de comprovar os resultados agora apresentados.

Palavras-chave: Hidroponia; Fertilidade; Condição Corporal; Peso; Protocolos.

Effect of Hydroponic Supplementation on the Fertility, Body Condition and Weight of Heifers Submitted to Fixed Time Artificial Insemination

Abstract

Livestock production contributes 14.5% to global anthropogenic greenhouse gas (GHG) emissions. Changes in climate patterns point to a decrease in rainfall and an increase in average temperature in Portugal. The production of hydroponic green fodder (HGF) has gained some prominence in arid and semi-arid regions. Animal nutrition has a strong impact on fertility. The aim of this experimental study was to compare the effect of two diets, with and without hydroponic supplementation, on the fertility, body condition and weight of heifers subjected to FTAI. Thus, 52 virgin heifers were selected, and two groups were formed: a Control group (base diet, n=20) and an Experimental group (base diet supplemented with HGF, n=32), with the females eating these diets for a period of twelve weeks. In Experimental Analysis I, the effect of HGF supplementation on fertility was assessed. The conception rate was higher in the Control group (33.3% vs 28.1%; control vs experimental), although no significant differences were found between the two ($p>0.05$). About the success of FTAI as a function of live weight, in the Control group there was a negative relationship between the variables ($p=0.010$), while in the Experimental group there was no significant relationship between them ($p=0.056$). The pregnancy rate by mating at four weeks after the bulls were brought in was higher in the Experimental group (82.6% vs 51.7%; experimental vs control), and early pregnancy was 69% higher in the Experimental group, although this difference was not significant ($p>0.05$). The success of the FTAI was also analysed according to the positive response of Estrotect™, and a higher value was obtained in the Control group (41.7% vs 31%; control vs experimental), although there was no significant difference ($p>0.05$). In experimental analysis II, the effect of the control and experimental diets on the evolution of body condition (BC) was evaluated, and there were no significant differences between the two diets ($p>0.05$). In experimental analysis III, the effect of the control and experimental diets on the live weight of the heifers was evaluated and, once again, there was no significant difference between the two groups ($p>0.05$).

In conclusion, the results indicate that under the conditions of this trial there were no significant differences in the fertility, body condition and weight of heifers supplemented with FVH compared to a standard diet. However, further studies with a larger sample will be necessary to confirm these results.

Keywords: Hydroponics; Fertility; Body Condition; Weight; Protocols.

Índice Geral

Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Abstract	v
Lista de Abreviaturas	ix
Lista de Tabelas	xi
1 Relatório de Estágio	1
1.1 Estágio Curricular	1
1.2 Estágios Extracurriculares	2
2 Revisão Bibliográfica	3
2.1 Consumo Mundial de Produtos de Origem Animal	3
2.2 Consumo de Carne Bovina e Perceção dos Consumidores	3
2.3 Impacto da Produção Animal nos Ecossistemas e as Emissões de Gases com Efeito de Estufa	3
2.4 Padrões Climáticos Futuros em Portugal	4
2.4.1 Precipitação	4
2.4.2 Temperatura	4
2.5 Alternativas Alimentares na Produção Animal - Forragem Verde Hidropónica (FVH) 4	
2.5.1 Processo Produtivo de FVH	5
2.5.2 Efeito da Germinação dos Cereais Sobre os Parâmetros Nutricionais	5
2.5.2.1 Alterações das Proteínas	5
2.5.2.2 Alterações dos Hidratos de Carbono	6
2.5.2.3 Alterações dos Lípidos	7
2.5.2.4 Alterações dos Minerais	7
2.5.2.5 Alterações das Vitaminas	7
2.5.2.6 Alterações da Matéria Seca	7
2.5.2.7 Alterações de Fatores Anti Nutricionais	7
2.6 Fisiologia Reprodutiva da Fêmea Bovina	8
2.6.1 Dinâmica Folicular Ovária	10
2.7 Início da Puberdade em Novilhas	10
2.8 Fatores que Influenciam a Idade à Puberdade	11
2.8.1 Peso e Condição Corporal	12
2.8.2 Raça	12
2.8.3 Nutrição	12
2.8.4 Circunferência Escrotal do Touro	13
2.9 Principais Parâmetros Produtivos em Bovinos	13
2.9.1 Intervalo Entre Partos	13

2.9.2	Intervalo Parto - 1º Serviço	14
2.9.3	Taxa de Submissão.....	14
2.9.4	Taxa de Concepção.....	14
2.9.5	Idade ao Primeiro Parto.....	14
2.9.6	Taxa de Fertilidade Anual.....	15
2.9.7	Taxa de Abortos	15
2.9.8	Taxa de Refugo	15
2.9.9	Taxa de Mortalidade dos Vitelos.....	15
2.10	Controlo Farmacológico do Ciclo Éstrico.....	15
2.10.1	Gonadoliberina (GnRH) e seus Análogos	16
2.10.2	Prostaglandina F2 α (PGF _{2α}) e seus Análogos.....	16
2.10.3	Progesterona (P ₄) e seus Análogos.....	17
2.10.4	Dispositivos Intravaginais de Progesterona.....	18
2.11	Protocolos de Sincronização da Ovulação	18
2.11.1	Protocolo Ovsynch.....	19
2.11.2	Modificações ao Protocolo Ovsynch.....	19
2.11.2.1	Protocolo Co-sincronização (CO-Synch)	19
2.11.2.2	Protocolo de Pré-sincronização (Presynch).....	20
2.11.2.3	Protocolo G6G.....	20
2.11.2.4	Protocolo Double-Ovsynch	21
2.11.2.5	Protocolo Ovsynch com Suplementação de Progesterona	21
2.12	Inseminação Artificial (IA)	22
2.12.1	Maneio do Contentor de Sêmen	23
2.12.2	Armazenamento de Sêmen Congelado.....	24
2.12.3	Descongelamento do Sêmen.....	25
2.12.4	Técnica de Inseminação.....	25
2.12.5	Momento da Inseminação	28
2.13	Necessidades Nutricionais em Bovinos de Carne	28
2.13.1	Classificação da Condição Corporal (CC).....	29
2.13.2	Condição Corporal Ideal.....	30
2.14	Fatores que Influenciam o Desempenho Reprodutivo da Fêmea Bovina..	30
2.14.1	Condição Corporal e Reservas Corporais	30
2.14.2	Fatores Ambientais.....	32
2.14.3	Metrite, Endometrite, Piómetra e Retenção das Membranas Fetais.....	32
3	Trabalho Experimental.....	33
3.1	Objetivos	33
3.2	Material e Métodos.....	33

3.3	Animais.....	34
3.4	Manejo Reprodutivo	36
3.5	Regime Alimentar	37
3.5.1	Manejo Alimentar.....	38
3.6	Parâmetros Avaliados no Estudo	39
3.7	Análise Estatística	39
3.7.1	Análise Experimental I - Efeito da Suplementação da FVH na Fertilidade	40
3.7.1.1	Resultados.....	40
3.7.1.1.1	Taxa de Concepção	40
3.7.1.1.2	Taxa de Gestação	42
3.7.1.1.3	Sucesso da IATF nas Novilhas com EstroTECT™ Positivo	42
3.7.2	Análise Experimental II- Efeito das dietas Controlo e Experimental na Condição Corporal.....	42
3.7.2.1	Resultados.....	42
3.7.3	Análise Experimental III- Efeito das dietas Controlo e Experimental no Peso Vivo.....	44
3.7.3.1	Resultados.....	44
3.8	Discussão.....	45
3.8.1	Fertilidade	45
3.8.2	Condição Corporal	48
3.8.3	Peso.....	49
4	Conclusões Gerais	49
5	Referências Bibliográficas	51
6	Anexos.....	62

Lista de Abreviaturas

% Percentagem

°C Graus Celsius

° Graus

® Marca Registada

> Maior

< Menor

≤ Menor ou igual

= Igual

AM Manhã

BVD Diarreia viral bovina

CC Condição corporal

CIDR Dispositivo intravaginal de libertação lenta de P₄ (*Controlled Internal Drug Release*)

CL Corpo Lúteo

cm Centimetro (s)

E2 Estrogénio/Estradiol

FD Folículo dominante

FSH Hormona folículo estimulante

FVH Forragem Verde Hidropónica

g grama (s)

GnRH Gonadoliberina

GMD Ganho médio diário

GEE Gases com Efeito de Estufa

GT Gigatonelada

IA Inseminação artificial

IATF Inseminação artificial a tempo fixo

IBR Rinotraqueíte infecciosa bovina

IEP Intervalo entre partos

IGF-I Fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1

IM Intramuscular

Kg Kilograma (s)

L Litro (s)

Lda Sociedade de responsabilidade limitada

LH Hormona luteinizante

mL Mililitro (s)

mm Milímetro (s)

mRNA Ácido ribonucleico mensageiro

MS Matéria seca

ng nanograma

P₄ Progesterona

PGF_{2α} Prostaglandina F_{2α}

PRID Dispositivo intravaginal libertador de P₄ (*Progesterone Releasing Intravaginal Device*)

PM Tarde

SNIRA Sistema nacional de informação e registo animal

™ Marca comércio

Lista de Tabelas

Tabela 1: Dados referentes a novilhas que integraram o Grupo Experimental (dieta suplementada com FVH)	35
Tabela 2: Dados referentes a novilhas que integraram o Grupo Controlo (dieta padrão)	36
Tabela 3: Dieta do Grupo Controlo e do Grupo Experimental.....	37
Tabela 4: Taxa de Conceção no Grupo Controlo e Grupo Experimental	40
Tabela 5: Taxa de Gestação 4, 9 e 15 semanas após a entrada de touros de varrimento.....	42
Tabela 6: Sucesso da IATF nas novilhas com EstroTECT™ Positivo	42
Tabela 7: Pesos médios dos grupos ao longo do estudo	45

Lista de Figuras

Figura 1: Perfil hormonal do ciclo éstrico (Adaptado de Gary, Williams e Cardoso, 2021)	9
Figura 2: Representação esquemática do protocolo Ovsynch (Adaptado de Ram Kasimanickam, 2021b)	19
Figura 3: Representação esquemática do protocolo CO-synch (Adaptado de Ram Kasimanickam, 2021b).....	20
Figura 4: Representação esquemática do protocolo G6G (original de autor).....	21
Figura 5: Representação esquemática do protocolo Double-Ovsynch (original de autor)	21
Figura 6: Representação esquemática do protocolo Ovsynch com suplementação de Progesterona (Adaptado de Kasimanickam, 2021b)	22
Figura 7: Realização de Exame Andrológico (original do autor)	34
Figura 8: Realização de Exame Andrológico (original de autor) Figura 14: Processo de Inseminação Artificial a Tempo Fixo (original de autor)	34
Figura 9: Protocolo de Sincronização de Ovulação CIDR® 7d co-Synch.....	37
Figura 10: Farinha de Milho e Alimento Concentrado (original do autor)	38
Figura 11: Tapetes de Forragem Verde Hidropónica de Cevada dística (original do autor)	38
Figura 12: Zona de alimentação do grupo Experimental (original do autor)	39
Figura 13: Taxa de Sucesso da IATF em função do peso no grupo Controlo e Experimental. ..	41
Figura 14: Evolução da CC ao longo do estudo no Grupo Experimental	43
Figura 15: Evolução da CC ao longo do estudo no Grupo Controlo.....	43
Figura 16: Distribuição dos pesos das novilhas ao longo do estudo	44

1 Relatório de Estágio

1.1 Estágio Curricular

O estágio que deu origem à presente dissertação, teve lugar na empresa Portugal Rural Lda., situada na Amieira, concelho de Portel (distrito de Évora), tendo sido iniciado a 9 de outubro de 2023 e finalizado no dia 9 de abril de 2024, perfazendo um total de 26 semanas (1040 horas). O Doutor João Nestor das Chagas e Silva esteve encarregue da coorientação e a Dra. Helena Serrano Leão foi responsável pela orientação.

Durante todo o estágio, houve um enfoque na gestão de uma exploração agropecuária de bovinos de carne em linha pura da raça Limousine e cruzados de Limousine com Aberdeen Angus, o que permitiu ao autor adquirir novas metodologias de organização e de trabalho em equipa. Deste modo, foi possível acompanhar atividades como a alimentação diária dos animais e a formulação das dietas dos mesmos, produção em estufa de forragem verde hidropónica (FVH), avaliação dos custos de operação alocados às vacadas em regime extensivo e sistema de engorda dos novilhos, a manutenção e gestão das pastagens a partir de um manejo regenerativo, realização de descornas, pesagens e avaliações da condição corporal (CC) dos animais e avaliação de características da raça para registo no livro genealógico de bovinos da raça Limousine.

No que concerne à vertente reprodutiva em bovinos de carne, o autor teve a oportunidade de testemunhar e colaborar em atividades várias, das quais se destacam: exames andrológicos a touros e novilhos, com medição da circunferência escrotal e recolha de sémen por eletroejaculação, seguida da análise do ejaculado através da aplicação iSperm®; realização de exames ginecológicos, diagnósticos de gestação por palpação retal e por ultrassonografia transretal; execução de protocolos de sincronização de ovulação para inseminação artificial a tempo fixo (IATF).

O estagiário colaborou ainda em algumas atividades de profilaxia, como a vacinação de vacas e vitelos, ações de sanidade anuais, como as provas de intradermotuberculização de comparação e recolhas de sangue para despiste de brucelose, assim como, a realização de cuidados de podologia bovina.

No que diz respeito a situações clínicas, podem destacar-se atividades como o acompanhamento de necropsias, partos distócicos, retenções placentárias e, o tratamento de diarreias neonatais, de doença hemorrágica epizoótica e de casos de queratoconjuntivite infecciosa.

1.2 Estágios Extracurriculares

Barrowside Veterinary Hospital (Irlanda): entre o dia 22 de abril e o dia 5 de julho de 2024, num total 11 semanas (528 horas), foi realizado um estágio no Barrowside Veterinary Hospital, situado no condado de Kilkenny, na Irlanda, sob a orientação do Dr. Tony O'Conner e do Dr. Afonso Neves.

Durante este período, o estagiário teve a oportunidade de acompanhar diversas atividades na área de clínica, reprodução e cirurgia de animais de produção, nomeadamente bovinos de leite, mas também na clínica e cirurgia de pequenos animais.

Como principais trabalhos realizados no âmbito dos bovinos de leite, destaca-se a realização de exames ginecológicos pré-reprodutivos, protocolos reprodutivos, exames ultrassonográficos de gestação e exames andrológicos a touros. Dentro da área clínica pode destacar-se como casos mais frequentes a execução de diagnóstico e tratamento de mastites, afeções respiratórias, diarreias neonatais e problemas metabólicos, como cetose e timpanismo. Assim, o estagiário pôde desenvolver o seu raciocínio clínico no que concerne à elaboração de diagnósticos diferenciais de doenças e, conseqüentemente, tratamento dos animais. Na vertente de cirurgia de animais de produção, houve um enfoque na realização de cesarianas e castrações, na correção de deslocamentos do abomaso à esquerda e de hérnias umbilicais.

Relativamente à clínica de pequenos animais, destacam-se como principais atividades a realização de consultas de rotina, o que permitiu a aquisição de uma abordagem diagnóstica rigorosa e a gestão de uma multiplicidade de situações, a recolha de amostras de sangue (para realização de hemogramas, análises bioquímicas), recolha de urina e inserção de cateteres vasculares. No que diz respeito à parte de cirurgia, salienta-se a realização de ovariohisterectomias, castrações e destartarizações, em cães e gatos.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Consumo Mundial de Produtos de Origem Animal

O consumo mundial de carne e de outros produtos de origem animal têm seguido uma trajetória ascendente, tendo quadruplicado desde 1961, em termos absolutos e de consumo *per capita* (Ritchie et al., 2019), devido ao crescimento da população e dos seus rendimentos e por outros fatores de cariz sociocultural (Steinfeld, 2006).

Por forma a colmatar este aumento de consumo, a produção de proteína animal tem também crescido sendo, na atualidade, a Ásia o maior produtor mundial, seguida da América do Norte e da Europa (World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022).

2.2 Consumo de Carne Bovina e Perceção dos Consumidores

No que concerne ao consumo de carne bovina, os padrões de consumo nos últimos 60 anos sofreram alterações, sendo que a proteína bovina deixou de ser a carne mais consumida para ocupar a terceira posição em termos de quantidade produzida, atrás da carne de aves e de suíno (World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022). O crescimento residual e a estagnação no consumo de carne bovina podem ser explicados por questões relacionadas com o bem-estar animal e a saúde humana, que têm desencadeado, por parte da população sobretudo do Hemisfério Norte, a adoção de alternativas alimentares como dietas à base de vegetais (Carrington, 2021) e a sua substituição por carne de aves, uma vez que esta é considerada mais saudável, apresentar menor impacto ambiental e por ser mais económica (Whitnall & Pitts, 2019). Deste modo, existe no mundo ocidental uma crescente consciencialização dos consumidores de que o consumo de carne apresenta impacto a nível da deterioração ambiental e no agravamento das alterações climáticas (Sanchez-Sabate & Sabaté, 2019).

2.3 Impacto da Produção Animal nos Ecossistemas e as Emissões de Gases com Efeito de Estufa

A produção pecuária tem sofrido um contínuo processo de inovação e intensificação tecnológica, com uma melhoria da alimentação e nutrição, da saúde e manejo animal e com o desenvolvimento genético e reprodutivo (FAO, 2017). Não obstante, a pecuária ocupa aproximadamente 80% dos terrenos agrícolas, contribuindo apenas com 17% para o abastecimento alimentar da população mundial (Ritchie, 2017). As emissões provocadas pela elaboração de alimentos compostos para animais, a fermentação digestiva, os resíduos animais e as alterações resultantes do uso do solo são equivalentes a 14,5% (7,1 GT CO₂) das emissões antropogénicas globais de gases com efeito de estufa (GEE) (FAO, 2017). Os ruminantes são responsáveis por cerca de dois terços desse total, em grande parte devido

às emissões de metano resultantes da fermentação ruminal que representam 30% das emissões globais de metano (FAO, 2017).

2.4 Padrões Climáticos Futuros em Portugal

As alterações climáticas apontam para a região mediterrânea, e mais concretamente para a Península Ibérica, como um território criticamente vulnerável às alterações climáticas (Cardoso et al., 2019). Portugal terá uma redução significativa da precipitação, o que contribui para o processo de desertificação, devido à redução da humidade do solo, associada a um aumento de eventos com precipitação extrema. Estes cenários revelam a intensificação da vulnerabilidade hídrica do país, não só em termos de precipitação média, como também em termos de extremos (secas ou inundações) (Do Ó & Seiz, 2021).

2.4.1 Precipitação

Os diversos cenários traçados, relativos à precipitação anual, preveem reduções de precipitação inferiores a 10 % em praticamente todo o território continental, exceto no sudoeste alentejano, onde são exetáveis decréscimos entre 10 e 15 %, para projeções de períodos de trinta anos (2041-2070), quando comparadas com o período de referência 1971-2000. Excetuando o litoral norte e algumas zonas do sudeste transmontano, as projeções apontam para precipitações anuais inferiores, no período 2071-2100, entre 15 % e 20 % relativamente ao período histórico (1971-2000) (Cardoso et al., 2022).

2.4.2 Temperatura

Diversas projeções apontam para que as zonas do interior de Portugal estejam sujeitas a maiores incrementos de temperatura e as alterações serão mais significativas na temperatura máxima do que na mínima. Deste modo, prevêem-se aumentos superiores a 1°C até 4,5°C no período entre 2041-2070 relativamente ao período de 1971-2000 (Cardoso et al., 2019), sendo estes aumentos mais relevantes no verão e no outono (Cardoso et al., 2022).

2.5 Alternativas Alimentares na Produção Animal - Forragem Verde Hidropónica (FVH)

A alimentação animal representa o fator económico mais avultado inerente aos custos de operação de uma exploração pecuária (Engelken, 2021). Adicionalmente, face aos efeitos nefastos das alterações climáticas, existe um trabalho contínuo de investigação relativo a todos os recursos alimentares biológicos, incluindo os subprodutos agrícolas, as forragens e plantas, passíveis de utilização na produção animal (Kim et al., 2020).

A produção de FVH constitui um método de produção agrícola sem utilização de solo e remonta ao século XII (Jones, 2005). No entanto, nos últimos anos, em regiões áridas e semiáridas, tem ganho alguma notoriedade dentro do setor primário (Girma & Gebremariam, 2018). O cereal mais comumente usado na produção de FVH é a cevada (*Hordeum*

vulgare), sendo que 1kg de grãos são capazes de originar 7 a 10 kg de forragem verde num período de uma semana, sob condições controladas (Kim et al., 2020), com uma poupança de água de mais de 90% e com uma conversão de biomassa 8-9 vezes maior comparativamente com uma produção de forragem convencional com 60-75 dias (Indira et al., 2020). Adicionalmente, trata-se de um alimento com elevada palatabilidade e é produzido sem qualquer tipo de pesticidas e fungicidas (Girma & Gebremariam, 2018). Todavia, existem também algumas desvantagens entre as quais, o elevado custo de construção das infraestruturas e a necessidade de mão de obra qualificada, o que se traduz num avultado custo unitário da FVH produzida (Jensen & Collins, 1981).

2.5.1 Processo Produtivo de FVH

A produção de FVH envolve a imersão total dos grãos em água até ficarem saturados, seguido de drenagem e colocação em tabuleiros para germinação. A pré-imersão dos grãos é importante na medida em que a rápida absorção de água facilita a ativação do metabolismo de reserva dos grãos e esta ativação, contribui para o crescimento e desenvolvimento do produto germinado. Durante o período em que os grãos estão nos tabuleiros (cinco a oito dias), devem ser mantidos húmidos e, no final do processo, é obtido um tapete de FVH altamente palatável e com uma altura de 15 a 20 cm. O rendimento e a qualidade da FVH produzida são influenciados por múltiplos fatores, tais como o tempo de pré imersão, a qualidade e variedade dos grãos, a temperatura, a humidade, o fornecimento de nutrientes, a profundidade e densidade de grãos nos tabuleiros e o grau de contaminação por bolores (Sneath & McIntosh, 2003).

2.5.2 Efeito da Germinação dos Cereais Sobre os Parâmetros Nutricionais

O processo de germinação dos grãos de cereais, por um período limitado, sob condições controladas, melhora a sua qualidade nutricional, aumentando o conteúdo e a disponibilidade de aminoácidos e nutrientes essenciais, o conteúdo de determinadas vitaminas do grupo B e diminui os níveis de fatores anti nutricionais. Deste modo, há uma melhoria dos aspetos nutricionais, sensoriais e das propriedades funcionais, através da germinação (Chavan & Kadam, 1989), concomitantemente com efeitos anti-inflamatórios ao nível da mucosa intestinal para os animais (Kanauchi, 1998).

