

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO**

Sarah Rachel de Barros Nelo

**REPERCUSSÕES DA DIETA OBESOGÊNICA E DO TREINAMENTO RESISTIDO
DE ALTA INTENSIDADE SOBRE O FÍGADO DE RATAS GESTANTES**

RECIFE

2024

SARAH RACHEL DE BARROS NELO

**REPERCUSSÕES DA DIETA OBESOGÊNICA E DO TREINAMENTO RESISTIDO
DE ALTA INTENSIDADE SOBRE O FÍGADO DE RATAS GESTANTES**

Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Nutrição da
Universidade Federal de Pernambuco
como requisito para obtenção de grau
de Nutricionista.

Área de concentração: Saúde

Orientador(a): Prof. Dra. Gisélia de Santana Muniz

Coorientador(a): Ma. Débora Priscila Lima de Oliveira

RECIFE

2024

Nelo, Sarah Rachel de Barros.

Repercussões da dieta obesogênica e do treinamento resistido de alta intensidade sobre o fígado de ratas gestantes / Sarah Rachel de Barros Nelo. - Recife, 2024.

47 p : il., tab.

Orientador(a): Gisélia de Santana Muniz

Coorientador(a): Débora Priscila Lima de Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Nutrição - Bacharelado, 2024.

Inclui referências, anexos.

1. Células hepáticas. 2. Saúde materna. 3. Treinamento na gestação. I. Muniz, Gisélia de Santana. (Orientação). II. Oliveira, Débora Priscila Lima de. (Coorientação). IV. Título.

610 CDD (22.ed.)

SARAH RACHEL DE BARROS NELO

**REPERCUSSÕES DA DIETA OBESOGÊNICA E DO TREINAMENTO RESISTIDO
DE ALTA INTENSIDADE SOBRE O FÍGADO DE RATAS GESTANTES**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco como requisito para obtenção de grau de Nutricionista.

Área de concentração: Saúde.

Aprovado em: 08/10/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof^o. Ma. Débora Priscila Lima de Oliveira (Coorientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dra. Raquel da Silva Aragao (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dr. Diogo Antonio Alves de Vasconcelos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

“Combati o bom combate, terminei a corrida, guardei a fé. ”

2 Timóteo 4:7

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pois em tudo dai graças; sem Ele, nada é possível. Os planos de Deus na minha vida são a prova de Seu amor incondicional.

Agradeço aos meus pais, que sonham meus sonhos junto comigo e me dão suporte para realizá-los. Minha mãe, Ana, uma das pessoas mais fortes que conheço; com ela aprendi a lutar minhas batalhas. Meu pai, Adair, um homem que se doa a todos ao seu redor; com ele, aprendi a ser generosa e, através de seu exemplo de fé, a acreditar em Deus em primeiro lugar. Serei eternamente grata a eles por tudo.

Aos meus irmãos, Victor, que me ensinou a defender o que penso, pois ele não tem medo de ser quem é, que realizou um sonho, me fez tia de Ana Cecília. Samuel, que me ensinou a ser perseverante, a não temer as reviravoltas da vida e a estar em paz em todas as situações. Aos meus familiares, meus avós Terezinha e Beto, meus tios e tias, que são para mim razão de orgulho e inspiração.

Aos meus amigos da vida e de longos anos, com quem aprendi que família são todos os laços que construímos com amor. Aqueles em quem posso confiar nos momentos mais difíceis, que me acompanharam e incentivaram durante minha graduação, em especial Nayara e família. Ao meu namorado, sua presença foi uma fonte constante de motivação e força.

Aos meus amigos da graduação (grupão) e aos docentes do departamento de nutrição, sem os quais não teria alcançado tamanha clareza sobre minha capacidade. Carrego cada um de vocês comigo como referência e com grande admiração. Em especial, minha coorientadora Débora Oliveira, pelo seu exemplo como profissional e amiga. Sua dedicação e apoio foram imprescindíveis, e sou profundamente grata por ter você ao meu lado.

Essa conquista leva meu nome, mas não seria possível sem os diversos nomes que cruzaram meu caminho durante a trajetória. Esta vitória só tem sentido porque é merecimento de muitos que amo.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar o impacto de uma dieta obesogênica associada ao treinamento resistido durante a gestação no número de células hepáticas. A pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais da UFPE. Foram utilizadas 28 ratas Wistar, com idades entre 60 e 70 dias, divididas em quatro grupos: Dieta Controle Não Treinada (DC-NT, n=7), Dieta Controle Treinada (DC-T, n=7), Dieta Obesogênica Não Treinada (DO-NT, n=7) e Dieta Obesogênica Treinada (DO-T, n=7). As ratas do grupo Dieta Controle (DC) receberam uma dieta padrão conforme as recomendações do American Institute of Nutrition, enquanto as ratas do grupo Dieta Obesogênica (DO) receberam uma dieta rica em gordura, açúcar simples, redução de fibras e adição de sal de cozinha, durante a pré-gestação e gestação. As ratas dos grupos DO-T e DC-T realizaram treinamento em escada, cinco dias por semana, durante todo período experimental, com sobrecarga de 80% da capacidade máxima. Os grupos DO-NT e DC-NT não foram submetidos a testes ou treinamento. Foram avaliados o peso corporal, capacidade de carregamento máximo, consumo alimentar, peso do fígado e histologia hepática. O sacrifício ocorreu no 20º dia de gestação. Não houve diferença no peso corporal durante os períodos pré-gestacional e gestacional. Observou-se um aumento no consumo alimentar do grupo DC-NT em comparação ao grupo DO-NT nas SPG-3 e SPG-4, e nas SPG-3, SG2 e SG3 em comparação ao grupo DC-T. Analisando a carga máxima relativa ao período pré-gestacional, o grupo DC-T apresentou maior aumento de carga em relação ao DO-T, já nas semanas gestacionais não encontramos diferenças estatísticas. No entanto, houve um aumento no número de hepatócitos mononucleares, hepatócitos binucleares e células de Kupffer nas ratas treinadas em comparação às sedentárias, assim como nas ratas DO-T em comparação às DC-T e DO-NT. Em conclusão, o TR foi capaz de aumentar o número de células hepáticas analisadas, sem diferença no peso do fígado entre os grupos. Entretanto, ainda são necessárias outras análises e um maior número de amostras para uma melhor compreensão dos efeitos do TR sobre aspectos hepáticos.