2.5.2.1 Alterações das Proteínas

Diversos estudos indicam que existem alterações positivas dos valores da proteína total em certos cereais resultante da germinação (Linda & Barry, 1976). Porém, alguns investigadores relatam haver uma diminuição do teor de proteína (Hwang & Bushuk, 1973), enquanto outros referem não existir diferenças significativas no valor da mesma após a germinação (Chavan & Kadam, 1989). O aumento do teor de proteínas, que pode variar entre 14% e 40%

consoante o tipo de cereal germinado (Dalby & Tsai, 1976), é atribuído à perda de matéria seca, nomeadamente hidratos de carbono, através da respiração durante a germinação, ou de uma alteração das substâncias azotadas (Lorenz & D'Appolonia, 1980). As perdas de matéria seca estão associadas a maiores temperaturas e tempos de germinação (Chavan & Kadam, 1989). Porém, outros estudos indicam haver perda do teor de proteínas totais (Hwang & Bushuk, 1973). Estas reduções podem ser atribuídas à perda de compostos azotados de baixo peso molecular durante uma imersão prolongada e o enxaguar das sementes. Fatores como a espécie e variedade das sementes, a temperatura e método de germinação, a frequência de rega das sementes germinadas e o sucesso da germinação, podem também contribuir para variações nos teores de proteína (Chavan & Kadam, 1989).

Embora, de um modo geral, a mudança no conteúdo total de proteínas não seja significativa, ocorrem mudanças qualitativas durante a pré imersão e a germinação das sementes (Chavan & Kadam, 1989). O conteúdo proteico das sementes é parcialmente hidrolisado por enzimas proteolíticas, o que é evidenciado por um aumento das albuminas. As proteínas armazenadas nas sementes são classificadas em albuminas (solúveis em água), globulinas (solúveis em sal), prolaminas (solúveis em álcool), glutelinas (ácido ou alcalino solúveis) e proteínas residuais ou insolúveis (Nagy et al., 1941). As prolaminas e glutelinas juntamente com as proteínas residuais constituem mais de 80% das proteínas totais das sementes (Kent-Jones & Amos, 1967). Estas frações proteicas, nomeadamente as prolaminas, são conhecidas por serem deficientes em lisina e estão inversamente correlacionadas com o teor de proteína da semente (Kent-Jones & Amos, 1967). Assim, a conversão desta fração em albuminas e globulinas durante a germinação, resulta numa melhoria da qualidade das proteínas dos cereais (Chavan & Kadam, 1989). No entanto, o benefício direto deste processo para os ruminantes é questionável, uma vez que as bactérias presentes no rúmen degradam a maioria dos nutrientes (Sneath & McIntosh, 2003).

2.5.2.2 Alterações dos Hidratos de Carbono

O processo de imersão e germinação leva a um aumento da atividade das amilases e da maltose, o que se traduz numa diminuição do amido e aumento da sua digestibilidade e, num aumento dos açúcares redutores e não redutores (Chavan & Kadam, 1989). Segundo Taverner et al (1975), períodos de imersão e germinação mais curtos são vantajosos em comparação com tratamentos prolongados, influenciando a perda de amido, a acumulação de açúcares e o teor de fibra. No que concerne aos teores de fibra, há estudos que relatam uma diminuição dos mesmos devido à degradação da parede celular do endosperma das sementes durante a germinação (Aisien, 1982). Porém, Malleshi & Desikachar (1986) consideram que a germinação leva a um ligeiro aumento do teor de fibra bruta, apesar de não

existirem evidências de que os componentes da fibra, como a celulose e a lignina, sejam sintetizados a partir de hidratos de carbono, durante a germinação (Chavan & Kadam, 1989).

2.5.2.3 Alterações dos Lípidos

O teor de lipídios é maior em sementes germinadas de cevada, trigo e aveia em comparação com sementes não germinadas. Este aumento é explicado pela síntese de lípidos que ocorre durante a germinação, a partir da transformação do amido que desaparece (Chavan & Kadam, 1989). No caso das sementes de sorgo, os resultados não são consensuais, pois há autores que relatam uma diminuição dos teores de gordura (Nielsen et al., 1977) enquanto, Wu & Wall (1980) referem não existirem diferenças significativas dos mesmos.

2.5.2.4 Alterações dos Minerais

A germinação de cereais pode aumentar ou diminuir o teor de cinzas dos mesmos, consoante a espécie, a variedade de sementes usadas e o período de germinação. Assim, o aumento do teor de cinzas na germinação é causado pela perda de amido, enquanto uma diminuição pode ser atribuída às perdas por lixiviação durante a imersão e o enxaguamento das sementes. No caso de sementes de cevada que sofrem germinação, observa-se um aumento muito significativo na maioria dos elementos minerais: Fósforo, Potássio, Magnésio, Cálcio, Ferro, Zinco, Manganês e Cobre (Chavan & Kadam, 1989).

2.5.2.5 Alterações das Vitaminas

As alterações da componente vitamínica dos cereais sujeitos a germinação depende do tipo de semente utilizada, da sua qualidade e do processo de imersão e germinação (Chavan & Kadam, 1989) sendo que, por norma, ocorre uma melhoria do valor vitamínico, nomeadamente nas vitaminas do complexo B, algumas pró-vitaminas A e vitaminas D e E (Lorenz & D'Appolonia, 1980). Não obstante, o aumento quantitativo de cada vitamina pode ser diminuto e insignificante em termos práticos, no suprimento das necessidades nutricionais dos animais (Chavan & Kadam, 1989).

2.5.2.6 Alterações da Matéria Seca

O processo de imersão e subsequente germinação dos cereais origina uma diminuição dos valores de matéria seca (MS) resultante da lixiviação e oxidação do amido das sementes. A perda de MS está relacionada com o período de pré imersão e germinação, sendo esta tanto maior quanto maior for aquele período (Chavan & Kadam, 1989). Durante o processo de germinação pode haver uma perda de MS de 7 a 47% (Sneath & McIntosh, 2003).

2.5.2.7 Alterações de Fatores Anti Nutricionais

Compostos como o ácido fítico, polifenóis e os taninos constituem uma ameaça à alimentação animal, na medida em que são reconhecidos como fatores anti nutricionais (Sneath & McIntosh, 2003). O ácido fítico encontra-se presente maioritariamente no tegumento e no

gêrmen das sementes e forma compostos insolúveis ou quase insolúveis com alguns minerais como, cálcio, ferro, magnésio e zinco (Sneath & McIntosh, 2003). Deste modo, dietas ricas neste ácido resultam em deficiências minerais (Gontzea & Sutzescu, 1958). A germinação tem um efeito redutor dos níveis de ácido fítico (Chavan & Kadam, 1989).

Os polifenóis e os taninos estão presentes no tegumento externo das sementes (camada testa) e contribuem para a inibição de enzimas hidrolíticas como a tripsina, quimotripsina, amilases, celulasas e β -galactosidase; ligam-se a proteínas – complexos tanino-proteína – tornando-as indisponíveis e afetam a disponibilidade de minerais e vitaminas (Salunkhe et al., 1984). Chavan & Kadam (1989) concluíram que o processo de germinação não diminui o teor de taninos das sementes *per se*, mas favorece a formação de complexos hidrofóbicos entre os taninos e proteínas do endosperma, diminuindo a taxa de hidrólise das proteínas.

2.6 Fisiologia Reprodutiva da Fêmea Bovina

O controlo neuroendócrino do ciclo éstrico envolve a integração de múltiplos sinais reguladores que sofrem diversas interações e permite uma libertação criteriosa de gonadotrofinas necessárias para o desenvolvimento folicular, a síntese de esteroides e a ovulação. O principal mecanismo neuroendócrino que regula a síntese e libertação de gonadotrofinas é a gonadoliberina (GnRH), segregada pelo hipotálamo e, é influenciada por fatores internos (hormonas metabólicas e gonodais, fatores de crescimento e moléculas de sinalização) e externos (fotoperíodo, produtos de origem ambiental e stress) (Williams & Cardoso, 2021). A hormona folículo estimulante (FSH) e a hormona luteinizante (LH), segregadas pela adeno-hipófise, o estrogénio (E_2), a progesterona (P_4) e a inibina, segregadas pelo ovário e, por fim, a prostaglandina $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$), segregada pelo útero e ovário, constituem as principais hormonas envolvidas no ciclo éstrico bovino. As mudanças cíclicas no âmbito da libertação de gonadotrofinas e hormonas ováricas e da atividade folicular daí resultante, são geralmente recorrentes, incluindo o período pré-púbere das novilhas, durante o ciclo éstrico, durante a gestação e durante o anestro pós-parto (Pierson & Ginther, 1984), excetuando-se os últimos trinta dias de gestação ou perante condições patológicas (subnutrição) (Williams & Cardoso, 2021).

O ciclo éstrico da fêmea bovina pode variar de 17 a 24 dias, sendo os 21 dias, o período mais frequentemente referido na literatura. O Dia 0 do ciclo éstrico é considerado o dia em que a fêmea apresenta estro (com o reflexo de imobilização - RI) e outros comportamentos de recetividade (monta outras fêmeas, inquietação e vocalização) (Williams & Cardoso, 2021). O estro é induzido por um aumento das concentrações sanguíneas de E_2 associado a um aumento da síntese de esteroides durante o desenvolvimento folicular (Hansel & Convey, 1983). As concentrações de E_2 atingem um máximo 12 a 18 horas antes do início do estro,

desencadeando um pico pré-ovulatório de liberação de GnRH e, conseqüentemente, um pico na liberação de gonadotrofinas (Rahe et al., 1980) (Figura 1). O início do pico pré-ovulatório de LH ocorre geralmente, pouco depois do início do estro (Figura 1) (Hansel & Convey, 1983).

Durante a formação e maturação do corpo lúteo (CL), as concentrações de P₄ em circulação aumentam gradualmente até atingirem o seu pico aproximadamente 8 dias após a ovulação (Hansel & Convey, 1983). Neste período, definido por fase lútea do ciclo éstrico e que corresponde a 80% do ciclo (Forde et al., 2011), há predominância da P₄ e as concentrações médias de LH em circulação são relativamente baixas. Em contraste, as concentrações de FSH e E₂ flutuam em associação com as ondas de crescimento e atresia folicular. Na fase lútea, a frequência da liberação episódica de GnRH e os pulsos correspondentes de LH é de aproximadamente um pulso a cada quatro a seis horas (Williams & Cardoso, 2021) (Figura 1).

Aproximadamente no dia 16–17 do ciclo éstrico da fêmea bovina, ondas pulsáteis luteolíticas de PGF_{2α} com origem no endométrio, provocam regressão lútea e, uma conseqüente diminuição das concentrações de P₄ em circulação (Hansel & Convey, 1983). Assim, há uma diminuição da inibição da liberação de GnRH/LH pela P₄ e a frequência da liberação episódica de GnRH/LH aumenta para, aproximadamente, um pulso por hora (Williams & Cardoso, 2021) (Figura 1). Este aumento é essencial para o desenvolvimento final e maturação do folículo dominante (FD) bem como para o aumento das concentrações sanguíneas de E₂ e, por fim, ocorre o comportamento de estro. Este período é caracterizado como fase folicular e conduz à ovulação. A ovulação ocorre por norma, cerca de 30 horas após o início do estro, o que corresponde a 12 horas após o final dos sinais de estro (Ptaszynska & Molina, 2007).

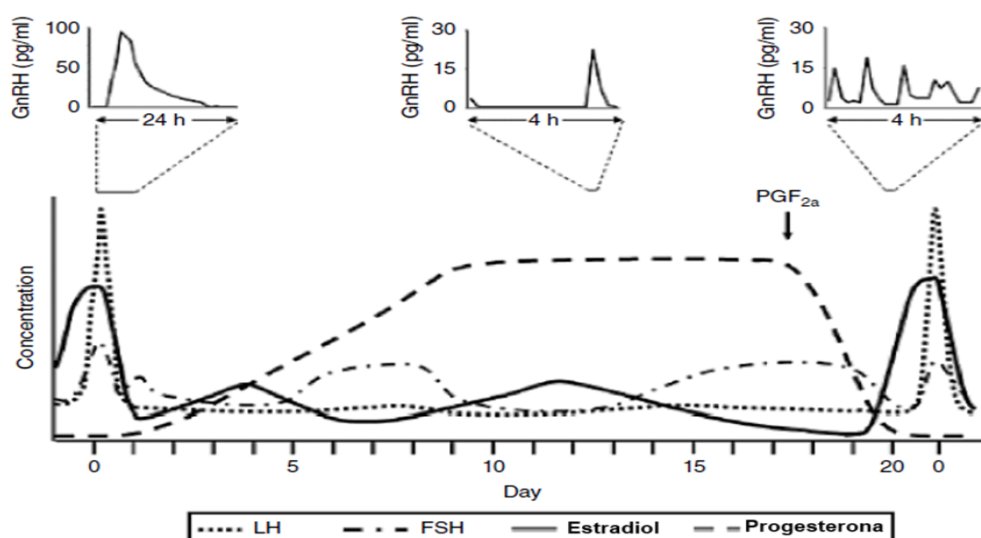


Figura 1: Perfil hormonal do ciclo éstrico (Adaptado de Gary, Williams e Cardoso, 2021)

2.6.1 Dinâmica Folicular Ovária

O crescimento dos folículos ovários, nas fêmeas bovinas, ocorre em padrões ondulatórios distintos durante o ciclo éstrico, durante a gravidez e em certas condições de anestro (Ginther, 2000), tendo sido demonstrado que se desenvolvem em duas, três ou, mais raramente, quatro ondas de crescimento folicular (Pierson & Ginther, 1984). Cada onda folicular tem uma duração de 7 a 10 dias; o folículo progride através das diferentes fases de desenvolvimento, nomeadamente emergência, seleção ou atresia, e dominância e atresia ou dominância e ovulação (Kasimanickam, 2021b).

O surgimento de uma nova onda folicular é suportado por um aumento transitório (um a dois dias, antes) de FSH. As concentrações máximas de FSH ocorrem imediatamente antes da emergência da onda e, posteriormente, diminuem ao longo de vários dias (Adams et al., 1992); simultaneamente, um grupo de folículos antrais (com 3-5mm de diâmetro), sensíveis às gonadotrofinas, são estimulados a iniciar o seu crescimento e atingem aproximadamente 8,0 mm de diâmetro. Normalmente, a divergência entre folículos começa quando o diâmetro dos maiores folículos atinge os 8,0 mm. Uma vez estabelecida a dominância funcional, o FD continua a crescer, segrega diversos fatores como E_2 e a inibina, que irão provocar a atresia e regressão dos folículos subordinados por déficit de FSH. A seleção do FD ocorre durante a diminuição das concentrações de FSH; não obstante, o FD continua a crescer até que ovule ou sofra atresia (Ginther et al., 1998).

Durante as fases finais da seleção do FD, parece haver uma transição de uma dependência principalmente de FSH para uma dependência de LH. O FD expressa exclusivamente mRNA para recetores de LH nas células da granulosa explicando, assim, o seu crescimento contínuo sob a estimulação da LH (Ginther et al., 1998).

Os FD estrogénicos são largamente dependentes da LH; o *feedback* positivo do E_2 liberta uma grande quantidade de GnRH, resultando em um pico de LH e ovulação do FD. Por outro lado, se o FD não ovular, as consequências são o crescimento contínuo do FD dependente do aumento da frequência de pulsos de LH que, se prolongada, pode levar à persistência do mesmo (Savio et al., 1993).

2.7 Início da Puberdade em Novilhas

No início da puberdade, ocorre um aumento da concentração plasmática de P_4 indicativo de atividade ovária cíclica mesmo que não se observe os primeiros sinais comportamentais de estro (Donaldson et al., 1970). Assim, a puberdade pode definir-se como o primeiro dia em que a P_4 sérica é superior a 1 ng/mL de sangue (Donaldson et al., 1970). Para outros autores, a puberdade inicia-se quando ocorre ovulação acompanhada de sinais visíveis de estro com subsequente função lútea normal, em conjunto com uma concentração sérica de P_4 acima do

limiar basal, durante pelo menos, duas semanas consecutivas (Jones et al., 1991). Não obstante, é consensual o facto de constituir um marco fisiológico fulcral na vida de uma novilha e envolver diferentes interações entre genética, nutrição e fatores ambientais, culminando na obtenção da capacidade reprodutiva (Estill, 2021).

Nas novilhas, a puberdade compreende a transição entre um estado anovulatório e um estado de ovulações regulares e recorrentes e, é desencadeada quando o eixo hipotálamo-hipófise-ovário perde a sua sensibilidade ao efeito negativo dos E_2 , possibilitando um aumento das gonadotrofinas e impulsionando a maturação folicular, a ovulação e a formação do corpo lúteo (Ramirez & McCann, 1963).

Durante o período pós-natal as concentrações médias de LH atingem um máximo por volta dos três meses de idade, seguida de uma diminuição lenta, antes de aumentar novamente e culminar na ovulação - normalmente aos 10-11 meses de idade (Schams et al., 1981). Este aumento transitório na concentração circulante do LH está associado ao desenvolvimento folicular precoce e acredita-se que desempenhe um papel relevante no momento da puberdade (Estill, 2021).

Os níveis de P_4 são muito baixos (300 pg/mL) na fase pré-púbere – período que se inicia cerca de cinquenta dias antes da puberdade (Gonzalez-Padilla et al., 1975). No entanto, ocorrem dois picos de P_4 antes do primeiro pico pré-ovulatório de LH. O retorno aos níveis basais, após a primeira elevação da P_4 , é sempre seguido de um pico de LH, enquanto a segunda elevação da P_4 precede o pico puberal de LH. O perfil das concentrações de LH entre os seus dois principais picos, coincidente com a segunda elevação de P_4 , assemelha-se à transição entre as concentrações basais de LH pré e pós-puberal (Gonzalez-Padilla et al., 1975). Deste modo, este acontecimento sugere que a P_4 desempenha um papel fulcral nas mudanças que levam ao estabelecimento da libertação cíclica de LH, característico na novilha pós-púbere, ao preparar o hipotálamo para responder ao efeito positivo do E_2 (Gonzalez-Padilla et al., 1975).

2.8 Fatores que Influenciam a Idade à Puberdade

A puberdade em bovinos ocorre, normalmente, em torno dos nove ou dez meses de idade. No entanto, pode variar entre seis e os vinte e quatro meses (Robinson & Shelton, 1977). Esse momento é influenciado pelo peso e CC, raça, nutrição, genética e época do ano. Qualquer fator adverso que diminua o crescimento pré-púbere, como desnutrição, diarreia, pneumonia, parasitismo ou condições climáticas adversas, traduz-se num retardamento desta fase fisiológica (Estill, 2021).

2.8.1 Peso e Condição Corporal

O peso e a CC influenciam o início da puberdade (Estill, 2021). Novilhas com uma dieta mais nutritiva atingem a puberdade mais cedo, uma vez que, normalmente, são mais pesadas (Short & Bellows, 1971). No entanto, a puberdade não ocorre de forma igual em novilhas com a mesma CC ou estado metabólico, mas está positivamente correlacionada com a percentagem de gordura corporal (Hall et al., 1995). Os mecanismos exatos que estão envolvidos na relação entre a CC e a puberdade ainda não estão totalmente definidos. No entanto, sabe-se que existe influência por parte da somatotropina e do Fator de crescimento insulínico tipo I (IGF-I) (Simpson et al., 1991).

2.8.2 Raça

A idade e o peso no momento da puberdade são afetados por vários fatores, incluindo a raça. Geralmente, raças com um tamanho maior atingem a maturidade sexual mais tarde e, mais pesadas (Estill, 2021). Por exemplo, novilhas Hereford x Angus são mais precoces que cruzadas de Limousine, que por sua vez atingem a maturidade antes das cruzadas de Charolês (Neumann & Lusby, 1986).

2.8.3 Nutrição

As reservas de energia corporal condicionam o início da puberdade e a fertilidade subsequente. O período compreendido entre os quatro e os nove meses de idade é uma fase crítica para a programação metabólica do eixo neuroendócrino por forma a atingir uma maturidade reprodutiva precoce (Estill, 2021). A ovulação pode ser induzida através de um aumento abrupto da dieta, em novilhas que se encontrem no período pré-púbere. Adicionalmente, a puberdade precoce (<300 dias de idade) pode ser induzida em novilhas de carne, a partir de um desmame precoce e alimentadas com uma dieta altamente concentrada (Gasser et al., 2006). Este acontecimento está associado à redução do efeito negativo do E₂ na secreção de LH. Os mecanismos que relacionam a nutrição e o metabolismo até à puberdade não se encontram totalmente esclarecidos, mas sabe-se que estão envolvidos vários neuropeptídeos (orexígena e anorexígena) (Estill, 2021).

A kisspeptina influencia a secreção e libertação de GnRH e, conseqüentemente, a libertação de LH e FSH, sendo por isso, um importante modulador da atividade reprodutiva (Estill, 2021). A leptina é produzida pelos adipócitos e regulada por processos de longo prazo e estado nutricional recentes (Chilliard et al., 2005). Concentrações circulantes de leptina aumentam à medida que a puberdade se aproxima, mas não mudam significativamente em resposta à mudança da dieta, quando a percentagem da gordura corporal total está acima de um limite mínimo, indicando que é necessária uma CC mínima para a puberdade (Garcia et al., 2002).

2.8.4 Circunferência Escrotal do Touro

Estudos de Brinks et al (1978) e King et al (1983) realizados em novilhos de um ano de idade indicam existir uma correlação favorável ente a circunferência escrotal e a idade à puberdade das novilhas, filhas dos mesmos. Outros autores verificaram que a heritabilidade das fêmeas para as características reprodutivas tende a ser baixa a moderada, mas a seleção para o aumento da circunferência escrotal do macho leva a uma melhoria dos parâmetros reprodutivos, nomeadamente o aumento da taxa de parto e a diminuição da idade da entrada à reprodução (Toelle & Robison, 1985). No entanto, trabalhos mais recentes sugerem que a correlação entre a resposta genética nas características do sistema reprodutivo feminino e o tamanho testicular do macho, seja inferior ao que tem sido referido na literatura (Estill, 2021).

2.9 Principais Parâmetros Produtivos em Bovinos

A eficiência reprodutiva pode ser descrita como a capacidade de uma vaca ficar gestante e produzir descendentes viáveis, sendo a otimização da fertilidade um fator crítico para o sucesso de uma exploração de bovinos aleitantes (Engelken & Dohlman, 2021). A gestão da fertilidade engloba um conjunto de variáveis, nomeadamente na área da nutrição, genética e manejo e, deve ser enquadrada num programa de gestão da sanidade e produção do efetivo (Lopes da Costa et al., 1990). O desempenho produtivo de uma exploração pecuária é tradicionalmente avaliado a nível económico, sendo calculado com base nos recursos utilizados na produção de bens e serviços e, nos bens e serviços produzidos. No que diz respeito a uma exploração de bovinos de carne, o valor dos bens e serviços produzidos é estimado em função do número de vitelos desmamados por vaca e do peso dos mesmos ao desmame (Short et al., 1996). O peso ao desmame é influenciado pela genética, ambiente e a idade (Engelken & Dohlman, 2021).

2.9.1 Intervalo Entre Partos

O parâmetro que engloba a maioria dos indicadores reprodutivos é o intervalo entre partos (IEP) e corresponde ao número de dias entre partos sucessivos (Cerón, 2007). Por forma a otimizar a produção, o valor de referência definido é que uma vaca produza um vitelo vivo e sadio, a cada 365 dias (Baruselli, 2007). É habitual os produtores pecuários referirem que o seu efetivo aleitante produz todos os anos um vitelo. No entanto, em parte dos casos não é mencionado que o parto ocorre umas vezes em junho e outras vezes em novembro, isto é, apesar de a vaca produzir um vitelo em anos consecutivos, o IEP é superior a 365 dias (Romão & Bettencourt, 2009). Embora seja reconhecido que atingir este valor mediante um manejo extensivo seja uma tarefa desafiante, deve trabalhar-se para se obter um valor inferior a 400 dias de IEP médio, nas explorações com valores bastante elevados. O IEP aceitável encontra-se ainda distante da realidade das explorações portuguesas, que é próximo de 420 dias (Romão & Bettencourt, 2009).

O IEP pode ser dividido em dois componentes: o intervalo do parto à concepção - período voluntário de espera - e o período de gestação. O período de gestação é o resultado de um tempo médio de gestação, 285 dias, variando de acordo com a genética de ambos os progenitores. Este período só poderá ser reduzido ao induzir-se farmacologicamente o parto (Costa et al., 2011). Deste modo, o intervalo do parto à concepção é o fator mais determinante para o resultado do IEP.

2.9.2 Intervalo Parto - 1º Serviço

O período voluntário de espera varia, normalmente, entre 40 a 70 dias e, durante o mesmo, ocorre a recuperação do trato reprodutivo e completa-se a involução uterina (Stevenson et al., 2005). Em partos sem complicações, este processo de recuperação não tem uma duração superior a 40 dias (Fleck et al., 1980). Este período juntamente com a taxa de submissão influenciam o resultado do intervalo entre o parto e o primeiro serviço, que não deve ser superior a 80-85 dias, por forma a alcançar o resultado desejável (um parto por ano) (Costa et al., 2011).

2.9.3 Taxa de Submissão

A taxa de submissão é definida como a percentagem de vacas elegíveis (42 dias após o parto) apresentadas para inseminação num período de 24 dias (duração de um ciclo éstrico) e depende da percentagem de vacas que estão efetivamente a ciclar e da eficiência na deteção do estro (Roche, 2006). Este valor deve ser de 90% para uma duração de um ciclo éstrico (Doherty, 2011).

2.9.4 Taxa de Concepção

A taxa de concepção corresponde à percentagem de animais confirmados como gestantes, no total dos animais servidos e pode ser calculada isoladamente para cada inseminação ou no total das inseminações (taxa de concepção global). O valor padrão para a taxa de concepção ao 1º serviço em vacas em lactação varia geralmente entre 35%-40%, enquanto para novilhas virgens, valores entre 55-60% são aceites como satisfatórios (Johnson, 2023).

2.9.5 Idade ao Primeiro Parto

Como valor de referência para a idade ao primeiro parto, estabelece-se que 24 meses é o valor padrão (Atkins et al., 2013). As novilhas devem ser cobertas quando atingirem a maturidade sexual, sendo o peso corporal um bom indicador. Quando essas fêmeas atingem 55-60% do seu peso corporal adulto e são geridas para manter uma taxa de crescimento alvo até ao primeiro parto, é aconselhável começar a reprodução. Fatores como a raça, o peso e CC, época do ano, nutrição e genética podem influenciar estes resultados, uma vez que o início da puberdade pode variar entre seis e vinte e quatro meses (Estill, 2021).

2.9.6 Taxa de Fertilidade Anual

Corresponde à percentagem de fêmeas paridas relativamente às postas à cobertura em cada ano ou época reprodutiva. Para as nulíparas, o valor de referência é >85%, para primíparas >78% e para múltíparas >83% (Neto, 1999).

2.9.7 Taxa de Abortos

Representa a percentagem de fêmeas que abortam durante a época reprodutiva e o seu valor deve ser < 4% (Neto, 1999).

2.9.8 Taxa de Refugo

A taxa de fêmeas refugadas durante o ano reprodutivo deve ser < 15% (Vickers, 2010).

2.9.9 Taxa de Mortalidade dos Vitelos

São considerados valores aceitáveis de nados mortos durante a primeira semana, até ao desmame, < 3% (Vickers, 2010).

2.10 Controlo Farmacológico do Ciclo Éstrico

A indução e sincronização de ovulações em bovinos desempenha um papel importante no controlo reprodutivo, fazendo com que a inseminação artificial (IA), a superovulação e a transferência de embriões se tornem procedimentos mais exequíveis e rotineiros, no contexto das explorações pecuárias (Gordon, 2004). Em explorações que utilizam IA, a deteção do estro (taxa de submissão) e a taxa de fertilidade são os dois principais determinantes do IEP (Kasimanickam, 2021b).

Os protocolos de sincronização de estro permitem respostas previsíveis de estro e de ovulação, dentro de dado um período de tempo, seguidas por uma taxa de gestação aceitáveis, após uma única IA, realizada num momento predeterminado. Para se obter um melhor controlo do ciclo éstrico em bovinos, é necessário sincronizar a emergência de novas ondas foliculares, garantir uma fase lútea, terminar a fase lútea e sincronizar a ovulação (Kasimanickam, 2021b).

Tratamentos hormonais que modificam tanto a FSH, quanto a LH, afetam o destino de uma onda folicular. A manipulação da onda folicular, por sua vez, pode alterar as concentrações hormonais sistémicas, o ambiente intrafolicular e o ócito. Assim, um FD capaz de ovular está presente apenas em momentos específicos durante cada onda. Portanto, o intervalo desde a luteólise induzida exogenamente e/ou o final de um tratamento com progestagénio, até ao estro e ovulação, depende do estágio da onda folicular no momento da luteólise e/ou da retirada do progestagénio (Kasimanickam, 2021b).

Por forma a atingir a máxima sincronia no início do estro, num protocolo de sincronização, é necessário ter um FD recentemente selecionado presente no final do tratamento. Deste

modo, a emergência de uma nova onda deve ser sincronizada, uma vez que o estágio da onda folicular e a duração da dominância afetam a duração da fase folicular, o intervalo desde o tratamento até ao estro e a fertilidade (Kasimanickam, 2021b).

2.10.1 Gonadoliberina (GnRH) e seus Análogos

A administração de GnRH induz um aumento imediato de LH e FSH, induzindo a ovulação ou luteinização do FD, sendo independente da concentração de P_4 ou do estágio da onda folicular (Ryan et al., 1998). Uma nova onda de crescimento folicular é iniciada 1,5–2 dias após a administração de GnRH (Twagiramungu et al., 1995). O efeito da GnRH na onda folicular presente depende da presença ou ausência de um FD. A GnRH sincroniza a emergência de novas ondas de desenvolvimento apenas quando administrada na presença de um FD funcional, enquanto, se administrada antes da dominância, parece não afetar o progresso subsequente dessa mesma onda, presumivelmente devido à falta de receptores de LH nas células da granulosa de folículos em crescimento (Kasimanickam, 2021b).

Deste modo, a diferença nos efeitos da GnRH sobre a progressão da onda folicular é uma restrição que deve ser tida em conta ao usá-la como estratégia para sincronizar a emergência da nova onda, no início dos regimes de sincronização com P_4 ou $PGF_{2\alpha}$ (Bo et al., 1995). O uso subsequente de $PGF_{2\alpha}$, para promover a luteólise do CL pré-existente, é obrigatório quando a GnRH é utilizada para sincronizar as ondas foliculares. Além disso, quer o estágio de desenvolvimento do FD, quer a fase do ciclo éstrico no momento da administração da GnRH, afetam os resultados (Martinez et al., 1999). Assim, uma alternativa é garantir que existe um FD viável, no momento do tratamento com GnRH. Nesse sentido, as fêmeas respondem de forma mais consistente, entre os dias cinco e doze do ciclo éstrico (Vasconcelos et al., 1999).

Apesar da GnRH não ser tão eficaz quanto o E_2 para sincronização da emergência de uma nova onda folicular é, atualmente, a única hormona permitida na União Europeia, para este fim (Martinez et al., 2012).

2.10.2 Prostaglandina $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$) e seus Análogos

A $PGF_{2\alpha}$ e os seus análogos sintéticos têm sido utilizados como agente luteolítico em bovinos desde 1970 (McCracken et al., 1973; Lauderdale et al., 1974), com a finalidade de induzirem eletivamente a regressão lútea e/ou sincronização do estro (Odde, 1990).

A administração de $PGF_{2\alpha}$ provoca a regressão imediata do corpo lúteo após aproximadamente o quinto dia do ciclo éstrico: as concentrações de P_4 diminuem para níveis basais em 24 horas, e a frequência pulsátil da LH aumenta, causando um aumento significativo de estradiol do FD e a indução do estro e da ovulação. Apesar da rápida luteólise, o intervalo tratamento-início do estro é variável e depende do estágio da onda folicular no

momento do tratamento. Fêmeas com um FD funcional geralmente entram em estro em dois a três dias, uma vez que o FD ovula rapidamente; no caso das que estiverem na fase de pré dominância ou de regressão da onda, elas precisarão de quatro a seis dias para formar um FD e, portanto, apresentarão um intervalo mais longo e variável até ao início do estro (Kasimanickam, 2021b).

A $PGF_{2\alpha}$ não consegue induzir efetivamente a luteólise durante os primeiros cinco ou seis dias após o estro. A falta de resposta deve-se à ausência de recetores de $PGF_{2\alpha}$ no CL imaturo (Kasimanickam, 2021b). No entanto, trabalhos recentes demonstraram a presença de recetores de $PGF_{2\alpha}$ no CL com dois dias após a ovulação (Wiltbank et al., 1995). Aparentemente, o CL maduro pode possuir um ciclo de *feedback* positivo que resulta na produção intralútea de $PGF_{2\alpha}$, que pode continuar o processo de luteólise iniciado por uma única dose exógena de $PGF_{2\alpha}$ (Wiltbank, 1997). Embora a resposta luteolítica tenha sido variável quando uma única dose de $PGF_{2\alpha}$ foi administrada, nos dias cinco ou seis do ciclo éstrico, duas doses de análogo de prostaglandina (com 12-14 dias de intervalo) induziram consistentemente a regressão lútea (95–100%) e estro, dois a cinco dias após a última administração (Nasser et al., 1993; Adams et al., 1994).

2.10.3 Progesterona (P_4) e seus Análogos

Os protocolos de sincronização do estro que incluem P_4 ou os seus análogos, apresentam diversas vantagens. Existem várias formas de administração da P_4 ou de progestagêneos, tais como, a via oral, dispositivos intravaginais impregnados da hormona, implantes auriculares subcutâneos ou a via intramuscular, sendo os dois primeiros os mais utilizados (Ax et al., 2008). A primeira vantagem prende-se com a manutenção da concentração plasmática de P_4 acima do nível limite (>1 ng/mL), o qual leva à supressão do pico de LH e do comportamento de estro (Macmillan & Peterson, 1993). Tratamentos com P_4 com uma duração de catorze ou vinte e um dias, originam um estro exuberante, nos três dias seguintes ao fim do tratamento. No entanto, as taxas de concepção após tratamentos prolongados com P_4 são 10%-15% inferiores, comparativamente a vacas tratadas com P_4 , durante menos tempo (Kasimanickam, 2021b). Esta situação é devida ao facto de os dispositivos intravaginais de libertação de P_4 originarem níveis de P_4 inferiores às da fase lútea endógena, e a frequência pulsátil da LH e as concentrações periféricas de E_2 serem elevadas. Consequentemente, o FD continua a receber suporte gonadotrópico para além do momento em que a ovulação ou a atresia ocorreria. Acredita-se que ocorrem mudanças ultra estruturais no oócito dentro do FD persistente que reduzem a fertilidade das vacas tratadas (Mihm et al., 1994). Assim, os protocolos de curta duração (sete a nove dias) são atualmente, os mais utilizados (Kasimanickam, 2021b).

A segunda principal vantagem da P₄ quando associada aos protocolos de sincronização do estro é que as vacas em anestro respondem quando ela é usada. A suplementação com P₄ numa vaca em anestro diminui inicialmente os níveis de LH, mas depois aumenta a sua pulsatilidade, levando a um maior desenvolvimento do FD; há, também, uma preparação do centro hipotalâmico para a expressão do estro e para a ocorrência do pico pré-ovulatório de LH. A remoção da P₄ é seguida de estro, ovulação e uma fase lútea de duração normal na maioria das fêmeas tratadas (Gümen et al., 2003).

O tratamento da doença cística ovárica é a terceira vantagem da suplementação com P₄. Esta doença endócrina é caracterizada por estar associada a uma elevada frequência pulsátil da LH, mas com ausência do seu pico pré-ovulatório. A suplementação com P₄ faz diminuir a pulsatilidade de LH, nas vacas quísticas. Esta diminuição é seguida de uma renovação do folículo (dominante) quístico. O desenvolvimento de um novo FD é normal e a ovulação ocorre após a remoção da fonte de P₄ (Peter, 2004).

2.10.4 Dispositivos Intravaginais de Progesterona

Existem vários dispositivos intravaginais disponíveis comercialmente que libertam a P₄ continuamente, ao longo do tempo. Variam na forma, no material e na quantidade de hormona impregnada no dispositivo (Cavaliere et al., 2006). A colocação dos dispositivos é relativamente fácil e pode ser feita por um único operador, que deve tomar medidas rigorosas de assépsia (Gordon, 1996a). Na atualidade, os dispositivos mais utilizados são o dispositivo intravaginal de libertação de P₄ (progesterone-releasing intravaginal device – PRID, 1,55g) e o dispositivo intravaginal de libertação controlada de fármaco (*Controlled Intravaginal Drug Releasing Device* – CIDR, 1,38g) (Lane et al., 2008).

A taxa de retenção do CIDR é de aproximadamente 95%. Uma menor taxa de retenção pode dever-se à inserção incorreta ou à remoção por outros animais ao morderem e puxarem pelo filamento de poliéster. Embora a vaginite seja comum com a utilização do CIDR, a fertilidade não está comprometida (Patterson & Smith, 2007).

Em geral, uma percentagem elevada de animais (até 85%) exhibe estro 36 a 72 horas após a remoção dos dispositivos (Kasimanickam, 2021b). Este elevado grau de sincronia do estro permite realizar a IATF entre 48 e 84 horas após a remoção, com indução hormonal da ovulação com recurso à GnRH. Alternativamente, as vacas podem ser mantidas sob observação para deteção do estro e inseminadas após a sua deteção.

2.11 Protocolos de Sincronização da Ovulação

Por forma a facilitar a gestão das operações de uma exploração bovina, foram desenvolvidos protocolos que permitem a IATF sem a necessidade de detetar os sinais de estro nas fêmeas,

e envolvem a utilização de GnRH e PGF_{2α}, com ou sem suplementação de P₄ durante o tratamento.

2.11.1 Protocolo Ovsynch

Este protocolo contempla três administrações. No dia 0, um dia aleatório do ciclo éstrico, a fêmea bovina recebe a primeira injeção de GnRH que provoca a ovulação ou luteinização de todos os FD ou folículos grandes em crescimento. Como resultado, uma nova onda folicular é iniciada, aproximadamente três dias após a injeção. Por conseguinte, todas as fêmeas do grupo apresentam folículos em crescimento no mesmo estágio de desenvolvimento. Adicionalmente, a GnRH estimula o desenvolvimento do tecido lúteo a partir das células que anteriormente formavam o FD. No entanto, esta primeira injeção tem maior eficácia em vacas do que em novilhas (Kasimanickam, 2021b).

Sete dias após a primeira injeção de GnRH, é administrada uma injeção de PGF_{2α} que provoca a lise do corpo lúteo já presente ou originado após a injeção inicial de GnRH (Kasimanickam, 2021b).

A segunda injeção de GnRH, tem como finalidade induzir um pico pré-ovulatório de LH e a ovulação subsequente do FD, no espaço de 24 a 32 horas (Peters et al., 1999; Pursley & Bello, 2007). Esta administração ocorre 48 horas após a injeção de PGF_{2α} e a IATF irá ocorrer 12 a 16 horas mais tarde, no dia 10, após a primeira administração de GnRH (Figura 2).

O programa Ovsynch permite resultados satisfatórios em vacas cíclicas, com uma taxa de gestação global que ronda os 22 a 53% (Chastant-Maillard, 2006).

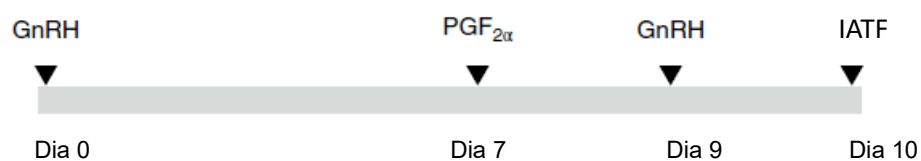


Figura 2: Representação esquemática do protocolo Ovsynch (Adaptado de Kasimanickam, 2021b)

2.11.2 Modificações ao Protocolo Ovsynch

O protocolo Ovsynch foi modificado numa variedade de formas a partir do seu modelo original. Essas modificações destinaram-se a diminuir o número de manipulações por fêmea ou a melhorar a resposta global ao programa (Lucy, 2007).

2.11.2.1 Protocolo Co-sincronização (CO-Synch)

Uma das modificações mais simples do protocolo Ovsynch clássico é o facto da segunda injeção de GnRH e a IATF serem realizadas ao mesmo tempo, ou seja, 72 horas após a

administração de $\text{PGF}_{2\alpha}$. Deste modo, o programa CO-Synch requer menos uma manipulação dos animais comparativamente ao programa inicial, tornando-se vantajoso principalmente em explorações de vacas aleitantes (Kasimanickam, 2021b) (Figura 3).



Figura 3: Representação esquemática do protocolo CO-synch (Adaptado de Kasimanickam, 2021b)

2.11.2.2 Protocolo de Pré-sincronização (Presynch)

O estágio do ciclo éstrico no início do protocolo Ovsynch influencia o sucesso da sincronização da onda folicular. Se a primeira administração de GnRH for realizada quando o folículo maior estiver em fase de pré-dominância ou pós-dominância, a ovulação pode não ocorrer, e a emergência sincronizada de uma nova onda folicular não ocorrerá (Martinez et al., 1999); aproximadamente 10% a 30 % das vacas não são sincronizadas. Assim, uma alternativa é garantir que um FD em crescimento viável esteja presente no momento do tratamento com GnRH - entre o dia cinco e doze do ciclo éstrico (Vasconcelos et al., 1999). Conseqüentemente, têm sido desenvolvidos vários protocolos por forma a ter animais entre os dias cinco e doze do ciclo éstrico no início de um protocolo Ovsynch ou CO-Synch, incluindo a pré sincronização das vacas usando duas injeções de $\text{PGF}_{2\alpha}$ administradas com 14 dias de intervalo, com início do protocolo de sincronização de ovulação 11 dias (Galvão et al., 2007), 12 dias (Moreira et al., 2001) ou 14 dias (Navanukraw et al., 2004) depois (Presynch-Ovsynch). Mais de 70% das vacas iniciaram este último protocolo, durante o início do diestro (dia 5 a 12 do ciclo éstrico), quando o Presynch foi aplicado antes do Ovsynch, comparativamente às 53% fêmeas tratadas com Ovsynch em fases aleatórias do ciclo éstrico (El-Zarkouny et al., 2004). O inconveniente do protocolo Presynch prende-se com a sua duração, pois o período entre o início do tratamento e a IATF é cerca de 36 dias (Öztürk et al., 2010) além de, não ser eficaz nas fêmeas anéstricas.

2.11.2.3 Protocolo G6G

O protocolo G6G envolve uma única administração de $\text{PGF}_{2\alpha}$ e dois dias depois uma injeção de GnRH. Coletivamente, as duas injeções do G6G têm a intenção de iniciar um novo ciclo éstrico e de ter a fêmea no sexto dia do ciclo. Deste modo, é muito provável que tenha um FD funcional, capaz de ovular em resposta à primeira administração de GnRH, aquando do início do protocolo Ovsynch (6 dias após a primeira administração de GnRH) (Figura 4) (Kasimanickam, 2021b).

Alguns estudos indicam que única injeção de $\text{PGF}_{2\alpha}$ administrada às novilhas durante a fase de crescimento ou de plateau do FD, resultou em ovulação 4,2 e 6,3 dias após tratamento, respetivamente (Kastelic & Ginther, 1991). Além disso, a maioria das vacas em lactação apresentou estro entre 2 e 8 dias após o tratamento com $\text{PGF}_{2\alpha}$ (Chebel et al., 2006), sugerindo que o intervalo até ao estro é mais variável em vacas do que novilhas. Chebel et al. (2006) consideram que o intervalo entre a administração de $\text{PGF}_{2\alpha}$ e GnRH (2 dias) pode não ser o intervalo ideal para maximizar as respostas à GnRH durante a pré-sincronização. Assim, um intervalo de 4 dias entre $\text{PGF}_{2\alpha}$ e GnRH permitiria um maior crescimento folicular e potencialmente aumentaria a resposta dos animais à GnRH da pré-sincronização, com o protocolo Ovsynch a ser iniciado numa fase mais apropriada do ciclo éstrico. (Behrouzi et al., 2016).



Figura 4: Representação esquemática do protocolo G6G (original de autor)

2.11.2.4 Protocolo Double-Ovsynch

Este programa envolve a indução da ciclicidade em vacas anovulatórias e caracteriza-se pelo uso de um protocolo Ovsynch para pré sincronização, seguido de um protocolo Ovsynch para reprodução (Kasimanickam, 2021b) (Figura 5). A regressão incompleta do corpo lúteo resulta numa redução da taxa de concepção por IA em vacas sujeitas a protocolos baseados em GnRH (Behrouzi et al., 2016). Nesse sentido, a luteólise incompleta após uma única administração de $\text{PGF}_{2\alpha}$ foi relatada em 10% a 27% das vacas tratadas com protocolos baseados em GnRH (Dirandeh et al., 2015). Wiltbank et al. (2015) relataram que vacas que receberam duas administrações de $\text{PGF}_{2\alpha}$ durante um protocolo Double-Ovsynch tiveram uma regressão lútea aumentada em comparação com vacas que receberam apenas um tratamento de $\text{PGF}_{2\alpha}$ (97% vs. 83%).

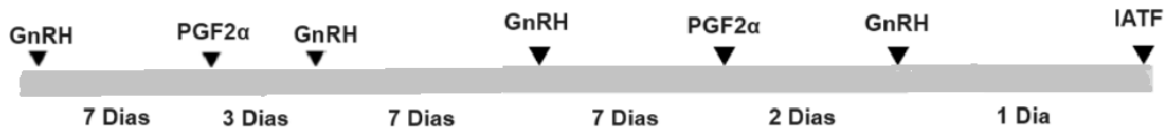


Figura 5: Representação esquemática do protocolo Double-Ovsynch (original de autor)

2.11.2.5 Protocolo Ovsynch com Suplementação de Progesterona

A incorporação de P_4 entre a primeira injeção de GnRH e a de $\text{PGF}_{2\alpha}$, durante sete dias, em protocolos Ovsynch ou nas suas modificações, melhora a sincronização do estro/ovulação e

a taxa de concepção em vacas e novilhas. Estes protocolos são vantajosos em vacas e novilhas anéstricas e em vacas com quistos ováricos (Kasimanickam, 2021b) (Figura 6).