Palavras-chave: Células hepáticas; Saúde materna; Treinamento na gestação.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the impact of an obesogenic diet associated with resistance training during pregnancy on the number of liver cells. The research was approved by the Ethics Committee on Animal Use of UFPE. Twenty-eight Wistar rats, aged between 60 and 70 days, were divided into four groups: Control Diet Untrained (CD-NT, n=7), Control Diet Trained (CD-T, n=7), Obesogenic Diet Untrained (DO-NT, n=7) and Obesogenic Diet Trained (DO-T, n=7). The rats in the Control Diet (CD) group received a standard diet according to the recommendations of the American Institute of Nutrition, while the rats in the Obesogenic Diet (DO) group received a diet rich in fat, simple sugar, reduced fiber and added table salt, during pre-gestation and gestation. The rats in the DO-T and DC-T groups underwent ladder training five days a week throughout the experimental period, with an overload of 80% of maximum capacity. The DO-NT and DC-NT groups were not subjected to testing or training. Body weight, maximum load capacity, food consumption, liver weight and liver histology were evaluated. Sacrifice occurred on the 20th day of gestation. There was no difference in body weight during the pre-gestational and gestational periods. An increase in food consumption was observed in the DC-NT group compared to the DO-NT group in SPG-3 and SPG-4, and in SPG-3, SG2 and SG3 compared to the DC-T group. Analyzing the maximum load relative to the pre-gestational period, the DC-T group showed a greater increase in load compared to the DO-T, but in the gestational weeks we did not find statistical differences. However, there was an increase in the number of mononuclear hepatocytes, binuclear hepatocytes and Kupffer cells in trained rats compared to sedentary rats, as well as in DO-T rats compared to DC-T and DO-NT rats. In conclusion, RT was able to increase the number of liver cells analyzed, with no difference in liver weight between groups. However, further analyses and a larger number of samples are still needed to better understand the effects of RT on hepatic aspects.

Keywords: Liver cells; Maternal health; Training in pregnancy.

LISTA DE ABREVIACES

ACOG	American College of Obstetricians and Gynecologist (ACOG)	
CEUA	Conselho de ética no Uso de Animais	
CONCEA	Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal	
DC	Dieta Controle	
DCNT	Doença crnica no transmissvel	
DO	Dieta Obesogênica	
DM2	Diabetes Mellitus 2	
DMG	Diabetes Mellitus Gestacional	
GPG	Ganho de Peso Gestacional	
HDL	Lipoproteína de alta densidade	
HIIT	Treino Intervalado de Alta Intensidade	
IMC	ndice de Massa Corpórea	
IOM	Institute of Medicine	
NT	Não-Treinado	
OMS	Organização Mundial da Saúde	
SG1	Semana gestacional 1	
SG2	Semana gestacional 2	
SG3	Semana gestacional 3	
SISVAN	Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional SPG1	Semana pré-gestacional 1

SPG2	Semana pré-gestacional 2
SPG3	Semana pré-gestacional 3
SPG4	Semana pré-gestacional 4
T	Treinado
TCCM	Teste de capacidade de carregamento máximo
TR	Treinamento Resistido
UBS	Unidade básica de saúde
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
VIGITEL	Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Contribuições dos macronutrientes das dietas manipuladas	26
Tabela 2. Parâmetros morfométricos do tecido hepático das ratas.....	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Aparato de treinamento resistido.....	25
Figura 2. Peso pré-gestacional e peso gestacional.....	30
Figura 3. Consumo alimentar pré-gestacional e gestacional.....	31
Figura 4. Carga máxima e carga máxima relativa pré-gestacional.....	32
Figura 5. Carga máxima e carga máxima relativa gestacional.....	32
Figura 6. Peso e peso relativo do fígado.....	33
Figura 7. Imagens representativas do tecido hepático corado com Hematoxilina e eosina (H&E).....	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Perfil alimentar e estado nutricional da população na atualidade.....	15
2.2 Gestação.....	17
2.2.1 Alterações fisiológicas na gestação.....	17
2.2.1 Alimentação na gestação.....	19
2.3 Treinamento resistido durante a gestação.....	20
3 OBJETIVOS.....	23
3.1 Objetivo Geral:.....	23
3.2 Objetivos Específicos:.....	23
4 METODOLOGIA.....	24
4.1 Questões Éticas.....	24
4.2 Animais.....	24
4.3 Treinamento Resistido.....	24
4.4 Manipulação da Dieta.....	26
4.5 Monitoramento do Peso Corporal.....	27
4.6 Avaliação do Consumo Alimentar.....	27
4.7 Coleta de Amostras.....	27
4.8 Análise Histológica.....	27
4.9 Análises Estatística.....	28
5 RESULTADOS.....	29
6 DISCUSSÃO.....	35
7 CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS.....	40
ANEXO A – APROVAÇÃO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS DA UFPE.....	47

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, sabe-se que o consumo alimentar da população, em sua maioria, é marcado pela grande oferta de alimentos calóricos e ultraprocessados, tornando um ambiente chamado de obesogênico (Bertolo, 2021). A obesidade é definida como um distúrbio nutricional e metabólico de origem multifatorial, onde o percentual de gordura corporal no indivíduo se encontra elevado (Neves et al, 2021). De acordo com a Federação Mundial de Obesidade (World Obesity Federation - WOF) 2024, as estimativas para níveis globais de IMC elevado (IMC \geq 25 kg/m²) sugerem o número de adultos obesos pode aumentar de 810 milhões em 2020 para 1,53 bilhão em 2035, e mais de 750 milhões de crianças (com idade entre 5 e 19 anos) deverão viver com sobrepeso e obesidade, metade das crianças no Brasil terão sobrepeso em 2035, correndo maior risco de apresentar os primeiros sinais de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) ainda na infância.

É importante destacar que a obesidade, juntamente com o desequilíbrio nutricional que a acompanha, é o distúrbio mais frequente durante a gestação, sendo a adoção de uma dieta padrão obesogênico um dos principais fatores que podem conduzir a essa situação para a mãe, resultando em consequências adversas para o desenvolvimento da criança (Grefenhagen, 2019). A gestação e a lactação são definidos como períodos críticos do desenvolvimento humano, que conferem características ao chamado programação intrauterina (Bertolo, 2021). Esse ambiente é capaz de promover adaptações metabólicas que ocorrem na fase fetal e persistem até a vida adulta, podendo influenciar a saúde e o metabolismo ao longo da vida (Silva, 2016). De acordo com isso, há a chance de que o indivíduo possa enfrentar consequências negativas no longo prazo devido aos hábitos alimentares inadequados da mãe, como: obesidade, desnutrição, hipertensão, diabetes, surgimento de alergias, distúrbios alimentares e outros problemas indesejáveis (Teles *et al*, 2023).

Para garantir a sobrevivência de uma nova vida, o corpo materno sofre várias alterações, dentre elas, mudanças hormonais, aumento do peso corporal, das mamas, produção de leite, entre outras (Silva *et al.*, 2015). Durante a gestação, diferentes órgãos e sistemas se adaptam para sustentar o desenvolvimento fetal. Exemplo disso, o fígado sofre intensas modificações desde anatômicas como

funcionais, o mesmo se desloca para cima, atrás e direita para que haja espaço para o crescimento fetal (Burti *et al.*, 2006). Há mudanças funcionais, devido a ação do estrógeno, podendo ocasionar teleangiectasias, eritema, estase biliar, aumento da saturação do colesterol (Burti *et al.*, 2006). Concomitantemente, há a diferenciação de hepatoblastos e maturação de hepatócitos, aumentando a função hepática metabólica ainda durante a gestação, intensificando suas funções de desintoxicação para proteger tanto a mãe quanto o feto de substâncias potencialmente nocivas (Guo *et al.*, 2009).