Apesar dos sete dias ser a duração mais frequente dos protocolos, estudos recentes apontam que ao reduzir-se a suplementação com P₄ para cinco dias, aumentando a fase de proestro para 72 horas (o intervalo entre a PGF_{2α} e a segunda GnRH) (Bridges et al., 2008; Kasimanickam et al., 2009), há um aumento da taxa de gestação por IA de até 15% em vacas aleitantes (Rhodes et al., 2003; Yavas & Walton, 2000). No entanto, devido ao intervalo reduzido entre a GnRH inicial e a PGF_{2α} neste protocolo e à variabilidade na luteólise de algumas fêmeas, os animais devem receber uma segunda dose de PGF_{2α}, aproximadamente 6–12 horas após a primeira, administrada aquando da remoção do CIDR/PRID (Whittier et al., 2010).



Figura 6: Representação esquemática do protocolo Ovsynch com suplementação de Progesterona (Adaptado de Kasimanickam, 2021b)

2.12 Inseminação Artificial (IA)

A IA é uma das técnicas reprodutivas mais importantes para o melhoramento genético de animais de produção. O seu uso foi inicialmente forçado por razões sanitárias, ao evitar eficazmente a transmissão de doenças venéreas, uma vez que elimina a necessidade da cópula. Atualmente, com o desenvolvimento inerente a todo o processo de inseminação (novos diluidores de sémen, novas técnicas de IA, protocolos para sincronização de estro/ovulação e a disponibilidade de sémen sexado), a IA apresenta vantagens económicas e permite a progressão genética de forma acelerada (Kasimanickam, 2021a). De forma sucinta, consiste num processo de recolha de sémen do macho, posterior processamento, armazenamento e introdução instrumental no aparelho reprodutor da fêmea, com o objetivo de assegurar a concepção (Morrel, 2011).

A IA permite às explorações pecuárias atingir um progresso genético que não é acessível através do serviço natural, por via da utilização de sémen de touros melhoradores como, por exemplo, para a facilidade de parto (diminuindo a incidência de distocias) ou maior índice de crescimento (Gordon, 1996b). Desta forma, o melhoramento genético por obtenção de animais mais produtivos e lucrativos (Fetrow et al., 2006), quando se utiliza sémen de machos com elevado mérito genético em fêmeas superiores (Costa et al., 2011) e a maior segurança para os funcionários da exploração são benefícios do uso desta técnica. A IA também permite

o cruzamento entre animais em diferentes localizações geográficas e em diferentes registos temporais (mesmo após a morte do macho) (Costa et al., 2011). Adicionalmente, uma das vantagens mais importantes da IA é a substancial redução da propagação de doenças infecciosas ou contagiosas que podem ocorrer quando os animais se encontram em contacto próximo ou partilham o mesmo ambiente (como por exemplo, tuberculose, brucelose e paratuberculose) e/ou doenças venéreas (como a campilobacteriose, provocada por *Campylobacter fetus ssp. venerealis*) e a tricomoníase (Verberckmoes et al., 2004).

Por forma a alcançar resultados satisfatórios e altas taxas de fertilidade é necessário ter em consideração diversas nuances, desde a colheita, processamento e entrega do sémen a montante das explorações até ao trabalho de conservação e manipulação das doses seminais na exploração. Além disso, a fertilidade inata dos touros e das fêmeas é vital para o sucesso da IA (Kasimanickam, 2021a).

Apesar de todas as vantagens mencionadas, a IA também não está isenta de riscos e de pontos negativos. Apesar de evitar eficazmente a transmissão de doenças venéreas alguns machos podem eliminar agentes patogénicos através do sémen, sem manifestarem sinais clínicos da doença; certas bactérias patogénicas são resistentes aos antibióticos dos diluidores de sémen ou podem evitar os seus efeitos através da formação de biofilmes (Morrel, 2011). A utilização repetida de certos touros ou de certas linhagens pode resultar na perda da variabilidade genética (Morrel, 2011), ou seja, no aumento da endogamia e, alguns defeitos genéticos podem ser amplamente disseminados, principalmente as características recessivas (Noakes et al., 2001). Adicionalmente, quando não se recorre a protocolos hormonais de sincronização da ovulação, é necessária a deteção dosaios e a separação individual dos animais, atividades estas que acarretam mão de obra adicional e que se não forem executadas corretamente podem comprometer a eficácia do processo de IA (Noakes et al., 2001).

2.12.1 Maneio do Contentor de Sémen

O sémen congelado é armazenado num recipiente criobiológico especializado contendo azoto (N_2) líquido. Estes contentores possuem um invólucro externo resistente (de alumínio ou aço inoxidável) e um outro interno, que contém o líquido criogénico. O espaço entre as superfícies interna e externa é isolado e mantido sob vácuo. A tampa é fixada a um cilindro de espuma rígida que se projeta no colo do contentor, de forma a promover o isolamento do azoto líquido e o sémen congelado, das temperaturas externas, minimizando a taxa de evaporação diária. No entanto, o recipiente não é hermético. É essencial, por esta razão, monitorizar rotineiramente o conteúdo de N_2 líquido e reabastecer quando necessário (Kasimanickam, 2021a).

O incorreto manuseamento do recipiente pode provocar fraturas no mesmo, danificando a sua capacidade isoladora que resulta principalmente, do vácuo instalado entre a parede interna e a externa. Assim, a perda de vácuo causa um aumento da temperatura dentro da câmara interna e a rápida evaporação do azoto. A acumulação de gelo no colo do contentor indica rápida evaporação do N₂ líquido e avaria do mesmo. O sémen pode ser armazenado a -196 °C por tempo ilimitado quando o tanque apresenta uma quantidade mínima de líquido de 5cm de altura (Kasimanickam, 2021a).

Os contentores de armazenamento de sémen devem ser guardados longe da luz solar direta, em ambiente fresco, limpo, seco, livre de poeira e bem ventilado; não devem estar diretamente sobre o chão, mas sim elevados, por exemplo, numa palete; não devem ser empilhados uns sobre os outros nem colocados na horizontal e rolados. Durante o transporte devem ser devidamente fixados de modo a minimizar os danos ou derrames (Kasimanickam, 2021a).

2.12.2 Armazenamento de Sémen Congelado

O armazenamento do sémen em contentores de N₂ líquido a -196°C tornou-se o método padrão para preservação de sémen durante longos períodos e, ao longo dos últimos 60 anos, tem mantido inalterada a fertilidade das doses seminais (Hopkins & Evans, 2003). Atualmente, a maioria do sémen bovino é embalada em palhinhas de 0,25 mL (minipalhinhas) ou 0,5 mL (palhinhas médias), sendo mais popular a congelação em minipalhinhas (Kasimanickam, 2021a). Tal acontecimento deve-se ao facto de serem processadas um maior número de doses seminais a partir de um dado ejaculado, em comparação com as palhinhas médias, sem haver diferenças na fertilidade de sémen do touro (Gordon, 1996c).

A lesão térmica dos espermatozoides é irreversível (Kasimanickam, 2021a). Assim, para se obter o máximo da eficiência reprodutiva, a temperatura do sémen deverá manter-se permanentemente a uma temperatura inferior a -130°C, até à sua utilização. Exposições a temperaturas superiores conduzem ao fenómeno de recristalização que originam lesões nas estruturas intracelulares dos espermatozoides. Temperaturas superiores a -80°C conduzem ao “efeito solução” que provoca a desnaturação de enzimas e da membrana celular ou a perda da integridade estrutural das células (Chagas e Silva, 1998). As temperaturas dentro do tanque variam entre o terço inferior e o terço superior. Assim, as hastes dos canisters devem ser elevadas ao nível do colo do contentor mantendo-as abaixo da linha branca ou gelada, acima da qual as temperaturas já são perigosas, por períodos de apenas cinco a oito segundos (Kasimanickam, 2021a).

2.12.3 Descongelamento do Sêmen

A descongelamento do sêmen deve ser efetuada segundo os métodos recomendados pela organização de IA responsável pelo processamento das doses seminais. Os vários centros de IA usam diferentes tipos de diluidores, seguem diferentes ritmos de congelação e utilizam diferentes métodos de processamento. Deste modo, os métodos de manuseio do sêmen congelado e os tempos e temperaturas de descongelamento são distintos consoante o sistema de acondicionamento do sêmen (Nebel, 2007).

Por forma a obter resultados satisfatórios, a descongelamento do sêmen deve ser rápida, uma vez que um ritmo lento permite a recristalização da água intracelular, causando danos à membrana celular (Parkinson & Morrell M., 2019). Embora não haja uma regra geral da temperatura e duração da descongelamento, ela deve ocorrer em banho-maria a 30° a 37°C por 10 a 60 segundos, para o sêmen bovino (Parkinson & Morrell, 2019). Segundo Saacke et al. (1997), palhinhas de 0,5mL devem permanecer imersas em banho-maria a 30-35°C durante 40 segundos. Almquist et al. (1979), considera que as palhinhas médias devem ser imersas por um período mínimo de 30 segundos. Em termos gerais, Chagas e Silva (2007) recomenda descongelar a dose de sêmen em banho-maria a uma temperatura de 35 a 37°C, durante 7 segundos para as minipalhinhas e, 25 segundos para as palhinhas médias.

No que concerne ao controlo da temperatura do sêmen descongelado, esta não deve ser inferior à temperatura final de descongelamento, sendo de extrema importância manter a temperatura da palhinha que contém o sêmen a 35°C até à deposição do sêmen no aparelho genital da fêmea; caso contrário, pode ocorrer uma perda substancial da viabilidade espermática. Os espermatozoides descongelados são tão sensíveis às flutuações de temperatura, quanto os seus equivalentes não congelados e, o choque térmico pode ser facilmente induzido se ocorrer um arrefecimento após a descongelamento (Nebel, 2007).

O sêmen só deve ser descongelado quando não houver nenhum impedimento à realização da IA, devendo ser utilizado imediatamente (Kasimanickam, 2021a). O tempo entre a descongelamento e a deposição do sêmen no aparelho genital da fêmea não deve exceder os 10 minutos (Costa et al., 2011). Segundo outros autores, este intervalo deve ser no máximo de 15 minutos (Nebel, 2007). No caso do sêmen sexado, cuja fertilidade é inferior à do sêmen convencional, o intervalo de tempo entre a descongelamento e a deposição do sêmen deve ser, no máximo, de 5 minutos (Costa et al., 2011).

2.12.4 Técnica de Inseminação

A maioria dos problemas de fertilidade associados à utilização de sêmen congelado, devem-se a um manuseio impróprio das doses seminais e/ou deficiente deposição do seu conteúdo pelo inseminador. O sucesso da IA resulta de uma correta deposição de sêmen de alta

qualidade, em local apropriado do aparelho reprodutor de uma fêmea, no momento mais oportuno, de modo a obter-se um alto índice de concepção (Nebel, 2007).

Nos ruminantes, a deposição de sémen após a cópula é feita na vagina anterior, sendo que a maioria dos espermatozoides depositados são perdidos no aparelho reprodutor feminino logo após a ejaculação. Consequentemente, o número de espermatozoides que atinge o corpo do útero raramente ultrapassa 1% do original (Nebel, 2007; López-Gatius, 2000).

Vários métodos de inseminação foram desenvolvidos para a IA em bovinos: inseminação no corpo uterino, inseminação cornual bilateral, inseminação profunda no corno uterino e inseminação intrafolicular (Kasimanickam, 2021a). A abordagem mais eficiente e frequentemente usada é a técnica de fixação cervical por via transrectal com deposição do sémen no corpo uterino, imediatamente anterior ao óstio interno do cérvix (López-Gatius, 2000; Gordon, 2004). Deste modo, um menor volume de sémen pode ser usado por ato de inseminação relativamente à deposição intravaginal do touro, facto este que permite que o ejaculado possa ser dividido em múltiplas doses para posterior IA e o cérvix, que pode ser encarado como uma barreira à progressão dos espermatozoides que é, por esta via, ultrapassada (Costa et al., 2011)

Uma das fases mais importantes da técnica de inseminação é a deposição do sémen à entrada do corpo do útero. É necessário dominar a penetração cervical, identificando consistentemente o local adequado de deposição do sémen e depositar o sémen com precisão, mas também a higiene do processo deve ser enfatizada. Além disso, o operador deve ter um conhecimento prático da anatomia reprodutiva. A falta de compreensão das relações anatómicas e funcionais de vários tecidos e órgãos do sistema reprodutivo de uma vaca pode levar a erros de inseminação (Kasimanickam, 2021a).

A cânula de IA é colocada numa bainha plástica esterilizada, por forma a protegê-la face a uma contaminação vaginal. A fêmea deve ser adequadamente contida, para minimizar o stress (o aumento das concentrações de cortisol no sangue pode suprimir o pico pré-ovulatório de LH) (Kasimanickam, 2021a).

O braço de palpação é introduzido no reto, o cérvix é localizado e firmemente agarrado. Para a sua execução, o inseminador deve proteger a mão e braço esquerdo com uma luva de canhão comprido, previamente lubrificada (Chagas e Silva, 1985). Recomenda-se a utilização da mão esquerda no reto para manipulação do trato reprodutivo e, a mão direita para a condução da cânula, uma vez que, o rúmen da fêmea situa-se do lado esquerdo, desviando ligeiramente para o lado direito o sistema reprodutor (Dejarnette, 2020). Com o cérvix firmemente agarrado, os lábios da vulva são limpos com um toalhete de papel e a cânula

protegida por uma camisa sanitária é introduzida na vagina sem tocar nos lábios da vulva com uma inclinação de aproximadamente de 30° a 40°, até contactar com o braço esquerdo. Isto é necessário para evitar que a cânula de IA penetre no divertículo suburetral ou no meato urinário, localizados no pavimento vaginal (Kasimanickam, 2021a).

Depois, deve assumir uma posição horizontal e introduzido até que a sua extremidade contacte com a porção posterior e externa do cérvix (Dejarnette, 2020). A camisa sanitária é então repuxada caudalmente e o instrumento avança através do colo do útero até à entrada do corpo uterino. O cérvix ou colo do útero apresenta, geralmente, três ou quatro pregas cervicais, mais ou menos desenvolvidas, pelas quais a cânula deve passar, manipulando-se o colo do útero e mantendo uma pressão firme e consistente sobre o instrumento. Deve ter-se atenção por forma a evitar que a extremidade da cânula presa nas pregas cervicais possa causar trauma (Kasimanickam, 2021a).

Quando se chega à entrada do útero, detém-se o instrumento e faz-se a deposição da totalidade do sémen nesse local, lentamente, durante um período de cinco segundos (Chagas e Silva, 1985). A deposição lenta maximiza a quantidade de sémen existente na palhinha e minimiza um desigual fluxo de sémen para um dos cornos uterinos (Kasimanickam, 2021a). Retira-se, por fim, a cânula e o braço, com suavidade e sem movimentos bruscos (Chagas e Silva, 1985).

Embora a recomendação padrão seja depositar o sémen no corpo uterino, a inseminação bicornual não resulta numa alteração significativa da fertilidade (Marshall et al., 1989; Graves et al., 1991) ou pode até melhorar a fertilidade (Senger et al., 1988).

Relativamente à inseminação cornual ipsilateral (ao ovário com o folículo pré-ovulatório), esta apresenta taxas de concepção com doses seminais de baixa concentração (2 milhões de espermatozoides) semelhante à técnica de deposição no corpo uterino com doses seminais de concentração normal (15 milhões de espermatozoides).

Verberckmoes et al. (2005) desenvolveram um dispositivo de IA (dispositivo de Ghent) por forma a realizar a deposição do sémen próximo da junção útero-tubárica. Após avaliarem e comparem esta técnica com as demais, concluíram que nem a quantidade dos espermatozoides (12 milhões versus 4 milhões), nem o local de deposição do sémen, influenciaram as taxas de concepção.

A inseminação intrafolicular é definida como a introdução direta de uma suspensão de espermatozoides de baixo volume (0,06 mL) num folículo pré-ovulatório. Esta técnica tem sido recomendada como alternativa à usual deposição de sémen no útero, nas fêmeas de baixa fertilidade (López-Gatius & Hunter, 2011). Embora os resultados sejam comparáveis à

inseminação intrauterina, são necessários mais estudos de forma a determinar a sua aplicabilidade.

Alguns métodos têm sido estudados com o intuito de melhorar o transporte dos espermatozoides após a IA, entre os quais a administração da PGF_{2α}, no momento da inseminação, e a massagem clitoridiana, imediatamente após a IA. No caso da injeção de PGF_{2α} foram relatadas melhorias da fertilidade em novilhas, mas não em vacas (López-Gatiús et al., 2004). No que concerne à realização de massagem clitoriana, Cooper et al. (1985) não encontraram nenhuma melhoria na taxa de concepção quando esta foi realizada durante cinco segundos após a IA. Contrariamente, outros autores consideram que este procedimento aumenta a taxa de concepção, por promover um aumento do lúmen do cérvix, o que facilita a progressão dos espermatozoides e, estimulando a libertação de oxitocina, que aumenta as contrações do útero em direção ao oviduto (Gordon, 1996c). Adicionalmente, acelera a libertação de LH, o que leva a uma ovulação mais precoce relativamente aos animais não estimulados (Bozkurt et al., 2007).

2.12.5 Momento da Inseminação

A deteção adequada do estro é fulcral para o sucesso da IA. Em consequência, a inseminação deve ser efetuada na fase mais propícia do ciclo éstrico da vaca, correspondendo ao período do estro que antecede a ovulação (Kasimanickam, 2021a). A fertilização ocorre no oviduto, na ampola tubária. O tempo de vida útil do ócito é cerca de 12 a 18 horas, e a fertilidade ótima é projetada para ocorrer entre 6 a 12 horas após a ovulação. Os espermatozoides atingem o istmo do oviduto em número suficiente aproximadamente 8 horas após a cópula e necessitam de algumas horas no trato reprodutivo da fêmea para se capacitarem e alcançarem o seu total potencial de fertilização, permanecendo viáveis aí, por um período de 24 a 30 horas (Kasimanickam, 2021a). A ovulação ocorre, em média, aproximadamente 28 a 32 horas depois do início do estro. Há mais de 50 anos vem-se aplicando a regra de IA manhã-tarde (AM-PM), enunciada por Trimberg e Davies (1943). No entanto, grandes ensaios de campo indicam que as taxas máximas de concepção podem não ser alcançadas usando a regra AM-PM. A diminuição da eficácia de deteção de estro pode afetar o sucesso quando a IA é realizada com base nesta regra. As melhores taxas de concepção para IA foram registadas entre 4 e 12 horas após o início do estro, nas vacas leiteiras (Kasimanickam, 2021a).

2.13 Necessidades Nutricionais em Bovinos de Carne

As necessidades nutricionais das vacas de carne variam de forma previsível em relação ao momento da reprodução, parto e desmame. As necessidades em proteína, energia, vitaminas e minerais, atingem o seu pico de quatro a oito semanas após o parto, coincidindo com o pico de produção de leite. Em seguida, há uma diminuição normal das necessidades nutricionais

à medida que a produção de leite diminui; e, logo após o desmame dos vitelos, as necessidades nutricionais das fêmeas atingem o seu ponto mais baixo do ano. Só nos últimos 60 a 80 dias de gestação é que as necessidades nutricionais da fêmea começam de novo a aumentar por forma a sustentar o crescimento fetal exponencial e o metabolismo uterino acelerado (Bauman & Currie, 1980). Deste modo, as necessidades nutricionais em vacas de carne são bastante previsíveis, uma vez que os responsáveis das explorações têm a capacidade de definir a altura do ano em que ocorrem os diferentes processos inerentes à produção dos vitelos (Olson et al., 2021). Nas situações em que há por parte das fêmeas maiores necessidades nutricionais e se elas não forem devidamente satisfeitas, isto é, se os animais tiverem uma dieta deficiente perante o estado metabólico em que se encontram, as reservas corporais de energia e proteína são mobilizadas por forma a sustentar os processos metabólicos. A função reprodutiva (conceção), que é um dos parâmetros essenciais para uma gestão eficiente de uma exploração de bovinos de carne, não é em termos metabólicos priorizada. Deficiências nutricionais que ocorram no final da gestação e no início da lactação, que precedem imediatamente a exposição à reprodução, resultam na mobilização de reservas corporais. Se esta mobilização for significativa durante tais períodos, o resultado provável será uma concepção atrasada ou falha na concepção (National Academies of Sciences, 2016).

2.13.1 Classificação da Condição Corporal (CC)

A classificação da CC, é um método subjetivo de avaliar a quantidade de gordura subcutânea e musculatura que cobrem a estrutura esquelética e é uma ferramenta expedita e muito útil na avaliação das reservas corporais dos bovinos (Olson et al., 2021). Este método surgiu como forma de ultrapassar a inexistência de balanças e, conseqüentemente, da pesagem dos animais nas explorações pecuárias e, em virtude do elevado custo associado a métodos técnicos de determinação direta de gordura e proteína (McNamara, 2011). Apesar da pesagem ser um método mais objetivo, a classificação da CC pode ser usada como uma alternativa, a fim de realizar as mudanças desejadas no peso corporal do animal (Olson et al., 2021). Assim, consideram-se alturas estratégicas para avaliação da CC: o último trimestre de gestação, a época de parições, o início da época de cobrição e a época de desmame dos vitelos (Eversole et al. 2005; Lopes da Costa, 2014b; Swecker, 2015).

As escalas utilizadas para avaliar a CC diferem entre países e consoante a aptidão produtiva dos animais, leite ou carne, mas todas consistem na palpação e/ou observação dos animais (Roche et al., 2009). A escala mais frequentemente usada nos bovinos leiteiros é uma de cinco pontos, de 1 (animal emaciado) a 5 (animal obeso), com aumentos de 0,25 unidades de avaliação entre cada ponto da escala. O sistema de avaliação mais comumente aplicado nos bovinos de carne é a escala de nove pontos, sendo que 1 corresponde a um animal

extremamente emaciado e 9 extremamente obeso (Olson et al., 2021). A maioria dos sistemas de pontuação de CC para bovinos de carne foram concebidos para serem avaliações visuais da CC a uma distância de até 30 metros do animal (National Academies of Sciences, 2016). As descrições publicadas de cada CC presumem que os avaliadores humanos tenham um conhecimento bastante seguro da anatomia bovina. Adicionalmente, pode ser necessária formação e experiência para interpretar com precisão as descrições publicadas nas classificações de CC e atribuí-las corretamente a vacas e novilhas em condições de campo (National Academies of Sciences, 2016). Diferenças na estrutura óssea entre os animais, nível de preenchimento do trato digestivo, cor da pele, espessura do pelo grau de iluminação e a distância entre o observador e o animal, podem contribuir para a atribuição de uma CC incorreta (National Academies of Sciences, 2016). Daí que o registo da CC com o recurso à palpação ajuda a eliminar os preconceitos visuais e, quando feita utilizando pontos anatómicos apropriados, de referência, como as costelas, os processos espinhosos e transversos da coluna vertebral, a vazia, a ponta do íleo, a base da cauda, o sacro e as vértebras lombares (Edmonson et al., 1989), minimizam-se os efeitos do preenchimento do trato digestivo, na avaliação da CC.

2.13.2 Condição Corporal Ideal

A relação entre a CC e a produção e o bem-estar animal nem sempre é linear. Os animais podem necessitar de perder ou ganhar peso, principalmente no terceiro trimestre de gestação, para estarem com uma CC apropriada na altura do parto e na lactação subsequente (Wildman et al., 1982). Por norma, atingir uma CC moderada no momento certo permite uma função reprodutiva ideal, incluindo a minimização de distócia, a redução do período de anestro pós-parto e o retorno precoce à reprodução (Meyer et al., 2010). Uma CC baixa no momento do parto tem sido associada à distócia e ao fracasso reprodutivo subsequente, enquanto a CC elevada no parto tem sido associada à baixa ingestão alimentar, distócia, doenças metabólicas e a elevados custos de manutenção (Long et al., 2012). Roche et al (2009) consideram como ideal no momento do parto, uma CC entre 3 e 3,25 numa escala de 5 pontos, enquanto outros autores (Crowe, 2008) afirmam que o sucesso para otimizar o retorno à ciclicidade nas vacas leiteiras é estas chegarem ao final da gestação com uma CC entre 2,75 e 3,0 e evitar posteriores perdas de CC pós-parto superiores a 0,5 unidades. No que concerne aos bovinos de carne, a National Academies of Sciences (2016) considera que, numa escala de 9 pontos, a CC ideal equivale a uma pontuação de 5 ou 6.

2.14 Fatores que Influenciam o Desempenho Reprodutivo da Fêmea Bovina

2.14.1 Condição Corporal e Reservas Corporais

O período após o parto e o início da lactação constitui um momento crítico para a fêmea bovina em que podem ocorrer distúrbios reprodutivos, metabólicos (cetose e fígado gordo),

infeciosos e digestivos (McCormack, 1978). Adicionalmente, diversas insuficiências ou falhas reprodutivas ocorrem durante a lactação relacionadas com o metabolismo da gordura corporal, ácidos gordos e glicose. Estes problemas incluem o retorno tardio à ciclicidade reprodutiva, ovulação tardia, inibição do crescimento folicular, redução da fertilidade e morte embrionária precoce (McNamara, 2011). Deste modo, a CC nos bovinos pode ser um fator central para o sucesso reprodutivo.

As vacas leiteiras que se encontram com uma CC elevada ao parto, e que são sobrealimentadas durante o final da lactação e o período seco, apresentam um excesso de gordura na altura do parto, interferindo com as contrações uterinas, o que pode provocar distócia, e afetar a libertação de diferentes hormonas e citocinas que têm repercussões na fertilidade (McNamara, 2011). McCormack (1978) relata que vacas sobrealimentadas tem maior predisposição para a ocorrência de retenção placentária. Efetivamente, vacas com CC superior a 3,5 no período seco, apresentam uma menor capacidade de ingestão, o que agrava, ainda mais, o balanço energético negativo característico do período pós-parto, predispondo para cetose e fígado gordo, assim como para problemas reprodutivos, metrite, quistos ováricos, patologia podal e distócia (Gearhart et al., 1990). Por outro lado, Kaneene & Miller (1995) associaram tanto o excesso de CC, como a subnutrição, à ocorrência de metrites.

A quantidade e a utilização de glucose e de ácidos gordos pelo cérebro influenciam a libertação da GnRH e, conseqüentemente, a de LH, influenciando todo o processo ovulatório. Quando a fêmea apresenta uma CC baixa ao parto e a energia proveniente dos ácidos gordos do tecido adiposo não é suficiente, a maior parte da glucose é desviada para a produção de leite (síntese de lactose), fazendo com que a libertação de GnRH diminua, conduzindo a um estado de aciclia (McNamara, 2011). Adicionalmente, pode haver um padrão insuficiente ou incorreto de ácidos gordos que suprime a atividade ovárica. A disponibilidade de ácidos gordos e o seu tipo (omega-3 ou omega-6) também influenciam o desenvolvimento folicular (McNamara, 2011). Alguns estudos indicam que vacas suplementadas com dietas ricas em gordura apresentam folículos com maior crescimento e diâmetro (Jenkins, 2011). Dietas ricas em gordura durante a gestação, podem ter um efeito sinérgico, juntamente com a acção do interferão- γ (produzido pelo embrião), na supressão da síntese de PGF_{2 α} (Jenkins, 2011). Animais subnutridos podem não sintetizar quantidade suficiente de fatores de crescimento embriotróficos, necessários ao desenvolvimento embrionário normal, nem para suportar a gestação (Lucy, 2019). Hormonas como a insulina e o IGF-I, também afetam a função ovárica e estão relacionadas com a gordura corporal, com os níveis de glucose e com a taxa de ingestão alimentar (McNamara, 2011). Lalman et al. (1997), verificaram que vacas primíparas sujeitas a dietas pouco energéticas, para além de uma diminuição da CC, apresentaram ainda

uma maior duração do anestro pós-parto. Para Lamb (1999), uma restrição energética durante o pré-parto tem como consequência uma CC fraca ao parto, o que pode conduzir a um anestro pós-parto prolongado, a uma diminuição nos valores de fertilidade e a um aumento da duração do período compreendido entre o parto e a concepção.

2.14.2 Fatores Ambientais

Os diversos condicionantes ambientais a que os animais estão sujeitos (temperatura, precipitação, radiação e vento) podem afetar negativamente a reprodução. Os sistemas de produção de bovinos aleitantes em Portugal são caracterizados por serem realizados, predominantemente, em regime extensivo ou semi-intensivo e, como tal, são muito influenciados por fenómenos sazonais (Rodrigues, 1998). Alguns autores, consideram que as fêmeas paridas nos meses de inverno (hemisfério norte) apresentam anestro pós-parto de maior duração comparativamente a animais que parem nos meses de verão (Belo et al., 2013). Este acontecimento, encontra-se relacionado com os padrões de precipitação que, nos climas mediterrânicos, ocorrem durante os meses de outono e primavera, possibilitando, assim, o crescimento de erva no final do inverno/início da primavera e, conseqüentemente, uma maior disponibilidade alimentar (Belo et al., 2013). De Silva et al. (1981) referem que perante condições de temperatura elevada, as vacas apresentaram níveis elevados de P₄, 12 horas após o início do estro e próximo da IA, resultando numa diminuição da fertilidade. Durante a fase lútea, o stress hipertérmico pode reduzir as concentrações de P₄, levando a menores taxas de concepção (De Silva et al., 1981). Adicionalmente, alguns estudos relataram que os aumentos das concentrações de P₄, em condições de stress hipertérmico, se devem a uma resposta adaptativa ao stress térmico (Abilay et al., 1975). Apesar de não haver anestro sazonal, o comportamento reprodutivo das vacas pode ser modificado pelo fotoperíodo, havendo evidência de que dias curtos de inverno têm influência no prolongamento do anestro pós-parto (Hansen, 2007).

2.14.3 Metrite, Endometrite, Piómetra e Retenção das Membranas Fetais

Uma das causas mais significativas de infertilidade na fêmea bovina é o complexo de doenças uterinas pós-parto que inclui a retenção de membranas fetais, metrite puerperal, endometrite, piómetra e outras infeções uterinas inespecíficas. A contaminação bacteriana do útero ocorre, frequentemente, durante ou imediatamente após o parto, mas também durante a cópula ou a IA (Noakes et al., 2001). Em condições normais, existem diversos mecanismos, que impedem a colonização do trato genital por bactérias oportunistas. No entanto, lesões nas barreiras mecânicas do sistema reprodutor da fêmea, como as práticas obstétricas inadequadas, podem contribuir para o estabelecimento de infeções; tecidos lesionados e desvitalizados são menos resistentes e mais propensos a infeções; e, como resultado, pode ocorrer uma metrite puerperal (Noakes et al., 2001). No pós-parto, o sistema imunitário da fêmea pode encontrar-

se suprimido devido a fatores como distócia, retenção de membranas fetais, doenças metabólicas e esteatose hepática (Noakes et al., 2001). A dominância da P₄ no sistema genital também aumenta a suscetibilidade a infecções; e, qualquer condição que prolongue a fase lútea pode permitir que contaminantes inespecíficos tornem-se patogénicos (Noakes et al., 2001). A presença de um CL persistente ou de quistos ováricos estão, muitas vezes, associados à infecção uterina, tornando o útero incapaz de segregar concentrações luteolíticas de PGF_{2α}, contribuindo para a perpetuação da infecção (Noakes et al., 2001).

3 Trabalho Experimental

3.1 Objetivos

Esta dissertação de mestrado tem como objetivo o estudo comparativo de duas dietas e da forma como a suplementação com FVH pode afetar a fertilidade, condição corporal e peso de novilhas sujeitas a IATF com: um Grupo Controlo, ao qual foi fornecida uma dieta base sem suplementação de FVH e, um Grupo Experimental, que consumiu a mesma dieta base, além de ser suplementado com FVH. Deste modo, foram efetuadas ao longo do estudo pesagens das fêmeas, avaliações da sua CC e exames ultrassonográficos de gestação, com o intuito de verificar se houve alguma alteração da fertilidade, peso vivo e CC entre as novilhas sem ou com suplementação hidropónica.

Este trabalho experimental divide-se em três Análises: I, II e III. Na Análise Experimental I, foi avaliado o efeito da suplementação da FVH na fertilidade, mais concretamente na taxa de conceção global, taxa de gestação à cobrição pelos touros de varrimento, precocidade da gestação à cobrição, o sucesso da IATF em função do peso e sucesso da IATF em função de uma resposta positiva do Estrotect™, de forma a verificar a existência ou não de alguma alteração, resultante da suplementação hidropónica. Na análise experimental II, foi avaliado o efeito das dietas Controlo e Experimental na evolução da CC, de modo a verificar a existência de alguma alteração decorrente da suplementação FVH. Na análise experimental III, foi avaliado o efeito das dietas Controlo e Experimental sobre o peso vivo das novilhas, com o intuito de procurar alguma diferença dos pesos consoante a dieta fornecida.

3.2 Material e Métodos

O presente trabalho foi realizado na Empresa Portugal Rural, Lda., localizada no concelho de Portel, distrito de Évora (coordenadas: 38° 18' 28" N, 007° 41' 17" W).

A empresa comporta várias herdades num total de 3200 hectares, sendo as principais áreas de negócio, a olivicultura, a criação de bovinos Limousine em linha pura e de bovinos cruzados de Limousine e de Aberdeen-Angus e ainda, a atividade cinegética. Na atualidade, a exploração apresenta um efetivo total de 953 animais, dos quais 476 são vacas adultas reprodutoras.

Os dados deste estudo foram recolhidos entre o dia 03 de janeiro de 2024, com a seleção das novilhas e o dia 25 de junho de 2024, com a realização dos últimos diagnósticos ultrassonográficos de gestação e, para tal, foram escolhidas 52 fêmeas nulíparas. Este trabalho teve como propósito avaliar e comparar o efeito da suplementação de FVH de cevada-dística (*Hordeum distichon*) na fertilidade das novilhas após IATF, a evolução do seu peso vivo e da CC.

Foram constituídos dois grupos: Grupo Controlo com 20 novilhas e o Grupo Experimental com 32 novilhas, mantendo-se como única variável das dietas, a suplementação de forragem verde hidropónica no Grupo Experimental.

As pesagens, as classificações da CC, as IATF e os diagnósticos de gestação ecográficos das fêmeas em estudo, foram sempre efetuadas pela mesma médica veterinária (ver Figura 7), assim como os exames andrológicos aos touros de varrimento (ver Figura 8).



Figura 7: Processo de Inseminação Artificial a Tempo Fixo (original do autor)



Figura 8: Realização de Exame Andrológico (original do autor)

3.3 Animais

No presente estudo, a partir de um grupo de 52 novilhas virgens, cruzadas de carne e puras da raça Limousine, foram constituídos 2 grupos: Controlo - com 20 fêmeas e, Experimental - com 32. As fêmeas foram distribuídas em função da sua idade, peso corporal e raça por forma a constituir grupos o mais homogêneos possível. Assim, no início do estudo, a idade e peso médio no Grupo Controlo foram de 24 meses e de 445,9kg, respetivamente, e, no Grupo Experimental, de 25 meses e 450,5kg, respetivamente (ver Tabela 1 e 2). Relativamente à raça, o Grupo Controlo foi constituído por 5 Limousine puras, 13 cruzadas de Limousine e 2 cruzadas de Aberdeen-Angus. Por sua vez, o Grupo Experimental formou-se com 8

Limousine puras, 22 cruzadas de Limousine e 2 cruzadas de Aberdeen-Angus (ver Tabela 1 e 2).

Tabela 1: Dados referentes a novilhas que integraram o Grupo Experimental (dieta suplementada com FVH)

N.º SNIRA	DATA DE NASCIMENTO	RAÇA	IDADE (meses)	PESO (Kg)
PT133985302	13/02/2022	Cruzado Limousine	22	374
PT433985278	03/02/2022	Cruzado Limousine	23	363
PT833985290	12/02/2022	Cruzado Limousine	22	394
PT733985281	02/02/2022	Cruzado Limousine	23	413
PT633985291	08/02/2022	Cruzado Limousine	22	411
PT233985316	03/03/2022	Cruzado Limousine	22	382
PT233985250	17/01/2022	Cruzado Limousine	23	340
PT833985276	03/02/2022	Cruzado Limousine	23	415
PT133985289	12/02/2022	Cruzado Limousine	22	460
PT433985254	20/01/2022	Cruzado Limousine	23	440
PT833985219	26/12/2021	Cruzado Limousine	24	407
PT333985240	26/12/2021	Cruzado Limousine	24	446
PT933985242	31/01/2022	Cruzado Limousine	23	431
PT133985260	25/01/2022	Cruzado Limousine	23	389
PT733985248	11/01/2022	Cruzado Limousine	23	452
PT233985236	26/12/2021	Cruzado Limousine	24	477
PT133985284	02/02/2022	Cruzado Limousine	23	470
PT333985221	26/12/2021	Cruzado Limousine	24	502
PT233627761	05/11/2021	Cruzado Limousine	25	478
PT633985093	17/01/2022	Cruzado Aberdeen-Angus	23	353
PT333092585	22/12/2021	Cruzado Limousine	24	426
PT633092555	12/10/2021	Cruzado Limousine	26	530
PT333092580	07/11/2021	Cruzado Aberdeen-Angus	25	574
PT133627696	07/10/2021	Cruzado Limousine	26	566
PT033001647	13/12/2020	Limousine	36	524
PT133627672	13/05/2021	Limousine	31	570
PT933985228	26/12/2021	Limousine	24	468
PT533985188	09/11/2021	Limousine	25	462
PT833985238	31/12/2021	Limousine	24	359
PT133627677	07/06/2021	Limousine	30	542
PT733627698	09/10/2021	Limousine	26	442
PT733627679	26/07/2021	Limousine	29	556

Tabela 2: Dados referentes a novilhas que integraram o Grupo Controlo (dieta padrão)

N.º SNIRA	DATA DE NASCIMENTO	RAÇA	IDADE (meses)	PESO (Kg)
PT033985294	12/02/2022	Cruzado Limousine	22	366
PT433985310	01/03/2022	Cruzado Limousine	22	388
PT933985303	17/02/2022	Cruzado Limousine	22	392
PT633985319	13/03/2022	Cruzado Limousine	21	419
PT533985305	22/02/2022	Cruzado Aberdeen-Angus	22	419
PT833985252	17/01/2022	Cruzado Limousine	23	427
PT033985270	30/01/2022	Cruzado Limousine	23	486
PT533985244	09/02/2022	Cruzado Aberdeen-Angus	22	422
PT733627711	11/10/2021	Cruzado Limousine	26	439
PT933985223	26/12/2021	Cruzado Limousine	24	484
PT833985214	26/12/2021	Cruzado Limousine	24	492
PT933985100	10/03/2022	Cruzado Limousine	21	382
PT833985097	09/02/2022	Cruzado Limousine	22	398
PT533092560	16/10/2021	Cruzado Limousine	26	434
PT933092582	25/11/2021	Cruzado Limousine	25	454
PT233280133	29/03/2021	Limousine	33	636
PT733280183	03/05/2021	Limousine	32	409
PT233627681	04/08/2021	Limousine	28	554
PT433627680	03/08/2021	Limousine	29	600
PT533985324	22/04/2022	Limousine	20	316

Em termos de profilaxia, previamente ao estudo, todas as nulíparas foram sujeitas a um rigoroso plano profilático tendo sido vacinadas contra IBR (Rinotraqueíte Infeciosa Bovina) e BVD (Diarreia Viral Bovina) (BOVILIS®, MSD Animal Health, Portugal), Moraxella bovis (Sorológico, Portugal), Clostridiose (Bravoxin®10, MSD Animal Health, Portugal) e Leptospirose (Spirovac®, Zoetis, Portugal).

3.4 Maneio Reprodutivo

Ambos os grupos foram sujeitos a um protocolo de sincronização de ovulação CIDR® 7d Co-Synch, tendo o primeiro passo (Dia 0) ocorrido na sexta semana após o início do regime alimentar em estudo, com a administração intramuscular (IM) de GnRH (2mL Gonestín®, Zoetis, Portugal) e a colocação, via intravaginal, de um dispositivo em silicone em forma de T impregnado de P₄ (CIDR® Zoetis, Portugal). O segundo passo do protocolo (Dia 7) coincidiu com a remoção dos dispositivos intravaginais e com a administração IM de PGF_{2α} (5mL Dinolytic®, Zoetis, Portugal). Adicionalmente, foi colocado na base da cauda de cada novilha um marcador adesivo (Estrotect™) (ver Figura 9), que funciona como um auxiliar de deteção de cio, por via da abrasão e alteração da côm, por via das montas por parte das companheiras. Passadas 72 horas da administração da PGF_{2α}, todas as novilhas foram sujeitas a IATF

realizada sempre pelo mesmo operador, associada a uma segunda administração IM de GnRH (2mL Gonestín®, Zoetis, Portugal) (Dia 10) (ver Figura 9).



Figura 9: Protocolo de Sincronização de Ovulação CIDR® 7d co-Synch

Passados 14 dias da IATF, foram colocados três touros de varrimento da raça Aberdeen até ao fim do ensaio, um no Grupo Controlo e dois no Grupo Experimental. A seleção dos touros para cada grupo foi efetuada após aprovação nos respetivos exames andrológicos.

3.5 Regime Alimentar

No que diz respeito ao regime alimentar das novilhas, as dietas do Grupo Controlo e do Grupo Experimental (ver Tabela 3) foram previamente determinadas tendo por base as necessidades energéticas dos animais e o valor unitário das mesmas, por forma a ter um custo por novilha, por dia, aceitável para a realidade da exploração e que a única variável entre os dois grupos fosse a incorporação de FVH. As características nutricionais das dietas primas encontram-se nos Anexos 1, 2. Estas dietas foram fornecidas aos animais por um período de doze semanas.

Tabela 3: Dieta do Grupo Controlo e do Grupo Experimental

Matéria-Prima(kg)	Dieta Grupo Controlo		Dieta Grupo Experimental	
	Matéria Bruta	Matéria Seca	Matéria Bruta	Matéria Seca
Farinha de Milho	2	1,72	0,75	0,65
Fenossilagem de Trevo	10	4,58	5	2,29
Palha de Trigo	3,7	3,44	3,7	3,44
Adimix Vacas Aleitantes 120	0,12	0,12	0,12	0,12
Forragem Verde Hidropónica	-----	-----	10	1,8
Total (kg)	15,82	9,86	19,57	8,29
Custo/animal/dia (€)	3,78		3,72	

3.5.1 Maneio Alimentar

Relativamente ao maneio alimentar, parte da dieta (palha de trigo e fenossilagem de trevo) foi preparada num “Unifeed” acoplado a um trator e fornecida aos animais, duas vezes por semana, sendo as quantidades de cada matéria-prima sido calculadas tendo em conta o peso médio dos fardos de palha e o das bolas de fenossilagem. As restantes matérias-primas (farinha de milho, Adimix vacas aleitantes 120 - alimento concentrado e FVH, no caso do Grupo Experimental) eram pesadas e disponibilizadas uma vez ao dia, durante o período da manhã (ver Figura 10 e 11).



Figura 10: Farinha de Milho e Alimento Concentrado (original do autor)



Figura 11: Tapetes de Forragem verde hidropónica de Cevada dística (original do autor)

Todas as novilhas tiveram acesso *ad libitum* à água.

Os dois grupos do ensaio encontravam-se em parques devidamente separados e possuíam manjedouras com dimensão suficiente para que todas as novilhas tivessem acesso ao comedouro ao mesmo tempo (ver Figura 12).



Figura 12: Zona de alimentação do grupo Experimental (original do autor)

3.6 Parâmetros Avaliados no Estudo

A condição corporal das novilhas foi avaliada numa escala de 5 pontos (1=emaciada a 5=obesa), segundo a classificação de Edmonson et al. (1989) e de acordo com a tabela de consulta correspondente ao Anexo 4. Os animais foram avaliados por três vezes: na primeira, sexta e décima segunda semanas, após o início do fornecimento das duas dietas. Foram realizadas pesagens dos animais no início do ensaio, na sexta semana e na décima segunda semana do fornecimento das dietas, com o auxílio de uma balança acoplada ao tronco de contenção. Os diagnósticos ultrassonográficos de gestação (ImaGo, Humeco, Espanha) foram realizados às cinco, dez e dezasseis semanas após a realização da IATF e, posteriormente, foi calculada a taxa de concepção e a taxa de gestação pelos touros.

3.7 Análise Estatística

Durante a realização deste trabalho experimental, todos os dados e registos recolhidos na exploração foram introduzidos numa base de dados criada no programa informático Microsoft® Office Excel 365. Esta base de dados continha a identificação dos animais (número de SNIRA - Sistema Nacional de Informação e Registo Animal), a data de nascimento e respetiva idade no momento da seleção das novilhas para a realização do ensaio, bem como a sua raça e o peso vivo. Posteriormente, ao longo do estudo foram registados os dados relativos às diferentes pesagens e CC, identificação da palhinha de sémen utilizada em cada novilha, o resultado de cada Estrotect™ e os resultados dos diagnósticos ultrassonográficos de gestação.