A atividade física é um fator ambiental que também atua durante esses momentos críticos de desenvolvimento. A prática de atividade física durante a gestação é responsável por adequar e promover benefícios diversos sobre diferentes sistemas do organismo materno (Clapp, 1990). O exercício físico é capaz de gerar ganhos de força, redução do peso corporal, e aumento de massa magra em gestante (Benton; Swan; Whyte, 2010). Dentre os tipos de exercícios, podemos destacar o treinamento físico com peso ou resistido, que é caracterizado pela aplicação de uma sobrecarga progressiva sobre o corpo ou segmento corporal, incluindo força, potência, hipertrofia e resistência muscular (American College of Sports, 2009), além disso, é um possível modulador para a melhora da qualidade de vida materna (Liu *et al.*, 2019).

O American College of Obstetricians and Gynecologist (ACOG) recomenda que gestantes saudáveis sem complicações devem ser encorajadas a prática de exercício físico aeróbico e resistido, 20-30 minutos por dia, com intensidade moderada visando melhorar ou manter a capacidade física, redução do ganho de peso e risco de diabetes gestacional e aumento do bem-estar psicológico (ACOG, 2020). Ademais, é fundamental que as gestantes sejam orientadas por profissionais de saúde sobre a prática segura e adequada de atividades físicas durante a gravidez, promovendo uma gestação saudável (Nascimento, 2014).

Este estudo investiga se o treinamento resistido de alta intensidade pode reduzir os efeitos de uma dieta obesogênica durante a gestação em ratas Wistar. Os objetivos incluem analisar o ganho de peso, o consumo alimentar, a capacidade de carga máxima e o peso do fígado, além de observar como a prática de exercícios influencia o número de células hepáticas maternas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Perfil alimentar e estado nutricional da população na atualidade

A partir da segunda metade do século XX, observou-se o início das transformações no cenário epidemiológico, que acompanharam as alterações nos padrões alimentares, com a introdução de alimentos práticos, convenientes e prontos para o consumo, que passaram a integrar as refeições (Rodrigues, 2024). Atualmente, há uma tendência crescente de consumo de alimentos fora de casa, com alto teor calórico e baixa qualidade nutricional, destacando-se carboidratos simples, gorduras saturadas/trans e baixo teor de proteínas, fibras e micronutrientes (Freitas, 2011; Bedê, 2020).

Tais transformações no padrão alimentar tendem a gerar desequilíbrio na oferta de nutrientes e na ingestão de calorias, marcado pela grande oferta de alimentos calóricos e ultraprocessados, que torna o ambiente obesogênico (Bertolo, 2021). Essas mudanças no estilo de vida levam ao aumento de DCNT, como obesidade, diabetes *mellitus* tipo 2 (DM2), doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer, relacionadas à nutrição, que estão entre as principais causas de óbito, afetando a saúde global (Rodrigues, 2024).

De acordo com a Federação Mundial de Obesidade (*World Obesity Federation* - WOF) 2024, as estimativas para níveis globais de IMC elevado ($\text{IMC} \geq 25 \text{ kg/m}^2$) sugerem que o número de adultos obesos aumentará de 810 milhões em 2020 para 1,53 bilhão em 2035. Além disso, mais de 750 milhões de crianças (com idade entre 5 e 19 anos) deverão viver com sobrepeso e obesidade (WOF, 2024). Dessa forma, a incidência global de obesidade quase dobrou nas últimas duas décadas (Santos, 2023). A obesidade é definida como um distúrbio nutricional e metabólico de origem multifatorial, caracterizado pelo aumento do percentual de gordura corporal no indivíduo (Neves *et al.*, 2020). Portanto, a obesidade é um dos mais graves problemas de saúde que enfrentamos atualmente (OMS, 2021; Silva, 2022; Aguiar, 2021).

No Brasil, a Pesquisa de Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (Vigitel) de 2019, realizada pelo Ministério da Saúde, constatou que o número de pessoas obesas no país aumentou

72%, passando de 11,8% em 2006 para 20,3% em 2019. Na mesma pesquisa, verificou-se que 20,7% das mulheres são obesas, evidenciando um problema de saúde crescente entre as mulheres em idade reprodutiva (Silva, 2021). De acordo com o *Institute of Medicine* (IOM), nos países ocidentais, a prevalência de obesidade entre gestantes é de 30%, e estima-se que mais de 40% das gestantes ganham peso acima do intervalo recomendado para o seu IMC (Santos *et al.*, 2023).

É importante destacar que a obesidade, juntamente com o desequilíbrio nutricional, é o distúrbio mais frequente durante a gestação. O consumo de dietas com padrão obesogênico é um dos principais fatores que podem levar a essa situação nas mães, que resulta em consequências adversas para o desenvolvimento do feto (Grefenhagen, 2019). Portanto, a obesidade materna pré-gestacional e o ganho de peso gestacional excessivo são considerados sérios problemas de saúde pública em todo o mundo (ABESO, 2023). Além disso, há uma ligação com o aumento de mulheres que ganham peso excessivo durante a gravidez ou desenvolvem diabetes gestacional (DMG), uma condição que afeta entre 5% e 10% das gestantes (Musial *et al.*, 2017).

A análise do estado nutricional da mãe durante a gravidez é crucial para identificar riscos. O Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional (SISVAN) utiliza o peso pré-gestacional para avaliar o ganho de peso ideal, ajuda na avaliação da saúde da mãe e do feto, e previne contra complicações perinatais (Costa, 2021). O Ministério da Saúde do Brasil lançou um Guia Alimentar para orientar gestantes sobre uma dieta equilibrada, que recomenda alimentos *in natura* e minimamente processados (Brasil, 2021). No entanto, uma pesquisa realizada em UBS no Nordeste do Brasil mostrou que 70 gestantes atendidas no pré-natal tinham uma ingestão inadequada de leguminosas, leite e produtos lácteos, e consumiam excessivamente carnes, ovos e açúcares/doces (Rodrigues, 2024).

De acordo com a OMS, fatores ambientais, como desigualdades socioeconômicas, influenciam os índices de mortes prematuras e doenças. O acesso a um desenvolvimento saudável na infância é essencial para mitigar disparidades em saúde (Albuquerque, 2024). Os hábitos de vida maternos, como dieta e prática de atividade física, desempenham um papel fundamental no desenvolvimento fetal (Martin-Gronert e Ozanne, 2012). Além disso, o sobrepeso e a obesidade materna aumentam os riscos de parto induzido, cesariana, hemorragia maciça pós-parto e infecção puerperal (Filho, 2009).

Dietas ricas em gordura podem causar obesidade materna e gerar modulações no ambiente intrauterino (Shankar *et al.*, 2008). Na pesquisa com animais, ratas Wistar alimentadas com dietas ricas em gorduras, conhecidas como obesogênicas, apresentaram aumento no IMC e na gordura visceral em comparação com o grupo padrão, o que está relacionado à obesidade e a mudanças metabólicas (Santos *et al.*, 2020; Silva, 2022). Resultados semelhantes foram encontrados por Ravagnani e colaboradores (2012), que avaliaram os efeitos de dietas hipercalóricas e hiperlipídicas combinadas com natação (cinco dias por semana, uma hora por dia, durante oito semanas, em intensidade leve a moderada) sobre a área de adipócitos e triglicerídeos hepáticos de ratos. As dietas hipercalóricas aumentaram o peso do tecido adiposo retroperitoneal e visceral abdominal (omental) quando comparadas à dieta controle (Ravagnani *et al.*, 2012).