O estudo estatístico foi realizado com o recurso ao software estatístico *R* (versão 4.4.1), utilizando o *RCommander* e um *script* próprio. Inicialmente, foi utilizado o teste de *Shapiro-Wilk* para analisar a distribuição do peso vivo das novilhas, tendo-se verificado em ambos os grupos (Controlo e Experimental) que os pesos apresentavam uma distribuição normal. Devido à pequena dimensão das amostras, quer no Grupo Controlo, quer no Grupo Experimental, foi utilizado o teste de *Fischer* de modo a averiguar a significância dos resultados. Foram ainda utilizados modelos de regressão linear por forma a analisar a relação entre o sucesso da IATF e o peso e para avaliar a evolução da CC ao longo do estudo. Adicionalmente, fez-se um teste de linearidade de modo a interpretar a relação linear entre o sucesso da IATF e o peso.

Neste âmbito, o nível de significância utilizado foi o de 5%, ou seja, um valor- $p \leq 0,05$.

3.7.1 Análise Experimental I - Efeito da Suplementação da FVH na Fertilidade

Esta análise teve como propósito: comparar a taxa de conceção global, o sucesso da IATF em função do peso das novilhas, avaliar a precocidade da gestação pelos touros de varrimento e a relação entre o sucesso da IATF e o resultado do EstroTECT™ no Grupo Controlo e Grupo Experimental, face a duas dietas distintas.

3.7.1.1 Resultados

3.7.1.1.1 Taxa de Conceção

Os resultados obtidos para a taxa de conceção estão registados na Tabela 4.

Tabela 4: Taxa de Conceção no Grupo Controlo e Grupo Experimental

Grupo	Taxa de conceção
Controlo	33,3%
Experimental	28,1%

Nesta Análise I, registou-se uma taxa de conceção de 33,3% no Grupo Controlo e de 28,1% no Grupo Experimental. Por forma a averiguar se esta diferença era significativa, realizou-se um teste de *Fisher*. Este teste não permitiu rejeitar a hipótese nula (valor- $p=0,5159$), isto é, não foi possível rejeitar que não havia uma diferença significativa entre as taxas de conceção do Grupo Controlo e do Experimental.

Na tentativa de encontrar outros padrões dentro de ambos os grupos, procedeu-se a uma análise da taxa de conceção em função do peso vivo das novilhas no momento da IATF. Neste estudo, Q1, Q2, Q3 e Q4 representam os intervalos entre o mínimo e o primeiro quartil,

primeiro quartil e mediana, mediana e terceiro quartil e terceiro quartil e máximo, respetivamente.

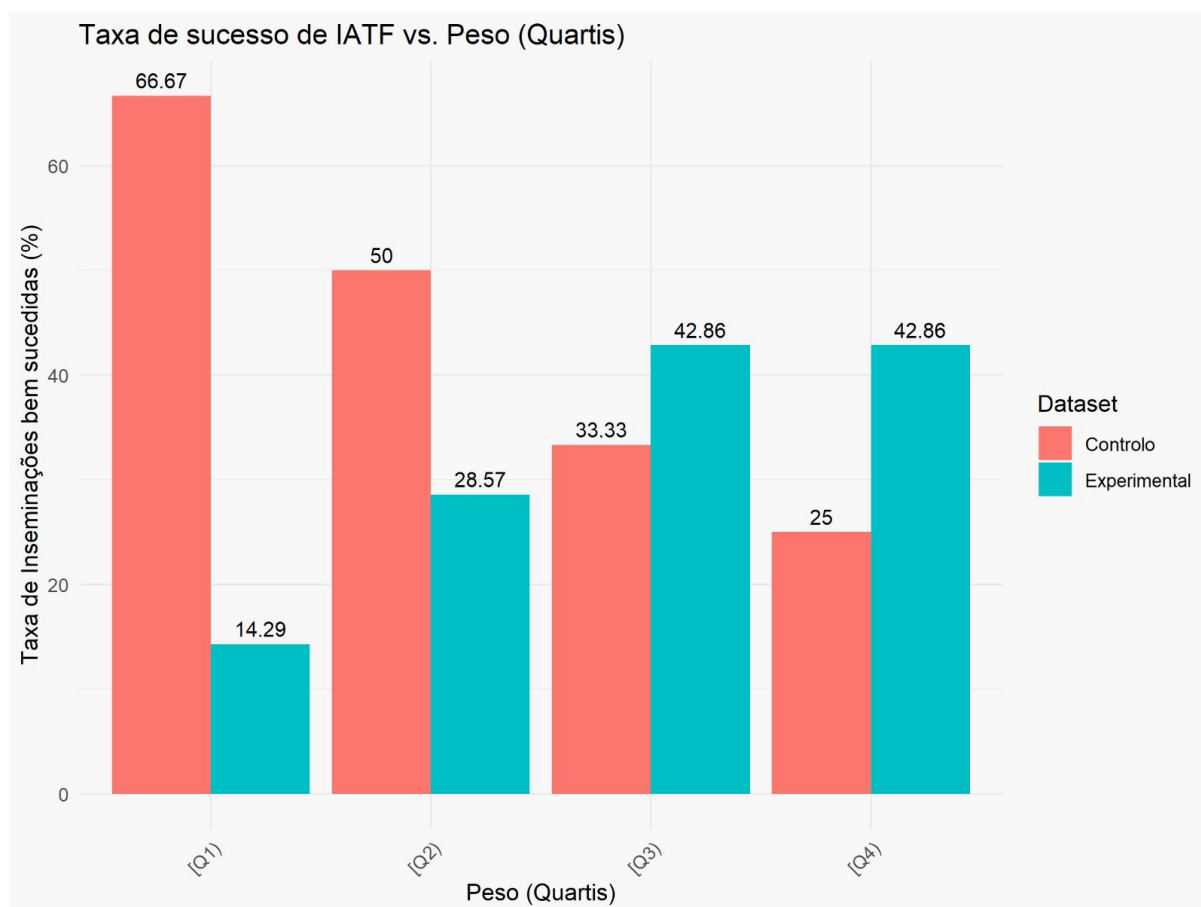


Figura 13: Taxa de Sucesso da IATF em função do peso no grupo Controlo e Experimental.

Analisando-se a Figura 13, pode conjecturar-se a existência de uma correlação positiva entre a IATF e o peso das novilhas no Grupo Experimental, enquanto no Grupo Controlo esta correlação aparenta ser negativa. Neste sentido, procedeu-se à confirmação da existência de linearidade entre as variáveis. Utilizando o programa *R*, efetuou-se um teste de regressão linear, o que resultou num valor $p=0,010$ no Grupo Controlo e, $p=0,056$ no Grupo Experimental. Assim, confirmou-se a linearidade para os valores no Controlo, não se podendo afirmar o mesmo no Grupo Experimental, para o nível de significância acima definido, apesar deste valor de rejeição ser muito próximo do limite de significância. No Grupo Controlo, ao analisar-se a taxa por intervalos, verificou-se que no Q1, a taxa de concepção foi a mais elevada (66,7%). No grupo Experimental, os intervalos Q3 e Q4 foram os que apresentaram um valor mais elevado da taxa de concepção (42,86%).

3.7.1.1.2 Taxa de Gestação

Como se pode concluir por análise da Tabela 5, a taxa de gestação quatro semanas após a entrada dos touros de varrimento foi de 57,1% para o Grupo Controlo e de 82,6% para o Grupo Experimental. Esta taxa de gestação aumentou para 87,5% nos restantes diagnósticos ultrassonográficos de gestação realizados às nove e quinze semanas após entrada dos machos no Grupo Experimental e aumentou para 92,8% no Grupo Controlo. A precocidade da gestação no Grupo Experimental foi superior à do Grupo Controlo em 69%. No entanto, nada se pôde concluir em relação à sua significância (valor $p=0,13$).

Tabela 5: Taxa de Gestação 4, 9 e 15 semanas após a entrada de touros de varrimento

Grupo	Taxa de Gestação (%)		
	4ª semana	9ª semana	15ª semana
Controlo	57,1%	92,8%	92,8%
Experimental	82,6%	87,5%	87,5%

3.7.1.1.3 Sucesso da IATF nas Novilhas com EstroTECT™ Positivo

Os resultados obtidos estão registados na Tabela 6.

Tabela 6: Sucesso da IATF nas novilhas com EstroTECT™ Positivo

Grupo	Taxa de Sucesso com EstroTECT™ Positivo
Controlo	41,7%
Experimental	31%

Com o intuito de analisar a existência de uma relação entre a aplicação do EstroTECT™ e o sucesso da inseminação, efetuou-se um teste de Fisher, o qual não rejeitou que não houvesse diferenças significativas (valor $p=0,2465$), ou seja, neste estudo não se pôde afirmar que não existe uma relação entre o dispositivo de auxílio na deteção de estro e o sucesso da IATF.

3.7.2 Análise Experimental II- Efeito das dietas Controlo e Experimental na Condição Corporal

Por forma a avaliar os efeitos das dietas na CC, analisaram-se os valores de CC registados na primeira, sexta e décima segunda semanas do estudo. Assim, com estes valores foram elaborados diagramas de dispersão.

3.7.2.1 Resultados

Os resultados relativos à evolução da CC encontram-se apresentados nas Figuras 14 e 15.

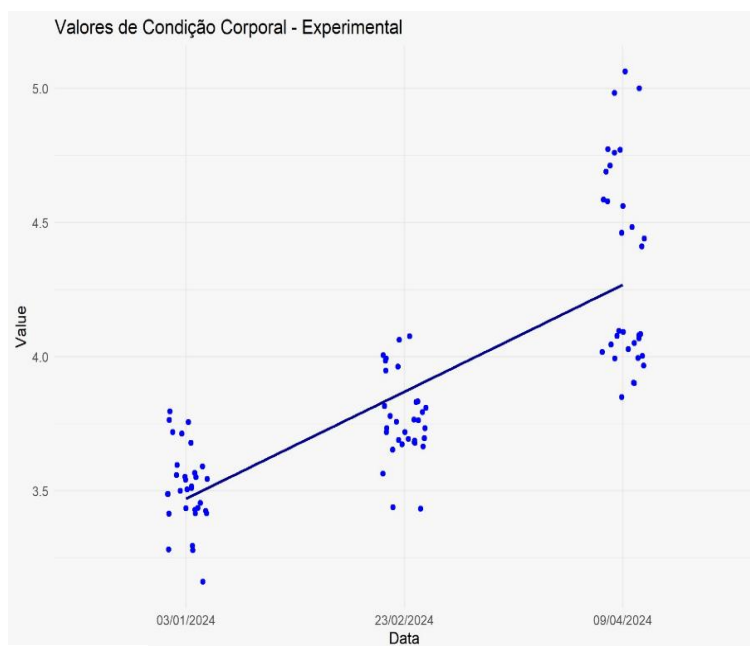


Figura 14: Evolução da CC ao longo do estudo no Grupo Experimental

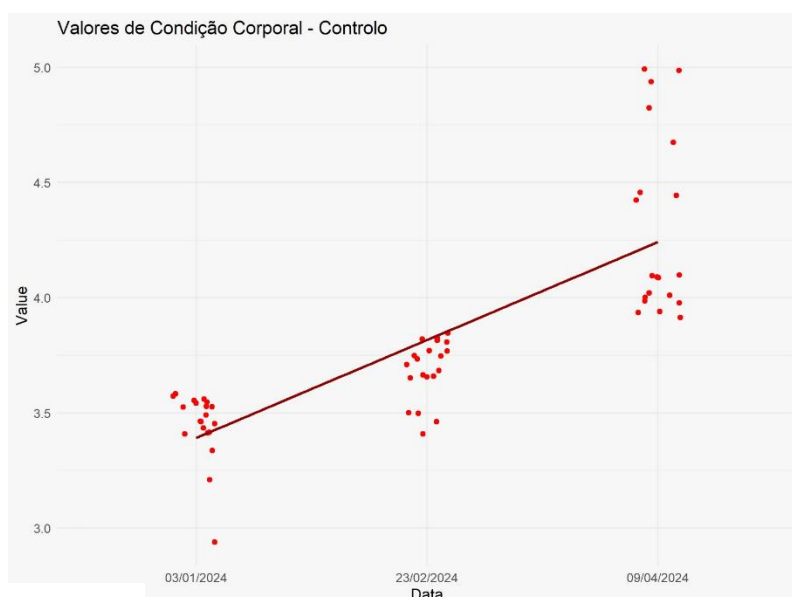


Figura 15: Evolução da CC ao longo do estudo no Grupo Controle

Como se pode observar, existe quer no Grupo Controle, quer no Experimental, uma linearidade positiva entre a duração do ensaio e a classificação da CC, isto é, os animais aumentaram a sua CC ao longo do tempo, em ambos os grupos. No entanto, não houve

diferenças significativas na evolução das CC entre a dieta sem e com suplementação de FVH (valor $p > 0,05$)

3.7.3 Análise Experimental III- Efeito das dietas Controlo e Experimental no Peso Vivo

Esta análise teve como objetivo avaliar a evolução do peso vivo das novilhas ao longo das três pesagens efetuadas no estudo.

3.7.3.1 Resultados

A distribuição dos pesos, a sua média e o Ganho Médio Diário (GMD) encontram-se representados na Figura 16 e na Tabela 7.

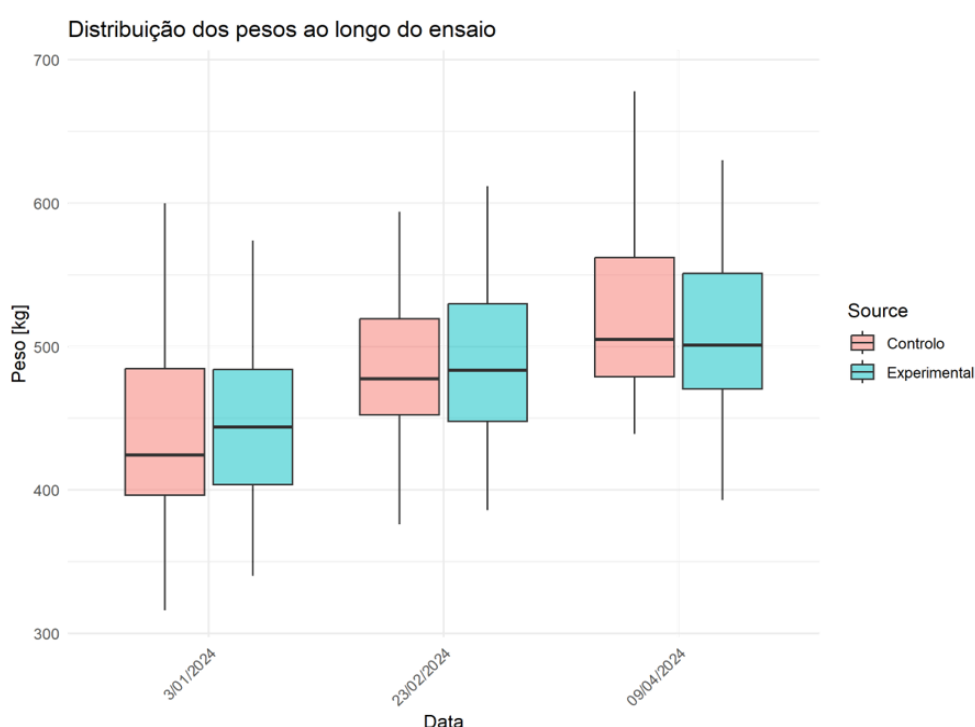


Figura 16: Distribuição dos pesos das novilhas ao longo do estudo

A partir da análise da Figura 16, verifica-se que, aquando da primeira pesagem, o Grupo Controlo apresentava uma maior dispersão de pesos nos intervalos Q1, Q3 e Q4, comparativamente ao Grupo Experimental. Na medição realizada a 23/02/2024, a amplitude dos pesos em ambos os grupos foi relativamente menor à primeira medição, sendo que se verificou um aumento generalizado dos pesos vivos das novilhas nos dois grupos. Relativamente à terceira pesagem, observa-se que a amplitude dos pesos no intervalo Q1

diminuiu no Grupo Controlo, enquanto, no Grupo Experimental, a amplitude do intervalo Q1 aumentou e permaneceu aproximadamente constante nos restantes intervalos.

Ao longo do estudo, foi notório o incremento do peso das novilhas em ambos os grupos, tendo-se registado um Ganho Médio Diário (GMD) de peso de 0,8082kg, no Grupo Controlo e de 0,6434kg, no Grupo Experimental (ver Tabela 8). É de notar que o GMD do Grupo Experimental foi inferior em 20%, ao do Grupo Controlo. No entanto, esta diferença de GMD não foi estatisticamente significativa entre os dois grupos (valor-p=0,78).

Tabela 7: Pesos médios dos grupos ao longo do estudo

Grupo	Peso médio (em kg)			
	\bar{X}_1 (03/01/2024)	\bar{X}_2 (23/02/2024)	\bar{X}_3 (09/04/2024)	GMD (Kg)
Controlo	445,85	495,55	524,25	0,8082
Experimental	450,50	496,31	512,90	0,6434

3.8 Discussão

3.8.1 Fertilidade

A eficiência reprodutiva pode ser descrita como a capacidade de uma vaca ficar gestante e produzir descendentes viáveis. A fertilidade dos animais é influenciada por diversos fatores e apresenta repercussões na viabilidade das explorações pecuárias (Engelken & Dohlman, 2021).

Na literatura científica, valores de taxa de concepção na ordem dos 60% são considerados como referência em novilhas virgens (Johnson, 2023). Neste ensaio, os valores da taxa de concepção foram, em ambos os grupos, inferiores ao que seria expectável. No entanto, quando a análise da taxa de concepção foi feita por quartis de peso verificou-se que o valor da taxa de concepção no intervalo Q1 do grupo Controlo (66,7%) encontrava-se dentro dos valores padrão. Já no grupo experimental, em nenhum dos intervalos registaram-se resultados considerados satisfatórios, apesar dos intervalos Q3 e Q4 terem valores mais próximos da norma (42,86%).

Neville et al. (1987) refere que duas das razões mais comuns para o fracasso da concepção em bovinos de carne relaciona-se com problemas de fertilidade dos touros e vacas com potencial para uma elevada produção de leite. Não foi o caso do presente trabalho, pois problemas relacionados com a fertilidade dos touros foram minimizados, uma vez que todas as novilhas foram sujeitas ao processo de IA e, além disso, os touros de varrimento foram

previamente sujeitos a exames andrológicos e aprovados e, no final do estudo, a taxa de gestação cumulativa global foi de 92,8% no Grupo Controlo e de 87,5%, no Grupo Experimental. Em animais com aptidão de carne, a questão do potencial leiteiro é questionável e controversa (Azzam et al., 1989) pelo que também não foi considerado como possível justificação para os resultados agora obtidos, dado se ter trabalhado com fêmeas nulíparas.

Nas últimas décadas, o melhoramento genético permitiu que os animais de carne conseguissem maiores taxas de crescimento (Randel & Welsh, 2013). Contudo, este desenvolvimento tem sido acompanhado por uma tendência negativa na fertilidade (Wathes et al., 2014). No estudo em análise, a população foi constituída por um total de treze novilhas puras Limousine (25%) e trinta e nove cruzadas (75%). No que diz respeito aos animais em linha pura, todos os pais são conhecidos e as novilhas do ensaio são provenientes de mães com origens diferentes. Relativamente às novilhas cruzadas, apesar de não haver uma rastreabilidade tão apertada como nos animais em linha pura, treze animais são provenientes de mães que já não se encontram na exploração por idade, treze são filhas de vacas nascidas na exploração com idades entre os cinco e os oito anos e as restantes treze são filhas de vacas compradas noutras explorações. Adicionalmente, na exploração em análise, são conhecidos e registados os touros que cobrem as vacas a cada época reprodutiva, é feita rotatividade dos touros pelas vacadas e o refugo dos touros ocorre relativamente cedo (6-7 anos), por forma a evitar cobrições de animais com os seus ascendentes. Assim, mesmo não tendo sido feitos testes de paternidade, podemos descartar a existência de consanguinidade entre os animais decorrida do processo de seleção.

A presença de agentes infecciosos numa exploração pode levar à diminuição da fertilidade. Ata et al (2006), demonstraram haver uma diminuição da taxa de conceção em animais inoculados em laboratório com o vírus IBR. A infeção de animais gestantes com o vírus da BVD afeta a fertilidade, diminuindo a taxa de conceção, provocando morte fetal, aborto tardio e malformações (Rufenacht et al., 2001). A leptospirose constitui uma das causas mais comuns de perdas embrionárias, abortos, nascimento de vitelos fracos e infertilidade em bovinos. Na região centro e sul de Portugal a sua prevalência é de 20% em animais de produção (Rocha, 1998). A campilobacteriose, provocada por *Campylobacter fetus ssp. venerealis* provoca infertilidade, morte embrionária tardia ou fetal precoce, e aborto esporádico em bovinos e é transmitida principalmente por via venérea. A tricomoníase é uma doença venérea provocada por *Tritrichomonas foetus* e as fêmeas manifestam sinais clínicos como morte embrionária, aborto, metrite, piómetra ou infertilidade transitória (Verberckmoes et al., 2004). A neosporose, é provocada por um protozoário intracelular, e deve ser incluído, sistematicamente, no diagnóstico diferencial de aborto bovino. No estudo em análise, foi

ponderada a possibilidade de algum destes agentes infecciosos ter interferido com os resultados da fertilidade, no entanto tal acontecimento terá pouca expressão na justificação dos baixos resultados podendo-se elencar algumas razões. Primeiramente, as novilhas foram submetidas a IA, e o sémen que foi utilizado era proveniente de touros testados residentes em centros certificados de recolha de sémen. Assim, as doenças venéreas foram descartadas. No que concerne à leptospirose, além dos animais terem sido vacinados para o serovar *Hardjo*, os abortos ocorrem maioritariamente a partir do sexto mês de gestação (Mazzonelli, 1984). Deste modo, também se pode descartar com alguma confiança a leptospirose como causa dos resultados obtidos. Relativamente a doenças como IBR e BVD, toda a exploração tem seguido um protocolo de erradicação destas doenças, testando regularmente os animais e vacinando todo o efetivo. Adicionalmente, após a entrada dos touros de varrimento, a quase totalidade das novilhas presentes em ambos os grupos ficaram gestantes, pelo que, se estivesse em circulação algum agente infeccioso, as taxas de gestação finais não seriam tão elevadas. Relativamente à neosporose, este agente não foi considerado como responsável pelas baixas taxas de conceção, uma vez que a maioria dos abortos ocorre entre o quinto e o sexto mês de gestação (Dubey & Lindsay, 2006) e existe uma relação entre o risco de infeção e a presença de cães na exploração (VanLeeuwen et al, 2010), facto este que não se registou neste estudo.

Outras razões que poderão explicar as baixas taxas de conceção, registadas à IATF, poderão estar relacionadas com a IA (manuseamento do sémen, técnica de inseminação, momento de inseminação). Relativamente ao manuseamento das palhinhas de sémen, todo o processo de conservação do sémen no contentor de armazenamento até ao momento da IATF, foi executado de forma minuciosa e criteriosa. O contentor apresentava-se perfeitamente funcional, sem a presença de qualquer dano e com um volume de N₂ líquido acima do recomendado por Kasimanickam (2021a). Apenas foi preparada uma palhinha de cada vez, tendo a descongelação sido realizada em banho-maria a 35-37°C e teve uma duração de 15 segundos. Todas as palhinhas foram inseridas na cânula e envoltas numa bainha de IA esterilizada e o processo de inseminação ocorreu imediatamente após a preparação da cânula de IA. Adicionalmente, foi realizado um contraste seminal das palhinhas de sémen utilizadas e estas encontravam-se em conformidade com os valores de referência. Uma vez que o sucesso da IA resulta de uma correta deposição do sémen, em local apropriado do aparelho reprodutor de uma fêmea (Nebel, 2007), neste estudo poderá ter ocorrido alguma falha na correta execução da técnica de inseminação. Não obstante, ao analisar o histórico da exploração no que concerne às inseminações realizadas pelo mesmo operador, realça-se o facto de que nas épocas reprodutivas anteriores os resultados das taxas de conceção foram satisfatórios e encontravam-se dentro dos valores de referência (60%). No que concerne à

possibilidade de ter existido algum constrangimento no momento mais oportuno da IA, foram tidos em conta os acontecimentos a seguir apresentados. As novilhas foram sujeitas a um protocolo de sincronização da ovulação que permite realizar a IA num tempo pré-determinado, sem necessariamente ter de se detetar sinais de estro. Adicionalmente, foram utilizados em todos as fêmeas detetores de monta ativados por pressão (EstroTECT™). Vasconcelos e Meneghetti (2006), descreveram num estudo efetuado com um protocolo de sincronização semelhante, haver uma resposta de comportamento de estro de 93,4%. Segundo Kasimanickam (2021b), 36 a 72 horas após a remoção do CIDR, uma elevada percentagem de animais (até 85%) exibe sinais de estro. No presente trabalho, pôde observar-se que aquando do momento da IA, 93,75% das novilhas no Grupo Experimental e 83,3% no Grupo Controlo apresentavam uma resposta positiva do EstroTECT™ (mudança de côr $\geq 50\%$) pelo que, apesar dos resultados no Grupo Controlo terem sido um pouco inferiores aos do Grupo Experimental, estão ambos em conformidade com a literatura consultada. Uma meta-análise de 26 estudos que envolveu um total de 10.116 fêmeas bovinas indica haver uma melhoria de 27% na taxa de conceção da IATF quando os animais exibem sinais de estro, em comparação com os que não apresentam quaisquer sinais (Perry & Smith, 2011). No entanto, o sucesso da IATF nos animais com EstroTECT™ positivo foi de apenas 41,7% e 31% no Grupo Controlo e no Experimental, respetivamente, não estão em conformidade com os resultados da meta-análise referida anteriormente. Esta desconformidade pode ser explicada pelo facto de a amostra em estudo ter sido reduzida. De qualquer modo, pôde-se refutar com alguma confiança a hipótese de que o momento da IA não teria sido o mais adequado, com base nos argumentos enunciados acima (realização de um protocolo de sincronização de ovulação e resposta positiva dos EstroTECT™ elevada).

3.8.2 Condição Corporal

A CC em bovinos é um fator central para o sucesso reprodutivo. A excessiva mobilização de reservas corporais na entrada à reprodução pode resultar numa falha ou atraso da conceção (National Academies of Sciences, 2016). No estudo agora em análise, tentou avaliar-se o efeito da CC no sucesso da IATF, mas tal não foi possível, uma vez que não foi encontrada qualquer relação que permitisse retirar conclusões, o que levou a tomar a decisão de não apresentar a referida análise neste trabalho. Assim, apenas se avaliou e comparou a evolução da CC das novilhas sujeitas a duas dietas distintas. Apesar de não terem sido observadas diferenças significativas na evolução das CC entre a dieta Controlo e a dieta Suplementada com FVH, houve uma melhoria da CC ao longo do estudo. Todos os animais previamente ao ensaio encontravam-se em regime extensivo alimentando-se apenas de pastagem. Aquando da realização do estudo, os animais foram confinados num regime semi-intensivo. Deste modo, o melhoramento transversal da CC, pode ser justificado pelo fornecimento de dietas

balanceadas e ajustadas às necessidades energéticas dos mesmos e pelo facto de os animais se encontrarem mais confinados.

3.8.3 Peso

McClure (1961) referiu que as vacas que perderam menos peso após a parição e que se encontravam numa trajetória ascendente de ganho de peso no momento da IA tiveram maior chance de concepção ao primeiro serviço do que outras vacas que exibiram uma recuperação mais lenta do peso, durante o início da lactação. No Grupo Experimental, os dados obtidos vão ao encontro da bibliografia pesquisada, verificando-se os melhores resultados de IA no terceiro e quarto quartil de peso (em conjunto, representaram 85,72% do sucesso da IATF). No entanto, esta correlação não foi linear. No caso do Grupo Controlo, os valores de taxa de concepção foram mais elevados nas novilhas que se encontravam no primeiro quartil de peso (66,67%), tendo-se registado uma correlação negativa estatisticamente significativa entre o sucesso da IATF e o peso, contrariando a literatura. Esta desconformidade pode ser explicada pelo facto de a amostra em estudo ser reduzida. Adicionalmente, o Q1 de peso no estudo em análise não significa que os animais estivessem com baixo peso ou magros, mas sim representava os 25% dos animais mais leves.

No que concerne ao GMD de peso, os resultados indicaram haver um aumento médio de 0,8082kg, no Grupo Controlo e de 0,6434kg, no Grupo Experimental, o que representa um valor de GMD no Grupo Experimental, 20% inferior ao Controlo. O facto de no início do estudo o Grupo Experimental ter apresentado animais mais pesados e com mais um mês de idade, em média, relativamente ao Grupo Controlo, poderá ter contribuído para que os valores de peso tivessem um incremento inferior, uma vez que o peso vivo não aumenta indefinidamente, pois atinge um plateau consoante as características fisiológicas de cada raça.

4 Conclusões Gerais

Este estudo teve como objetivo comparar o efeito da suplementação hidropónica na fertilidade, condição corporal e peso de novilhas virgens sujeitas a um protocolo de sincronização da ovulação para IATF e foi fundamental para se aprofundar e aperfeiçoar uma visão holística da reprodução em bovinos de carne, bem como averiguar de que forma o manejo alimentar pode influenciar a fertilidade da fêmea bovina. Com a pesquisa bibliográfica realizada, consegui adquirir uma maior consciencialização da necessidade de encontrar alternativas alimentares para a produção animal e que a FVH poderá ter espaço como matéria-prima na alimentação de bovinos, em latitudes com maior exposição aos efeitos das alterações climáticas.

O trabalho experimental que deu origem a esta dissertação apresentou como principais limitações alguns acontecimentos, tais como: o número de fêmeas envolvidas, de forma a

obterem-se dados estatisticamente válidos. Para tal, teria sido necessário uma amostra de maior dimensão e/ou poder-se-ia ter usado um nível de significância maior. O facto de os animais estarem em grupo e não ter sido possível fornecer a dieta de forma individual pode ser outro fator a ter em conta na realização de estudos futuros, pois será importante controlar, de forma rigorosa, a quantidade de alimento ingerido por cada animal; o não fornecimento diário de todas as matérias-primas que constituíam a dieta e o facto de o cálculo das mesmas ter sido feito com base no peso médio dos fardos de palha e das bolas de fenossilagem e não no seu peso real; alguma falha relativa ao processo de IATF e a classificação da CC das novilhas ter sido realizada com base uma tabela de classificação para vacas Holstein e não para bovinos de carne, poderá ainda, na minha opinião, ter influenciado os resultados apresentados.

Assim, poder-se-á concluir com este trabalho que a suplementação de novilhas com FVH não teve uma influência significativa na fertilidade, na evolução da CC e do peso das novilhas, comparativamente a uma dieta padrão. No entanto, acredito que é necessária a realização de mais estudos de forma a encontrar resultados mais robustos acerca dos efeitos da suplementação hidropónica na fertilidade à IATF em fêmeas bovinas de carne.

5 Referências Bibliográficas

- Abilay, T. A., H. D. Johnson, & M. Madan. (1975). Influences of environmental heat on peripheral plasma progesterone and cortisol during the bovine estrous cycle. *J. Dairy Sci.*, *58*, 1836.
- Adams, G., Matteri, R., & Ginther, O. (1992). Effect of progesterone on ovarian follicles, emergence of follicular waves and circulating follicle stimulating hormone in heifers. *J. Reprod. Fertil.*, *95*, 627–640.
- Adams, G., Nasser, L., & Bó, G. et al. (1994). Superovulatory response of ovarian follicles of wave 1 versus wave 2 in heifers. *Theriogenology* , *42*, 1103–1113.
- Andersson, M., Taponen, J., Koskinen, E., & Dahlbom, M. (2004). Effect of insemination with doses of 2 or 15 million frozen-thawed spermatozoa and semen deposition site on pregnancy rate in dairy cows. *Theriogenology* , *61*, 1583–1588.
- Atkins, J. A., Pohler, K. G., & Smith, M. F. (2013). Physiology and Endocrinology of Puberty in Heifers. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, *29*(3), 479–492. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.07.008>
- Ax, R. L., McCauley, T. C., & Marks, S. H. F. (2008). Relationship between sperm biology and fertility. *NAVC North American Veterinary Conference*, 7–10.
- Azzam, S. M., Kinder, J. E., & Nielsen, M. K. (1989). Conception Rate at First Insemination in Beef Cattle: Effects of Season, Age and Previous Reproductive Performance. *Journal of Animal Science*, *67*(6), 1405. <https://doi.org/10.2527/jas1989.6761405x>
- Baruselli, P. S. (2007). Reprodução de bovinos. In *Compêndio de Reprodução Animal* (9th ed., pp. 13–124). Intervet internacional.
- Bauman, D., & Currie, W. (1980). Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.* , *63*, 1514–1529.
- Behrouzi A., López-Helguera I., Mapletoft R. J., Ambrose D. J., & Colazo M. G. (2016, June 26). Plasma progesterone concentration at TAI in dairy cows: what is low enough? *18th International Congress on Animal Reproduction*.
- Belo, C. C., Belo, A. T., Felício, N., Martins, J., & Domingos, T. (2013). Parâmetros reprodutivos de efetivos de vacas aleitantes no Alentejo. *Revista de Ciências Agrárias*, *36*(1), 84–95.
- Benton Jones, Jr. (2005). *Hydroponics A Practical Guide for the Soilless Grower* (CRC Press, Ed.; 2nd Edition).
- Bo, G., Adams, G., & Caccia, M. et al. (1995). Ovarian follicular wave emergence after treatment with progestogen and estradiol in cattle. *Anim. Reprod. Sci.* , *39*, 193–204.
- Bozkurt, T., Türk, G., & Gür, S. (2007). Effect of clitoral massage on levels of estradiol , testosterone , dehydroepiandrosterone sulphate and pregnancy rate in cows. *Veterinarski Arhiv*, *77*, 59–67.

- Bridges, G., Helser, L., & Grum, D. et al. (2008). Decreasing the interval between GnRH and PGF2a from 7 to 5 days and lengthening proestrus increases timed-AI pregnancy rates in beef cows. *Theriogenology*, 69, 843–851.
- C Jenkins. (2011). Feed Supplements: Fats and Protected Fats. In J. W. Fuquay, P. Patrick F. Fox, & P. L. H. McSweeney (Eds.), *Encyclopedia of Dairy Sciences* (Second Edition, pp. 363–370). Elsevier Ltd.
- Cardoso, R. M., Soares, P. M. M., Lima, D. C. A., & Miranda, P. M. A. (2019). Mean and extreme temperatures in a warming climate: EURO CORDEX and WRF regional climate high-resolution projections for Portugal. *Climate Dynamics*, 52(1–2), 129–157. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4124-4>
- Carrington D. (2021). Europe and US Could Reach ‘Peak Meat’ in 2025—Report. *The Guardian*.
- Cavaliere, J., Hepworth, G., Fitzpatrick, L. A., Shephard, R. W., & Macmillan, K. L. (2006). Manipulation and control of the estrous cycle in pasture-based dairy cows. *Theriogenology*, 65(1), 45–64. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.10.005>
- Cerón, J. H. (2007). Endocrinología del ciclo estral. In *Manejo Reproductivo en Bovinos en Sistemas de Producción de Leche* (pp. 44–60). Universidad nacional autónoma de México.
- Chagas e Silva, J. N. (1985). Método recto-vaginal ou de fixação cervical. In *III Curso de formação para médicos-veterinários directores de sub-centro de inseminação artificial: II parte – sêmen congelado de bovinos. Maneio e aplicação*. Estação Nacional de Seleção e Reprodução Animal.
- Chagas e Silva, J. N. (1998). Inseminação artificial em bovinos leiteiros: factores que influenciam a fertilidade. *A Vaca Leiteira*, 68, 31–32.
- Chagas e Silva, J. N. (2007). Azoto líquido e recipientes criobiológicos, sêmen congelado: maneio e aplicação. . In *Texto de apoio às aulas práticas da Disciplina de Reprodução e Obstetrícia II*.
- Estill, C. T. (2021). Initiation of Puberty in Heifers. In R. M. Hopper (Ed.), *Bovine Reproduction* (Second Edition, pp. 258–265).
- Chastant-Maillard, S. (2006). *Is there a future for pharmaceutical management in cow reproduction? European perspective*. Sylvie Chastant-Maillard - *Proceedings of World Buiatrics Congress - Nice 2006*. <http://www.ivis.org>
- Chavan, J. K. & Kadam, S. S. (1989). Nutritional improvement of cereals by sprouting. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 28(5), 401–437. <https://doi.org/10.1080/10408398909527508>
- Chebel R. C., Santos J. E., Cerri R. L., Rutigliano H. M., & Bruno R. G. (2006). Reproduction in dairy cows following progesterone insert presynchronization and resynchronization protocols. *Journal of Dairy Science*, 89, 4205–4219.
- Chilliard, Y., Delavaud, C. & Bonnet, M. (2005). Leptin expression in ruminants: nutritional and physiological regulations in relation with energy metabolism. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 29, 3–22.

- Costa, A. N. L., Airton, A. A. & Feitosa, J. V. (2011). Particularities of bovine artificial insemination. In M. Manafi (Ed.), *Artificial Insemination in Farm Animals* (pp. 153–167).
- Crowe, M. (2008). Resumption of Ovarian Cyclicity in Post-partum Beef and Dairy Cows. *Reproduction in Domestic Animals*, 43(s5), 20–28. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01210.x>
- Dalby, A. & Tsai, C. Y. (1976). Lysine and tryptophan increases during germination of cereal grains. *Cereal Chem.*, 53, 222.
- De Silva, A.W.M.V., G. W. Anderson, F. C. Gwazdauskas, M. L. McGilliard & J. A. Lineweaver. (1981). Interrelationships with estrous behavior and conception in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 64, 2409.
- Dejarnette, M. (2020, May 11). A.I. TECHNIQUE IN CATTLE. *Select Sires*. <https://www.selectsires.com/article/ss-blog/2020/11/10/a.i.-technique-in-cattle>
- Dirandeh E., Rezaei Roodbari A., Gholizadeh M., Deldar H., Masoumi R., Kazemifard M. & Colazo M. G. (2015). Administration of prostaglandin F2 α 14 d before initiating a G6G or a G7G timed-AI protocol increased circulating progesterone prior to AI and reduced pregnancy loss in multiparous Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 98, 5414–5421.
- Do Ó, A. & Seiz, R. (2021). *Impact of Climate Change in Iberia: less rain and more uncertainty in iberian rivers report*.
- Doherty, M. (2011). *Dairy reproductive records: a vital component of heard health*. Dublin: Univeraity College of Dublin, Heard Health Fertility Group. Univeraity College of Dublin, Heard Health Fertility Group.
- Donaldson, L., Bassett, J. & Thorburn, G. (1970). Peripheral plasma progesterone concentration of cows during puberty, oestrous cycles, pregnancy and lactation, and the effects of under-nutrition or exogenous oxytocin on progesterone concentration. . *J. Endocrinol*, 48, 599–614.
- Noakes, D., J. Parkinson, T., & C. W. England, G. (Eds.). (2001). Infertility in the cow: structural and functional abnormalities, management deficiencies and non-specific infections. In *Arthur's Veterinary Reproduction and Obstetrics* (Eighth edition, pp. 381–472). Elsevier Ltd.
- Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., Farver, T., & Webster, G. (1989). A body condition scoring chart for holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 72, 68–78.
- El-Zarkouny, S. Z., Cartmill, J. A., Hensley, B. A., & Stevenson, J. S. (2004). Pregnancy in dairy cows after synchronized ovulation regimes with or without presynchronization and progesterone. *Journal of Dairy Science*, 87, 1024–1037.
- FAO. (2017). *Livestock solutions for climate change*. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i8098en>
- Fetrow, J., K. V. Nordlund, & H. D. Norman. (2006). Fetrow, J., K. V. Nordlund, and H. D. Norman. 2006. Invited review: Culling, nomenclature, definitions, and recommendations. *J. Dairy Sci.* , 89, 1896–1905.

- Fleck, A. T., Schalles, R. R., & Kiracofe, G. H. (1980). Effect of Growth Rate through 30 Months on Reproductive Performance of Beef Heifers. *Journal of Animal Science*, 51(4), 816–821. <https://doi.org/10.2527/jas1980.514816x>
- Forde, N., Beltman, M. E. L., P., D. M., Roche, J. F., & Crowe, M. A. (2011). Oestrous cycles in *Bos taurus* cattle. *Animal Reproduction Science*, 124, 163–169.
- Galvão, K., Sá Filho, M., & Santos, J. (2007). Reducing the interval from presynchronization to initiation of timed artificial insemination improves fertility in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90: 4212–4218. *J. Dairy Sci.* , 90, 4212–4218.
- Garcia, M., Amstalden, M., & Williams, S. (2002). Serum leptin and its adipose gene expression during pubertal development, the estrous cycle, and different seasons in cattle. *J. Anim. Sci.* , 80, 2158–2167.
- Gary L. Williams, & Rodolfo C. Cardoso. (2021). Neuroendocrine Control of Estrus and Ovulation. In R. M. Hopper (Ed.), *Bovine Reproduction* (Second Edition, p. 269).
- Gasser, C., Bridges, G., & Mussard, M. (2006). Induction of precocious puberty in heifers III: hastened reduction of estradiol negative feedback on secretion of luteinizing hormone. *J. Anim. Sci.*, 8, 2050–2056.
- Gearhart, M. A., Curtis, C. R., Erb, H. N., Smith, R. D., Sniffen, C. J., Chase, L. E., & Cooper, M. D. (1990). Relationship of changes in condition score to cow health in holsteins. *Journal of Dairy Science*, 73, 3132–3140.
- Ginther, O. (2000). Selection of the dominant follicle in cattle and horses. . *Anim. Reprod. Sci.*, (60/61), 61–79.
- Ginther, O., Bergfelt, D., Kulick, L., & Kot, K. (1998). Pulsatility of systemic FSH and LH concentrations during follicular-wave development in cattle. *Theriogenology* , 50, 507–519.
- Girma, F., & Gebremariam, B. (2018). Review on Hydroponic Feed Value to Livestock Production. *Journal of Scientific and Innovative Research*, 7(4), 106–109. <https://doi.org/10.31254/jsir.2018.7405>
- Gontzea, I., & Sutzescu, P. (1958). Natural and Nutritive Substances in Foodstuffs and Forages. *S. Karger*.
- Gonzalez-Padilla, E., Wiltbank, J., & Niswender, G. (1975). Puberty in beef heifers. I. The interrelationship between pituitary, hypothalamic and ovarian hormones. . *J. Anim. Sci.*, 40, 1091–1104.
- Gordon, I. (1996a). Artificial control of oestrus and ovulation . In *Controlled Reproduction in Cattle & Buffaloes: controlled reproduction in farm animals series* (1st ed., Vol. 1, pp. 133–165). CAB International.
- Gordon, I. (1996b). Controlling the calving interval . In *Controlled Reproduction in Cattle & Buffaloes: controlled reproduction in farm animals series* (1st ed., pp. 215–244). CAB International.
- Gordon, I. (1996c). Introduction to controlled reproduction in cattle. In I. Gordon (Ed.), *Reproduction in cattle & buffaloes: controlled reproduction in farm animals series: Vol. volume 1* (pp. 1–99). CAB International.

- Gordon, I. (2004). Current application of reproductive technologies. In I. Gordon (Ed.), *Reproductive Technologies in Farm Animals* (pp. 18–21). CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9780851998626.0000>
- Graves, W., Dowlen, H., Kiess, G. ., & Riley, T. (1991). Evaluation of uterine body or bilateral uterine horn insemination techniques. *J. Dairy Sci.*, *74*, 3454–3456.
- Gümen, A., Guenther, J., & Wiltbank, M. (2003). Follicular size and response to Ovsynch versus detection of estrus in anovular and ovular lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, *86*, 3184–3194.
- Hall, J., Staigmiller, R., & Bellows, R. et al. (1995). Body composition and metabolic profiles associated with puberty in beef heifers. *J. Anim. Sci.* , *73*, 3409–3420.
- Hannah Ritchie. (2017). How much of the world’s land would we need in order to feed the global population with the average diet of a given country? *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/agricultural-land-by-global-diets>
- Hannah Ritchie, Pablo Rosado, & Max Roser. (2019). Meat and Dairy Production. *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/meat-production>
- Hansel, W., & Convey, E. (1983). Physiology of the estrous cycle. *J. Anim. Sci.* , *57 Suppl. 2*, 404–424.
- Hansen, P. J. (2007). Effects of Environment on Bovine Reproduction. In R. S. Youngquist & W. R. Threlfall (Eds.), *Current Therapy in Large Animal Theriogenology* (2nd ed., pp. 441–449). Saunders Elsevier.
- Hopkins, S. M., & Evans, L. E. (2003). Artificial insemination. In M. H. Pineda & M. P. Dooley (Eds.), *McDonald’s veterinary endocrinology and reproduction* (5th ed., pp. 341–375). Iowa State Press.
- Indira, D., Aruna, P., Kanthi, S. S., & Kumar, K. (2020). Hydroponics as an alternative fodder for sustainable livestock production. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, *2020(02)*, 2581–9615. <https://doi.org/10.30574/wjarr>
- J P McNamara. (2011). Effects on Health, Milk Production, and Reproduction. In John W. Fuquay, Patrick F. Fox, & Paul L. H. McSweeney (Eds.), *Encyclopedia of Dairy Sciences* (Second Edition, pp. 463–467). Elsevier Ltd.
- Jones, E., Armstrong, J., & Harvey, R. (1991). Changes in metabolites, metabolic hormones, and luteinizing hormone before puberty in Angus, Braford, Charolais, and Simmental heifers. *J. Anim. Sci.* , *69*, 1607–1615.
- Kaneene, J. B., & Miller, R. (1995). Risk factors for metritis in Michigan dairy cattle using herd- and cow-based modelling approaches. *Preventive Veterinary Medicine*, *23(3–4)*, 183–200. [https://doi.org/10.1016/0167-5877\(94\)00438-O](https://doi.org/10.1016/0167-5877(94)00438-O)
- Karen Johnson. (2023). *Artificial insemination of cattle*. University of Minnesota Extension. <https://extension.umn.edu/dairy-milking-cows/artificial-insemination-cattle>
- Kasimanickam, R., Day, M., & Rudolph, J. et al. (2009). Two doses of prostaglandin improve pregnancy rates to timed-AI in a 5-day progesterone-based synchronization protocol in beef cows. *Theriogenology* , *71*, 762–767.