2.2 Gestação

2.2.1 Alterações fisiológicas na gestação

Além das alterações metabólicas, órgãos importantes apresentam modificações morfológicas e fisiológicas. O fígado sofre intensas modificações desde anatômicas como funcionais, o mesmo se desloca para cima, atrás e direita para que haja espaço para o crescimento fetal (Burti *et al.*, 2006). Há mudanças funcionais, devido a ação do estrogênio, podendo ocasionar teleangiectasias, eritema, estase biliar, aumento da saturação do colesterol (Burti *et al.*, 2006). Concomitantemente, há a diferenciação de hepatoblastos e maturação de hepatócitos, aumentando a função hepática metabólica ainda durante a gestação, intensificando suas funções de desintoxicação para proteger tanto a mãe quanto o feto de substâncias potencialmente nocivas (Guo *et al.*, 2009).

O fígado é o órgão central do metabolismo, desempenhando um papel crucial na homeostase do corpo por meio do processamento de carboidratos, proteínas, lipídios e outras substâncias. Além disso, a desintoxicação e a regeneração são funções fundamentais que caracterizam este órgão (Kimura *et al.*, 2023). Ele é responsável por funções secretoras (bile, eletrólitos, fosfolipídios e colesterol) e excretoras (hormônios esteroides, bilirrubina, cálcio, drogas metabólicas). O fígado também processa e armazena nutrientes absorvidos, enquanto a bile facilita a

absorção de lipídios (Bedê, 2020). Lesões hepáticas podem causar desequilíbrios metabólicos (Martelli, 2010).

O tecido hepático humano é composto por diferentes células e revestido pela cápsula de Glisson (Alves, 2021). Os hepatócitos são as células predominantes e responsáveis pelas funções metabólicas, endócrinas e secretoras do órgão, que constituem cerca de 60% do total de células e 80% do volume hepático (Aguiar, 2021). Os papéis primários dos hepatócitos são metabolismo, produção de proteínas (incluindo proteínas imunes) e neutralização de toxinas (Yang, 2023). Uma característica interessante dos hepatócitos maduros é a binucleação, que se refere à presença de dois núcleos. Essa condição está associada à intensa função metabólica do fígado e pode indicar alta atividade funcional, além de estar relacionada à regeneração e adaptação do órgão em resposta a danos ou estresse (Miyaoka e Miyajima, 2013).

Além dos hepatócitos, o fígado abriga diversas outras células, como células endoteliais, células de Kupffer, células estreladas hepáticas e epitélio biliar. As células de Ito desempenham um papel fundamental no armazenamento de lipídios (Aguiar, 2021). As células de Kupffer, juntamente com os macrófagos, constituem a maior população de macrófagos residentes no fígado. Elas preenchem os lúmens sinusoidais para monitorar a presença de materiais estranhos no sangue, desempenhando um papel crucial no sistema imunológico ao remover corpos estranhos, materiais particulados e desintoxicar endotoxinas (Yang, 2023).

Para garantir a sobrevivência de uma nova vida, o corpo da mulher durante a gestação sofre várias alterações, dentre elas, mudanças hormonais, aumento do peso corporal, das mamas, produção de leite, entre outras (Silva *et al.*, 2015). A gestação é dividida em três trimestres: o primeiro é caracterizado pela rápida diferenciação celular, crescimento de órgãos e tecidos, e modificação de hormônios maternos. As fases subsequentes focam no desenvolvimento fetal, sendo que fatores externos e ambientais podem ter maior impacto nesse processo (Rodrigues, 2024). A gestação até a primeira infância, são considerados períodos críticos para o desenvolvimento devido à intensa proliferação e diferenciação celular (Morgane, Mokler e Galler, 2002).

A gestante apresenta diferentes modificações em seu organismo, incluindo alterações no metabolismo de carboidratos e lipídios, visando assegurar um suprimento contínuo de nutrientes para o feto em desenvolvimento, mesmo com a

ingestão intermitente de alimentos pela gestante (Zavalza-Gomez *et al.*, 2008). Diante disso, o metabolismo dos lipídios sofre modificações, com níveis séricos de colesterol e triglicerídeos aumentados devido à maior síntese no fígado (Ribas *et al.*, 2015; Pascual e Langaker, 2023). Nesse contexto, o ambiente é capaz de promover adaptações metabólicas que podem ocorrer tanto na fase fetal quanto na vida adulta (Silva, 2016).

Diante disso, há a chance de que o indivíduo, devido aos hábitos alimentares inadequados da mãe, possa enfrentar consequências negativas no longo prazo como: obesidade, hipertensão, DM2, surgimento de alergias, distúrbios alimentares e outros problemas indesejáveis (Teles *et al.*, 2023). Essa linha de pensamento pode elucidar a origem de doenças na idade adulta, resultantes do estresse enfrentado durante o período gestacional (Calkins e Devaskar, 2011).

2.2.1 Alimentação na gestação

Para o adequado desenvolvimento fetal, o organismo materno requer maiores demandas nutricionais, para garantir a saúde do feto e prevenir deficiências nutricionais (Rodrigues, 2024). A nutrição da mãe é um importante fator que repercute na saúde da gestante e do feto, assim o componente nutricional da dieta é de suma importância (Mathias, 2014). Conforme apontado por Abu-saad e Fraser (2010), a ingestão de nutrientes durante a gestação desempenha um papel crucial no crescimento e no nascimento do feto. De tal modo, cada componente nutricional tem um papel importante na formação fetal, exemplo disto são os ácidos graxos que são responsáveis pelo desenvolvimento cerebral, adipogênese, possuem funções energéticas e de reservas metabólicas (Brett *et al.*, 2014).

A dieta materna durante a gestação afeta a saúde do feto, visto que uma dieta equilibrada, rica em nutrientes essenciais e pobre em açúcares refinados e gorduras saturadas é fundamental para um desenvolvimento fetal saudável (Van Horn; Vincent; Perak, 2018). Contribui para prevenir complicações como retardo do crescimento intrauterino, baixo ou excesso de peso ao nascer, e problemas durante o parto, por outro lado, a má nutrição pode causar ambiente intrauterino desfavorável, associado ao aumento da incidência de DCNT (Rodrigues, 2024).

Dietas ricas em gordura podem causar obesidade materna e gerar modulações no ambiente intrauterino (Shankar *et al.*, 2008). Na experimentação

animal, as dietas obesogênicas imitam o padrão alimentar ocidental, caracterizado pelo excesso de gorduras, o que está associado à obesidade e a alterações metabólicas (Silva, 2022). Estudos indicam que dietas ricas em gordura podem levar ao acúmulo de triacilgliceróis no fígado, resultando em mudanças metabólicas e fisiológicas, podendo causar problemas na absorção, síntese e degradação de ácidos graxos, que contribui para o desenvolvimento de doenças metabólicas (Freitas, 2020; Bedê, 2020; Aguiar, 2021).

Assim, têm sido demonstrada uma relação entre o consumo de dietas ricas em ácidos graxos saturados e o acúmulo de gordura subcutânea e visceral, dislipidemias e inflamação (Bedê, 2020). Pesquisas indicam que dietas ricas em gordura e/ou açúcar durante a gestação podem programar disfunções metabólicas na prole adulta (Musial *et al.*, 2017). Em camundongos, uma dieta ocidentalizada (41% de lipídios, 40% de carboidratos e 17% de proteínas) causou diminuição na tolerância à glicose e à insulina, além de aumento de marcadores de lesão hepática (AST e ALT), indicando predisposição a doenças hepáticas e síndromes metabólicas (Veniaminova *et al.*, 2020).

Nesse contexto, essa alimentação pode resultar em ganho excessivo de peso, impactar o metabolismo de glicose e lipídios, além de contribuir para a inflamação crônica de baixo grau. Além disso, ratas gestantes obesas apresentaram resultados negativos no desenvolvimento da prole, como aumento de reabsorções e inflamação placentária (Mahany *et al.*, 2018). Isso ressalta a importância do controle da ingestão de gordura na dieta diária e da prática regular de atividade física como fatores determinantes para o controle do peso (Albuquerque, 2024). Adotar hábitos saudáveis pode prevenir o surgimento de diversas doenças crônicas e problemas metabólicos. Nesse sentido, a prática regular de atividade física é altamente recomendada como uma estratégia eficaz para minimizar os efeitos de uma dieta inadequada, prevenindo doenças cardiovasculares, obesidade e DM2 (Polacow *et al.*, 2007).

2.3 Treinamento resistido durante a gestação

Um fator ambiental que tem recebido bastante interesse, como possível modulador capaz de induzir adaptações fisiológicas durante a gestação, é o treinamento físico (Clapp, 2006). O *American College of Obstetricians and*

Gynecologist (ACOG) recomenda que gestantes saudáveis sem complicações devem ser encorajadas a prática de exercício físico aeróbico e resistido, 150 minutos por semana, com intensidade moderada com objetivo de melhorar ou manter a capacidade física, redução do ganho de peso e risco de diabetes gestacional e aumento do bem-estar psicológico (ACOG, 2020).

Atividade física é qualquer movimento dos músculos esqueléticos que gasta mais energia do que a taxa metabólica de repouso, incluindo práticas diárias como trabalho, jogos, tarefas domésticas, viagens e lazer (OMS, 2014). Diferente da atividade física, o exercício é definido como subcategoria que tem como características planejamento, estrutura, repetição e como objetivo a melhoria da saúde e manutenção de um ou mais componentes de aptidão física (OMS, 2014).

De acordo com Souza *et al.* (2008), o treinamento resistido (TR) é caracterizado por estímulos de curta duração e diferentes intensidades, pode ser aplicado com o objetivo de aprimorar o condicionamento físico, o desempenho esportivo, objetivos estéticos e a promoção da saúde. As capacidades treináveis do exercício resistido incluem força, potência, hipertrofia e resistência muscular (American College of Sports, 2009).

Considera-se agudo quando é realizada apenas uma sessão de exercício de força e crônico quando são realizadas sequenciadas sessões por um determinado tempo (Ribeiro, 2023). A intensidade dos exercícios é determinada pela carga voluntária máxima (CVM), sendo considerada leve quando realizada com 40% a 60% da CVM e alta quando feita com mais de 70%. Aumentar o volume de repetições pode aumentar a resistência muscular, enquanto poucas repetições com alta carga podem resultar em hipertrofia e aumento da força muscular (Ribeiro, 2023).

O exercício resistido, pode ser um aliado importante no processo de emagrecimento, pois além do gasto calórico durante a atividade, pode melhorar o metabolismo basal e aumentar o gasto energético de repouso ao longo do dia, mesmo fora do período da prática (Carneiro, 2011). Isso ocorre principalmente devido à capacidade do exercício de preservar ou aumentar a massa muscular do indivíduo e provocar outras adaptações metabólicas que irão regular e direcionar o metabolismo das fontes energéticas, particularmente dos carboidratos e gorduras (lipídio) (Souza, 2020).

O exercício é uma ferramenta poderosa para prevenir doenças metabólicas,

melhorando o fenótipo metabólico de tecidos não musculares, como fígado (Thyfault *et al.*, 2020). A maior parte do conhecimento sobre a contribuição do fígado para o metabolismo durante o exercício agudo vem de estudos com ratos. Os dados de Chunxiu *et al.* (2020), sugerem que os substratos fornecidos pelos músculos em atividade não apenas suportam o metabolismo hepático, mas também regulam vias de sinalização e transcrição gênica no fígado em resposta ao exercício.

Entre os benefícios do TR estão a melhora do perfil lipídico, com aumento das concentrações séricas de HDL e redução dos níveis de triglicerídeos, observados tanto em humanos quanto em animais (Polacow *et al.*, 2007). Estudos indicam que essa modalidade de exercício também está associada à melhora da homeostase da glicose e da insulina, sendo uma forma de prevenção e tratamento de distúrbios metabólicos e DM2 (Souza, 2020). Além disso, pode estar associada a redução do risco a doenças hepáticas na prole, quando submetida a dieta com alto teor de lipídios (Sheldon *et al.*, 2016).

Portanto, levando em consideração esses benefícios, o treinamento resistido progressivo pode ser uma intervenção eficaz no tratamento da obesidade e na melhoria do metabolismo basal, aumentando o gasto calórico diário e, conseqüentemente, auxilia no controle do peso corporal (Carneiro, 2011). Diversas diretrizes recomendam a prática regular de exercícios físicos moderados durante a gestação, a fim de prevenir o surgimento de doenças e controlar o ganho de peso materno, uma vez que o ganho de peso repercute diretamente no desenvolvimento fetal (Savvaki *et al.*, 2018). Para gestantes, é recomendado praticar exercícios de força resistida de três a cinco vezes por semana. Cada sessão deve durar entre 15 a 20 minutos, com intensidade moderada, isso equivale a realizar duas a três séries de 10 a 15 repetições (Campos, 2021).

O exercício físico regular tem grande importância no controle do ganho de peso durante a gestação, pode contribuir para a saúde materna e fetal, além de ajudar a prevenir complicações metabólicas. Ademais, é fundamental que as gestantes sejam orientadas por profissionais de saúde sobre a prática segura e adequada de atividades físicas, promovendo uma gestação saudável (Nascimento, 2014). Diante disso, esse projeto visou investigar a associação entre a dieta obesogênica e treinamento resistido de alta intensidade durante a gestação e seus efeitos sobre as células hepáticas.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral:

Avaliar a repercussão de uma dieta obesogênica associada ao treinamento resistido durante a gestação sobre o número de células hepáticas maternas.

3.2 Objetivos Específicos:

- Avaliar nas ratas *in vivo*: peso corporal, capacidade de carregamento máximo, consumo alimentar.
- Avaliar nas ratas *post-mortem*: peso do fígado, número de hepatócitos mononucleares, binucleares e células de Kupffer.