- Kastelic J. P., & Ginther O. J. (1991). Factors affecting the origin of the ovulatory follicle in heifers with induced luteolysis. *Animal Reproduction Science* , 26, 13–24.
- KC Olson, Eric Bailey, Zachary Duncan, & William Swecker. (2021). Nutrition and Reproduction in the Beef Cow. In R. M. Hopper (Ed.), *Bovine Reproduction* (2nd ed., pp. 372–384). John Wiley & Sons, Inc.
- Kent-Jones, D. W., & Amos, A. J. (1967). *Modern Cereal Chemistry*. Food Trade Publishing.
- Kim, T. Il, Lim, D. H., Lee, H. J., Park, S. M., Kim, Y. J., Choi, H. C., Park, J. H., Kim, S. C., Ki, K. S., & Mayakrishnan, V. (2020). Effects of replacing corn with hydroponically sprouted barley on the growth performance and blood metabolite status of holstein dairy heifers. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(21), 1–9. <https://doi.org/10.3390/app10217442>
- Lane, E. A., Austin, E. J., & Crowe, M. A. (2008). Oestrous synchronisation in cattle—Current options following the EU regulations restricting use of oestrogenic compounds in food-producing animals: A review. *Animal Reproduction Science*, 109(1–4), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.08.009>
- Lauderdale, J., Seguin, B., & Stellflug, J. et al. (1974). Fertility of cattle following PGF2a injection. *J. Anim. Sci.*, 38, 964–967.
- Linda E., L., & Barry G., S. (1976). NUTRITIVE VALUE OF SPROUTED WHEAT FLOUR. *Journal of Food Science*, 719–720.
- Long, N., Tousley, C., & Underwood, K. et al. (2012). Effects of early- to mid-gestational undernutrition with or without protein supplementation on offspring growth, carcass characteristics, and adipocyte size in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 90, 197–206.
- Lopes da Costa, L., Leitão Alegre, C., & Morais Gradil, C. (1990). Gestão da fertilidade em efectivos bovinos leiteiros. *Medicina Veterinária*, 37, 39–46.
- López-Gatius, F. (2000). Site of semen deposition in cattle: A review. *Theriogenology*, 53(7), 1407–1414. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00283-1](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00283-1)
- López-Gatius, F., F., Y. J., & Santolaria, P. et al. (2004). Reproductive performance of lactating dairy cows treated with cloprostenol at the time of insemination. *Theriogenology* , 62, 677–689.
- López-Gatius, F., & Hunter, R. (2011). Intrafollicular insemination for the treatment of infertility in the dairy cow. *Theriogenology* , 75, 1695–1698.
- Lorenz, K., & D'Appolonia, B. (1980). Cereal sprouts: Composition, nutritive value, food applications. *C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 13(4), 353–385. <https://doi.org/10.1080/10408398009527295>
- Lucy, M. (2019). Mechanisms linking nutrition and reproduction in postpartum cows. *Bioscientifica Proceedings*. <https://doi.org/10.1530/biosciprocs.5.031>
- Lucy, M. C. (2007). The bovine dominant ovarian follicle. *Journal of Animal Science*, 85, 89–99.
- Macmillan, K., & Peterson, A. (1993). A new intravaginal progesterone releasing device in cattle (CIDR-B) for oestrus synchronisation, increasing pregnancy rates and the treatment of anoestrus. *Anim. Reprod. Sci.* , 33, 1–25.

- Marshall, C., Graves, W., & Meador, J. et al. (1989). A fertility comparison of uterine body and bicornual semen deposition procedures in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* , 72 (Suppl. 1), 455.
- Martinez, M., Adams, G., & Bergfelt, D. et al. (1999). Effect of LH or GnRH on the dominant follicle of the first follicular wave in heifers. *Anim. Reprod. Sci.*, 57, 23–33.
- Martinez, M., de Nava, G., Demmers, K., Tutt, D., Rodriguez Sabarrós, M., Smaill, B., Corti, M., & Juengel, J. (2012). Intravaginal Progesterone Devices in Synchronization Protocols for Artificial Insemination in Beef Heifers. *Reproduction in Domestic Animals*, 47(2), 230–237. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2011.01833.x>
- Mazzonelli, J. (1984). Advances in bovine leptospirosis. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*, 3(4), 775–808. <https://doi.org/10.20506/rst.3.4.184>
- McCormack, J. (1978). Fat-cow syndrome and its complications. *Veterinary Medicine, Small Animal Clinician : VM, SAC*, 73(8), 1057–1060.
- McCracken, J., Baird, D., & Carlson, J. et al. (1973). The role of prostaglandins in luteal regression. *J. Reprod. Fertil. Suppl.*, 18, 133–142.
- Merle H. Jensen, & W. L. Collins. (1981). *Hydroponic Vegetable Production* (Jules Janick, Vol. 7).
- Meyer, A., Reed, J., & Vonnahme, K. et al. (2010). Effects of stage of gestation and nutrient restriction during early to mid-gestation on maternal and fetal visceral organ mass and indices of jejunal growth and vascularity in beef cows. *J. Anim. Sci.* , 88, 2410–2424.
- Mihm, M., Baguisi, A., Boland, M., & Roche, J. (1994). Association between the duration of dominance of the ovulatory follicle and pregnancy rate in beef heifers. *J. Reprod. Fertil.* , 102, 123–130.
- Moreira, F., Orlandi, C., & Risco, C. et al. (2001). Effects of presynchronization and bovine somatotropin on pregnancy rates to timed artificial insemination protocol in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 84, 1646–1659.
- Morrel, J. M. (2011). Artificial insemination: current and future trends. In M. Manafi (Ed.), *Artificial Insemination in Farm Animals* (1st ed., pp. 1–25). InTech.
- Nagy, D., Weildein, W., & Hixon, R. W. (1941). Factors affecting solubility of com proteins. *American Association of Cereal Chemists*, 18.
- Nasser, L., Adams, G., Bó, G., & Mapletoft, R. (1993). Ovarian superstimulatory response relative to follicular wave emergence in heifers. *Theriogenology* , 40, 713–724.
- National Academies of Sciences, E. and M. (2016). *Nutrient Requirements of Beef Cattle* (8th Revised Edition).
- Navanukraw, C., Redmer, D., & Reynolds, L. et al. (2004). A modified presynchronization protocol improves fertility to timed artificial insemination in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 87, 1551–1557.
- Nebel, R. L. (2007). Techniques for artificial insemination of cattle with frozen-thawed semen. In Robert S. Youngquist & Walter R. Threlfall (Eds.), *Current therapy in large animal theriogenology* (2nd ed., pp. 253–258). Saunders Elsevier.

- Neto, A. C. E. (1999). (1999). Gestão de sistemas de produção de bovinos de corte: índices zootécnicos e econômicos como critérios para tomada de decisão. . *Simpósio de Produção de Gado de Corte*, 32–46.
- Neumann, A. L., & Lusby, K. S. (1986). *Beef Cattle* ((8th ed.)). John Wiley & Sons.
- Nielsen, M. T., Meade, R. E., Paulsen, G. M., & Hosney, R. C. (1977). Improvement of wheat protein quality by germination. *Proc. 10th National Conf. on Wheat Utilization Research*.
- Noakes, D. E. ., Parkinson, T. J., & England, G. C. W. (2001). Artificial insemination. In D.E.Noakes, T.J.Parkinson, & G. C. W. England (Eds.), *Arthur's veterinary reproduction and obstetrics* (8th ed., pp. 751–778). Saunders.
- O. Aisien, A. (1982). Enzymic Modification of Sorghum Endosperm During Seedling Growth and Malting. *J. Sci. Food Agric*, 33, 754-759. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740330811>
- O Kanauchi, T. N. K. A. K. M. T. I. (1998). Effects of germinated barley foodstuff on dextrin sulfate sodium-induced colitis in rats. *Journal of Gastroenterology*, 33 (2), 179–189.
- Odde, K. (1990). A review of synchronization of estrus in postpartum cattle. *J. Anim. Sci.* , 68, 817–830.
- Öztürk, Ö. A., Cirit, Ü., Baran, A., & Ak, k. (2010). Is Doublesynch protocol a new alternative for timed artificial insemination in anestrous dairy cows. *Theriogenology*, 73, 568–576.
- P. Hwang, & W. Bushuk. (1973). Some Changes in the Endosperm Proteins During Sprouting of Wheat. *American Association of Cereal Chemists, Inc.* , 147–160.
- Parkinson, T. J., & Morrell M., J. (2019). Artificial Insemination. In David E. Noakes, Timothy J. Parkinson, & Gary C. W. England (Eds.), *Veterinary Reproduction and Obstetrics* (Tenth Edition, pp. 745–777). Elsevier.
- Patterson, D. J., & Smith, M. F. (2007). Progestogen-based estrus synchronization for beef replacement heifers and cows. In R. S. Youngquist & W. R. Threlfall (Eds.), *Large Animal Theriogenology 2* (2nd ed., pp. 278–286). Saunders.
- Perry, G. A., & Smith, M. F. (2011). *Keys to Successful Estrus Synchronization and Artificial Insemination Programs*.
- Peter, A. (2004). An update on cystic ovarian degeneration in cattle. *Reprod. Domest. Anim.* , 39, 1–7.
- Peters, A. R., Mawhinney, I., Drew, S. B., Ward, S. J., Warren, M. J., & Gordon, P. J. (1999). Development of a gonadotropin-releasing hormone and prostaglandin regimen of the planned breeding of dairy cows. *The Veterinary Record*, 145 (18), 516–521.
- Pierson, R. A., & Ginther, O. J. (1984). Ultrasonography of the bovine ovary. *Theriogenology*, 21(3), 495–504. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(84\)90411-4](https://doi.org/10.1016/0093-691X(84)90411-4)
- Ptaszynska, M., & Molina, J. J. (2007). *Compendio de reproducción animal*. (9ª Edição.). Intervet.
- Pursley, J. R., Wiltbank, M. C., Stevenson, J. S., Ottobre, J. J., Garverick, H. A., & Anderson, L. L. (1997). Pregnancy rates per artificial insemination for cows and heifers inseminated

- at a synchronized ovulation or synchronized estrus. *Journal of Dairy Science*, *80*, 295–300.
- Pursley, S. R., & Bello, N. M. (2007). Ovulation synchronization strategies in dairy cattle using PGF₂ α and GnRH. . In R. S. Youngquist & W. R. Trelfall (Eds.), *Current therapy in large animal theriogenology*. (2nd ed., pp. 286–293). Saunders Elsevier.
- Rahe, C., Owens, R., & Fleeger, J. (1980). Pattern of plasma luteinizing hormone in the cyclic cow: dependence upon the period of the cycle. *Endocrinology* , *107*, 498–503.
- Ram Kasimanickam. (2021a). Artificial Insemination. In R. M. Hopper (Ed.), *Bovine Reproduction* (2nd ed., pp. 447–457). John Wiley & Sons, Inc.
- Ram Kasimanickam. (2021b). Pharmacological Intervention of Estrous Cycles. In R. m. Hopper (Ed.), *Bovine Reproduction* (Second Edition, pp. 458–470).
- Ramirez, D., & McCann, S. (1963). Comparison of the regulation of luteinizing hormone (LH) secretion in immature and adult rats. *Endocrinology* , *72*, 452–464.
- Randel RD, & Welsh TH. (2013). Joint Alpha-Beef Species Symposium: interactions of feed efficiency with beef heifer reproductive development. *Journal of Animal Science*, *91*, 1323–1328.
- Rhodes, F., McDougall, S., & Burke, C. et al. (2003). Invited review: treatment of cows with an extended postpartum anestrous interval. *J. Dairy Sci.* , *86*, 1876–1894.
- Rita M. Cardoso, Pedro M.M. Soares, & Daniela C.A. Lima. (2022). *Para os físicos e amigos da física. Alterações Climáticas em Portugal: projeções de alta resolução.*
- Robinson, T., & Shelton, J. (1977). Reproduction in cattle. In H.H. Cole & P.T. Cupps (Eds.), *Reproduction in Domestic Animals* (3e ed., pp. 433–454). Academic Press.
- Rocha, T. (1998). A review of leptospirosis in farm animals in Portugal. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*, *17*(3), 699–712. <https://doi.org/10.20506/rst.17.3.1128>
- Roche, J. F. (2006). The effect of nutritional management of the dairy cow on reproductive efficiency. *Animal Reproduction Science*, *96*, 282–296.
- Roche, J. R., Friggens, N. C., Kay, J. K., Fisher, M. W., Stafford, K. J., & Berry, D. P. (2009). Invited Review: body condition score and its association with dairy cow productivity, health and welfare. *Journal of Dairy Science*, *92*, 5769–5801.
- Rodrigues, A. M. (1998). Sistemas de Produção de Bovinos de Carne em Portugal. *Revista Técnica Do Extensivo*.
- Romão, R., & Bettencourt, E. (2009). Maneio reprodutivo em explorações de bovinos de carne: possibilidades técnicas. In *Primeiras Jornadas Do Hospital Veterinário Muralha de Évora*, 1–3.
- Rufenacht, J., Schaller, P., Audige, L., Knutti, B., Kupfer, U., & Peterhans, E. (2001). *The effect of infection with Bovine Viral Diarrhea Virus on the fertility of swiss dairy cattle.*
- Ryan, M., Mihm, M., & Roche, J. (1998). Effect of GnRH given before or after dominance on gonadotrophin response and the fate of that follicle wave in postpartum dairy cows. *J. Reprod. Fertil.* .

- Salunkhe, D. K., Chavan, J. K., & Jadhav, S. J. (1984). *Dietary Tannins: Consequences and Remedies* (Oxford & IBH.).
- Sanchez-Sabate, R., & Sabaté, J. (2019). Consumer attitudes towards environmental concerns of meat consumption: A systematic review. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 16, Issue 7). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph16071220>
- Savio, J. , T. W., Thatcher, W., & Morris, G. (1993). Effects of induction of low plasma progesterone concentrations with progesterone-releasing intravaginal device on follicular turnover and fertility in cattle. *J. Reprod. Fertil.*, *98*, 77–84.
- Schams, D., Schallenberger, E., Gombe, S., & Karg, H. (1981). Endocrine patterns associated with puberty in male and female cattle. *J. Reprod. Fertil. Suppl.*, *30*, 103–110.
- Senger, P., Becker, W., & Davidge, S. et al. (1988). Influence of cornual insemination on conception rate in dairy cattle. *J. Anim. Sci.*, *66*, 3010–3016.
- Short, R., & Bellows, R. (1971). Relationships among weight gains, age at puberty and reproductive performance in heifers. *J. Anim. Sci.*, *32*, 127–131.
- Short, R. E., Grings, E. E., MacNeil, M. D., Heitschmidt, R. K., Haferkamp, M. R., & Adams, D. C. (1996). Effects of time of weaning, supplement, and sire breed of calf during the fall grazing period on cow and calf performance. *Journal of Dairy Science*, *74*, 1701–1710.
- Simpson, R., Armstrong, J., & Harvey, R. et al. (1991). Effect of active immunization against growth hormonereleasing factor on growth and onset of puberty in beef heifers. *J. Anim. Sci.* , *69*, 4914–4924.
- Sneath, M. R., & Mcintosh, M. F. (2003). *Animal Production Hydroponic Fodder Review*.
- Steinfeld, H. ; G. P. ; W. T. D. ; C. V. ; R. M. ; R. M. ; de H. C. (2006). *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*. https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=1B9LQQkm_qMC&oi=fnd&pg=PR16&ots=LQWXkS7LtG&sig=Fo3hQe-nfIO4rdOcGMrOnwxGO24&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Stevenson, J. S., Schmidt, M. K., & Call, E. P. (2005). Factors affecting reproductive performance of dairy cows first inseminated after five weeks postpartum. *Journal of Dairy Science*, *66* (5), 1148–1154.
- Terry J. Engelken. (2021). Breeding Season Evaluation of Beef Herds. In Richard M. Hopper (Ed.), *Bovine Reproduction* (2nd ed., pp. 532–537). John Wiley & Sons, Inc.
- Terry J. Engelken, & Tyler M. Dohlman. (2021). Beef Herd Health for Optimal Reproduction. In R. M. Hopper (Ed.), *Bovine Reproduction* (Second Edition, pp. 509–515). John Wiley & Sons, Inc.
- Toelle, V., & Robison, O. (1985). Estimates of genetic correlations between testicular measurements and female reproductive traits in cattle. *J. Anim. Sci.*, *60*, 89.
- Twagiramungu, H., Guilbault, L., & Dufour, J. (1995). Synchronization of ovarian follicular waves with gonadotrophin-releasing hormone agonist to increase the precision of estrus in cattle: a review. *J. Anim. Sci.* , *73*, 3141–3151.

- Vasconcelos, J., Silcox, R., & Rosa, G. et al. (1999). Synchronization rate, size of the ovulatory follicle, and pregnancy rate after synchronization of ovulation beginning on different days of the estrous cycle in lactating dairy cows. *Theriogenology*, *52*, 1067–1078.
- Verberckmoes, S., Van Soom, A., & de Kruif, A. (2004). Intra-uterine Insemination in Farm Animals and Humans. *Reproduction in Domestic Animals*, *39*(3), 195–204. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2004.00512.x>
- Vickers, M. (2010). *Optimising suckler herd fertility for Better Returns Beef Manual 8*.
- Wathes, D. C., Pollott, G. E., Johnson, K. F., Richardson, H., & Cooke, J. S. (2014). Heifer fertility and carry over consequences for life time production in dairy and beef cattle. *Animal*, *8*, 91–104. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000755>
- Whitnall, T., & Pitts, N. (2019). *Global trends in meat consumption*.
- Whittier, W., Kasimanickam, R., & Currin, J. et al. (2010). Effect of timing of second prostaglandin F₂ alpha administration in a 5-day, progesterone-based CO-synch protocol on AI pregnancy rates in beef cows. *Theriogenology*, *74*, 1002–1009.
- Wildman, E. E., Jones, G. M., Wagner, P. M., & Boman, R. L. (1982). A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *Journal of Dairy Science*, *65*, 495–501.
- Wiltbank M. (1997). How information of hormonal regulation of the ovary has improved understanding of timed breeding programs. *Proceedings of the Society for Theriogenology*, 83–97.
- Wiltbank, M., Shiao, T., Bergfelt, D., & Ginther, O. (1995). Prostaglandin F₂α receptors in the early bovine corpus luteum. *Biol. Reprod.*, *52*, 74–78.
- World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022. (2022). In *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc2211en>
- Yavas, Y., & Walton, J. (2000). Postpartum acyclicity in suckled beef cows: a review. *Theriogenology*, *54*, 25–55.

6 Anexos

Anexo 1: Dieta Grupo Controlo e respetivas características nutricionais

Aliments		Quantités		Caractéristiques nutritionnelles (/ Kg MS)						
		Kg		MS	UFL	PDIN	PDIE	PDIA	P	Ca
		MB	MS	%		g.	g.	g.	g.	g.
1239	FARINHA MILHO	2,00	1,72	86,00	1,26	76,16	130,81	56,98	2,91	0,29
1828	Fenosilagem TREVO PT RURAL 44,1MS 24,5PB	10,00	4,58	45,76	0,93	109,06	82,57	32,50	2,60	4,60
494	PALHA	3,70	3,44	93,00	0,42	22,00	44,00	11,00	1,02	5,45
	Adimix Vacas Aleitantes	0,12	0,12	99,05	1,13	250,39	646,16	706,74	30,29	169,21
	Total	15,82	9,86	62,30	0,81	74,63	84,32	37,40	2,44	6,13

Anexo 2: Dieta Grupo Experimental e respetivas características nutricionais

Aliments		Quantités		Caractéristiques nutritionnelles (/ Kg MS)						
		Kg		MS	UFL	PDIN	PDIE	PDIA	P	Ca
		MB	MS	%		g.	g.	g.	g.	g.
1239	FARINHA MILHO	0,75	0,65	86,00	1,26	76,16	130,81	56,98	2,91	0,29
1828	Fenosilagem TREVO PT RURAL 44,1MS 24,5PB	5,00	2,29	45,76	0,93	109,06	82,57	32,50	2,60	4,60
1829	Cevada Verde Hidroponica	10,00	1,80	18,00	1,03	143,00	101,00	40,00	3,70	5,20
494	PALHA	3,70	3,44	93,00	0,42	22,00	44,00	11,00	1,02	5,45
	Adimix Vacas Aleitantes	0,12	0,12	99,05	1,13	250,39	646,16	706,74	30,29	169,21
	Total	19,57	8,29	42,38	0,77	79,77	82,40	36,77	2,61	7,11

Anexo 3: Tabela de Avaliação da condição corporal (CC) para vacas Holstein (adaptado de Edmonson et al., 1989)

	SCORE	Spinous processes (SP) (anatomy varies)	Spinous to Transverse processes	Transverse processes	Overhanging shelf (care - rumen fill)	Tuber coxae (hooks) & Tuber ischi (pins)	Between pins and hooks	Between the hooks	Tailhead to pins (anatomy varies)
SEVERE UNDERCONDITIONING (emaciated)	1.00	individual processes distinct, giving a saw-tooth appearance	deep depression	very prominent, > 1/2 length visible	definite shelf, gaunt, tucked	extremely sharp, no tissue cover	severe depression, devoid of flesh	severely depressed	bones very prominent with deep "V" shaped cavity under tail
	1.25								
	1.50			1/2 length of process visible					
FRAME OBVIOUS	2.00	individual processes evident	obvious depression	between 1/2 to 1/3 of processes visible	prominent shelf	prominent	very sunken		bones prominent "U" shaped cavity formed under tail
	2.25								
	2.50	sharp, prominent ridge		1/3 - 1/4 visible	moderate shelf		thin flesh covering	definite depression	first evidence of fat
FRAME & COVERING WELL BALANCED	3.00		smooth concave curve	< 1/4 visible	slight shelf	smooth	depression	moderate depression	bones smooth, cavity under tail shallow & fatty tissue lined
	3.25			appears smooth, TP's just discernible					
	3.50	smooth ridge, the SP's not evident	smooth slope	distinct ridge, no individual processes discernible		covered	slight depression	slight depression	
FRAME NOT AS VISIBLE AS COVERING	4.00	flat, no processes discernible	nearly flat	smooth, rounded edge	none	rounded with fat	sloping	flat	bones rounded with fat and slight fat-filled depression under tail
	4.25								
	4.50			edge barely discernible		buried in fat	flat		bones buried in fat, cavity filled with fat forming tissue folds
4.75									
SEVERE OVERCONDITIONING	5.00	buried in fat	rounded (convex)	buried in fat	bulging		rounded	rounded	