4 METODOLOGIA

4.1 Questões Éticas

Sob o registro número 105/2021, o projeto recebeu aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), aderindo às normativas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA).

4.2 Animais

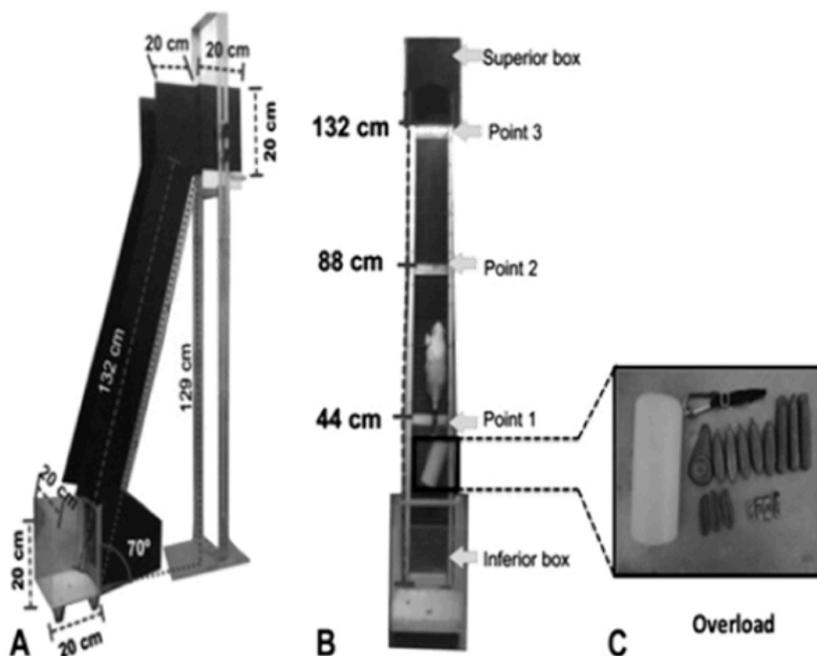
As ratas utilizadas foram da linhagem Wistar, com idades compreendidas entre 60 e 70 dias, sem relação de parentesco. Provenientes do biotério de criação do Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco. Os animais foram alojados em gaiolas padrão do biotério, mantidos em ciclo claro-escuro de 12/12 horas, e tinham acesso livre à comida e água. O acasalamento foi realizado na proporção de duas fêmeas para um macho, e a confirmação da gravidez ocorreu após análise de esfregaço vaginal para visualização dos espermatozoides em microscópio de campo claro (Marcondes *et al.*, 2002). Após a confirmação da gestação, as ratas foram transferidas para gaiolas individuais, onde tinham livre acesso a comida e água. A eutanásia foi realizada no vigésimo dia gestacional por decapitação.

4.3 Treinamento Resistido

O aparato de treinamento é composto por uma escada de 132 cm de altura e 87 degraus metálicos, com uma angulação de 70° em relação ao solo, os animais com suas caudas fixadas a uma carga gradual, percorriam a extensão da escada. Após um período de adaptação de 5 dias ao aparato (Antonio-santos *et al.*, 2006), as ratas do grupo de treinamento passaram pelo teste de capacidade de carregamento máximo (TCCM) (Hornberger; farrar, 2004) para avaliar a sobrecarga máxima e monitorar o ganho individual de força (Antonio-santos *et al.*, 2006). Inicialmente, a sobrecarga foi definida em 75% do peso corporal no primeiro TCCM,

aumentando em 30 gramas após cada subida bem-sucedida. Nos TCCMs subsequentes, as primeiras subidas foram realizadas com 80% e 100% da sobrecarga máxima da semana anterior, com incremento de 30 gramas até a falha. Os intervalos entre as subidas foram mantidos em 120 segundos em todos os TCCMs (Antonio-santos *et al.*, 2006). Enquanto, o Grupo Não-Treinado (NT, n=6) não foi submetido ao treinamento resistido ou ao TCCM. Antes da gestação, as ratas do grupo treinado passaram por um programa de treinamento pré-gestacional, consistindo em realizar de 7 a 9 subidas, 5 dias por semana, durante 3 semanas, com uma intensidade de 80% da sobrecarga máxima e intervalos de descanso de 90 segundos entre as subidas. Após a confirmação da gestação, foi iniciado o programa de treinamento resistido para gestantes, mantendo os mesmos parâmetros. O protocolo de treinamento foi encerrado no vigésimo dia de gestação para as ratas do grupo treinado. Todas as sessões de treinamento e TCCM foram agendadas para as 13:00 horas.

Figura 1. Aparato de treinamento resistido



Fonte: Antonio-Santos *et al.*, 2016

(A) Vista lateral do aparelho de treinamento (altura: 129 cm; largura: 20 cm; tamanho: 132 cm; com 87 graus e 1 cm entre os degraus). (B) Vista frontal do aparelho de treinamento com os pontos para colocação dos ratos (caixa inferior transparente, ponto 1–44cm da base, ponto 2–88 cm da base, ponto 3–132 cm da base e caixa superior escura). (C) Mosquetão e cápsula para fixar a sobrecarga e as diferentes cargas utilizadas nos treinamentos.

4.4 Manipulação da Dieta

Desde os períodos de adaptação até a eutanásia, uma dieta obesogênica (DO), adaptada de Bortolin (2018), foi fornecida aos animais. Os grupos controle receberam a dieta AIN-93G (Reeves, Nielsen e Fahey, 1993). As contribuições calóricas dos macronutrientes na dieta obesogênica foram de 16,1% de proteínas, 48,4% de lipídeos e 35,5% de carboidratos, enquanto na dieta controle foram de 19% de proteínas, 17,6% de lipídeos e 63,4% de carboidratos. Bortolin e colaboradores (2018) (4,7 kcal/g, 48% de lipídios) que possui banha animal, maior quantidade de sacarose, reduzida quantidade de fibra e a adição de cloreto de sódio.

Tabela 1. Contribuição calórica dos macronutrientes das dietas manipuladas

Contribuição calórica dos macronutrientes	^aDieta Controle	^bDieta Obesogênica
Kcal	3,7 kcal	4,7 kcal
Proteínas	19,0%	16,1%
Lipídeos	17,6%	48,4%
Carboidratos	63,4%	35,5%

Fonte: ^aNuvilab; ^bBORTOLIN (2018).

4.5 Monitoramento do Peso Corporal

Durante os períodos de adaptação, treinamento pré-gestacional e gestacional, procedeu-se à pesagem semanal dos animais. Para isso, foi empregada a balança digital eletrônica Marte, modelo S-1000, com capacidade para 1000g.

4.6 Avaliação do Consumo Alimentar

O consumo alimentar das ratas foi avaliado semanalmente durante os períodos de adaptação, treinamento pré-gestacional e gestação, entre 12h00min e 14h00min. Utilizando a balança. Para avaliação do consumo alimentar foi utilizada a fórmula: Alimento ofertado (g) - Alimento rejeitado (g) = Consumo total. Para quantificar a caloria consumida foi multiplicada a gramatura consumida x 3,6 para os grupos de DC e por 4,69 para os grupos DO.

4.7 Coleta de Amostras

Ao final do período gestacional, todas as ratas foram eutanasiadas no 20º dia de gestação por meio de decapitação para retirada dos tecidos. O tecido hepático foi coletado e pesado. Para a pesagem, foi utilizada balança eletrônica digital – Marte, modelo S-1000, com capacidade máxima de 1000g e sensibilidade de 0,001g.

4.8 Análise Histológica

As amostras hepáticas maternas foram colhidas e submetidas a um processo de desidratação em álcool etílico, seguido de diafanização em xilol, impregnação em parafina e corte em micrótomo, produzindo secções de 10 µm. Essas secções foram então montadas em lâminas e coradas com Hematoxilina-Eosina (HE) para posterior análise microscópica. Para capturar imagens das amostras, empregou-se uma câmera digital Nikon Eclipse E200, conectada ao microscópio, juntamente com o software Motic Images Plus versão 2.0. O número de células foi avaliado por meio do software ImageJ versão 1.43.

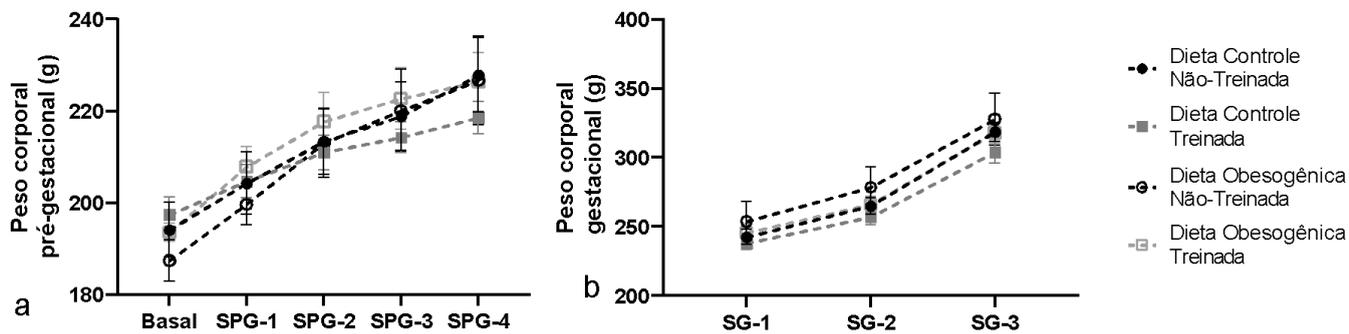
4.9 Análises Estatística

Os dados foram analisados estatisticamente através do software GraphPad Prism 6® (GraphPad Software, Inc., La Jolla, CA, USA). Inicialmente foi utilizado o teste Shapiro-Wilk para determinar se os dados apresentavam uma distribuição normal. Para realizar a comparação entre os grupos de dados paramétricos foram utilizados os testes ANOVA correspondentes (one-way ou two-way com ou sem medidas repetidas). Para o post-hoc test, foi utilizado o teste de Tukey. Todos os dados foram apresentados em média \pm S.E.M. Foram considerados significantes o valor de ($p < 0.05$)

5 RESULTADOS

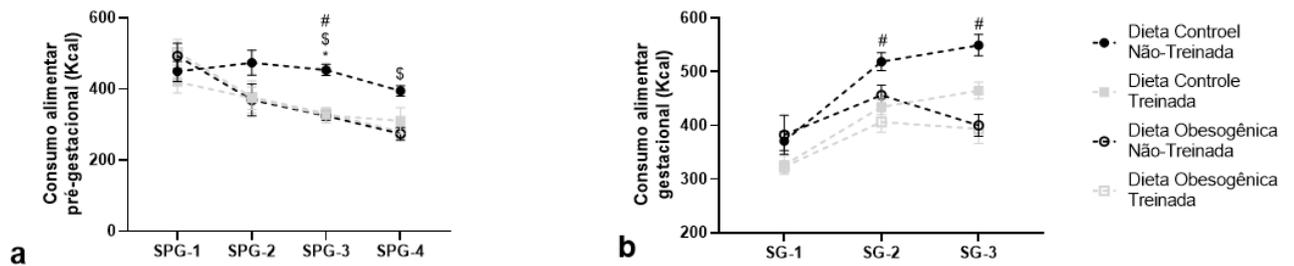
Os grupos Dieta Controle Não-Treinado, Dieta Controle Treinado, Dieta Obesogênica Não-Treinado e Dieta Obesogênica Treinado foram analisados e comparados quanto ao peso corporal pré-gestacional e gestacional, capacidade máxima de carga pré-gestacional e gestacional, peso e peso relativo do fígado, bem como o número das células hepáticas.

A evolução do peso corporal pré-gestacional (Figura 2a) e gestacional (Figura 2b) de todos os grupos foi avaliada, não indicou diferença significativa na evolução do peso corporal durante as semanas pré-gestacionais (Figura 2a) ($p > 0,05$; DC-NT: SPG1 - $204,3 \pm 6,827$; SPG2 - $213,4 \pm 7,267$; SPG3 - $218,9 \pm 7,459$; SPG4 - $227,9 \pm 8,146$. DC-T: SPG1 - $204,7 \pm 3,663$; SPG2 - $211,0 \pm 3,780$; SPG3 - $214,3 \pm 3,336$; SPG4 - $218,6 \pm 3,484$. DO-NT: SPG1 - $199,7 \pm 4,502$; SPG2 - $213,0 \pm 7,435$; SPG3 - $220,1 \pm 8,927$; SPG4 - $226,7 \pm 9,702$. DO-T: SPG1 - $207,9 \pm 4,415$; SPG2 - $217,7 \pm 6,282$; SPG3 - $222,7 \pm 6,704$; SPG4 - $226,4 \pm 6,394$). O acompanhamento semanal da evolução do peso ao longo da gestação foi realizado a partir do dia de confirmação da gestação. Durante as semanas gestacionais, observou-se um aumento significativo do peso corporal em todos os grupos na SG2 em comparação com a SG1, e esse aumento se repetiu ao comparar a SG3 com a SG2 ($p < 0,05$; DC-NT: SG1 - $242,7 \pm 5,239$; SG2 - $265,0 \pm 5,910$; SG3 - $318,7 \pm 6,960$. DC-T: SG1 - $238,0 \pm 4,821$; SG2 - $257,1 \pm 5,599$; SG3 - $304,0 \pm 7,985$. DO-NT: SG1 - $253,9 \pm 14,60$; SG2 - $278,6 \pm 14,44$; SG3 - $327,9 \pm 18,69$. DO-T: SG1 - $245,6 \pm 6,313$; SG2 - $266,1 \pm 6,069$; SG3 - $318,1 \pm 7,369$), sem diferenças estatísticas entre os grupos (Figura 2b).

Figura 2. Peso pré-gestacional e peso gestacional

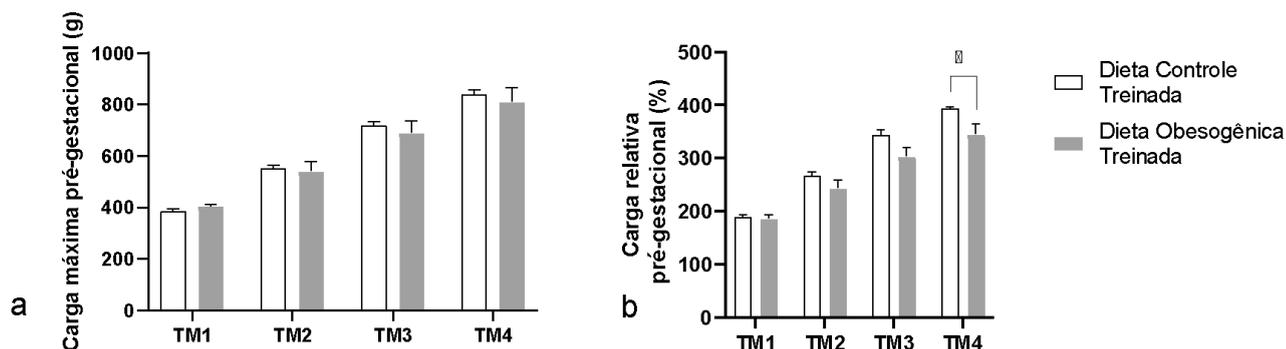
(a) Peso corporal pré-gestacional e (b) peso corporal gestacional (Basal, SPG 1, 2, 3, 4 = Semana pré-gestacional 1, 2, 3, 4), (SG 1, 2, 3 = Semana gestacional 1, 2, 3). Teste ANOVA two way, pós-teste de Tukey. ($p > 0,05$).

Foram avaliados o consumo alimentar semanal das ratas no período pré-gestacional (Figura 3a) e gestacional (Figura 3b) de todos os grupos. Na comparação intragrupo, nas semanas pré-gestacionais, as ratas DC-NT apresentaram maior consumo alimentar em comparação ao grupo DC-T na SPG-3, e ao grupo DO-NT nas SPG-3 e SPG-4 ($p < 0,05$; DC-NT: SPG1 - $449,3 \pm 27,92$; SPG2 - $473,9 \pm 35,09$; SPG3 - $453,4 \pm 15,81$; SPG4 - $394,6 \pm 14,92$. DC-T: SPG1 - $419,7 \pm 31,03$; SPG2 - $374,1 \pm 31,48$; SPG3 - $326,4 \pm 21,54$; SPG4 - $310,9 \pm 36,35$. DO-NT: SPG1 - $492,8 \pm 35,51$; SPG2 - $369,2 \pm 44,33$; SPG3 - $324,5 \pm 12,80$; SPG4 - $274,1 \pm 18,40$. DO-T: SPG1 - $503,3 \pm 36,27$; SPG2 - $377,1 \pm 45,28$; SPG3 - $331,4 \pm 13,07$; SPG4 - $279,9 \pm 18,79$). Durante as semanas gestacionais, houve aumento do consumo alimentar de todos os grupos quando comparada a SG-2 com a SG-1. Além disso, na SG-2, na comparação entre grupos, as ratas DC-NT tiveram o consumo alimentar aumentado em comparação ao grupo DC-T, e isso se repetiu na SG-3 ($p < 0,05$; DC-NT: SG1 - $370,7 \pm 17,52$; SG2 - $518,9 \pm 16,75$; SG3 - $549,7 \pm 16,86$. DC-T: SG1 - $326,2 \pm 17,28$; SG2 - $434,6 \pm 14,67$; SG3 - $464,9 \pm 15,43$. DO-NT: SG1 - $382,5 \pm 36,34$; SG2 - $456,5 \pm 18,54$; SG3 - $400,2 \pm 20,53$. DO-T: SG1 - $322,7 \pm 11,43$; SG2 - $406,6 \pm 19,08$; SG3 - $393,5 \pm 26,97$).

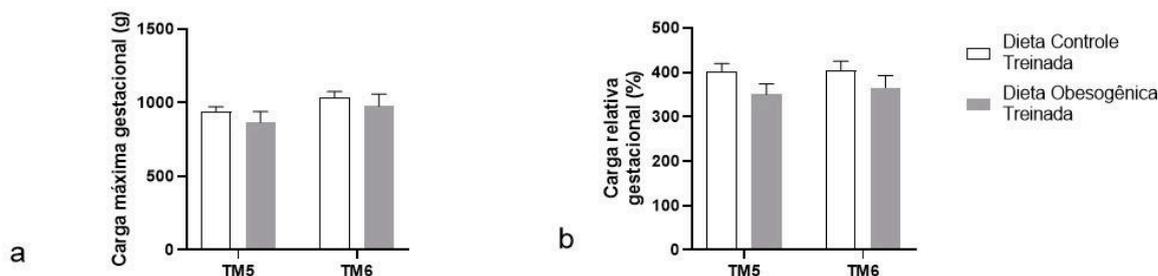
Figura 3. Consumo alimentar pré-gestacional e gestacional

(a) Consumo alimentar pré-gestacional e (b) consumo alimentar gestacional (SPG 1, 2, 3, 4 = Semana pré-gestacional 1, 2, 3, 4), (SG 1, 2, 3 = Semana gestacional 1, 2, 3). DCNT vs. DONT = \$. DCNT vs. DCT = #. DOT vs. DCT = *. Teste ANOVA two-way com pós-teste de Tukey. Dados apresentados em média \pm erro padrão da média. ($p < 0,05$).

As ratas dos grupos treinados realizaram o TCCM ao final de cada semana do protocolo de treinamento pré-gestacional (Figura 4) e gestacional (figura 5). Não houve diferença da carga máxima carregada entre os grupos treinados no período pré gestacional (Figura 4a). ($p > 0,05$; DC-T: TM1 - $384,7 \pm 8,253$; TM2 - $551,3 \pm 11,36$; TM3 - $718,9 \pm 15,08$; TM4 - $839,1 \pm 17,48$. DO-T: TM1 - $403,2 \pm 6,482$; TM2 - $538,8 \pm 38,12$; TM3 - $689,2 \pm 47,27$; TM4 - $810,3 \pm 55,88$). Contudo, ao analisar a carga relativa o grupo DC-T teve maior aumento da carga em relação ao DO-T, no TM 4 (Figura 4b). ($p < 0,05$; DC-T: TM1 - $188,6 \pm 4,987$; TM2 - $267,3 \pm 9,290$; TM3 - $344,1 \pm 8,895$; TM4 - $394,3 \pm 1,766$. DO-T: TM1 - $186,6 \pm 7,213$; TM2 - $243,5 \pm 15,54$; TM3 - $303,6 \pm 16,88$; TM4 - $345,2 \pm 18,88$). Na figura 5, a carga máxima carregada no período gestacional, não apresentou diferença estatística ($p > 0,05$; DC-T: TM5 - $941,9 \pm 30,40$; TM6 - $1036 \pm 39,15$. DO-T: TM5 - $865,1 \pm 74,31$; TM6 - $976,0 \pm 81,90$) nem na carga máxima relativa ($p > 0,05$; DC-T: TM5 - $400,5 \pm 19,47$; TM6 - $404,9 \pm 20,41$. DO-T: TM5 - $350,2 \pm 24,20$; TM6 - $365,5 \pm 27,34$).

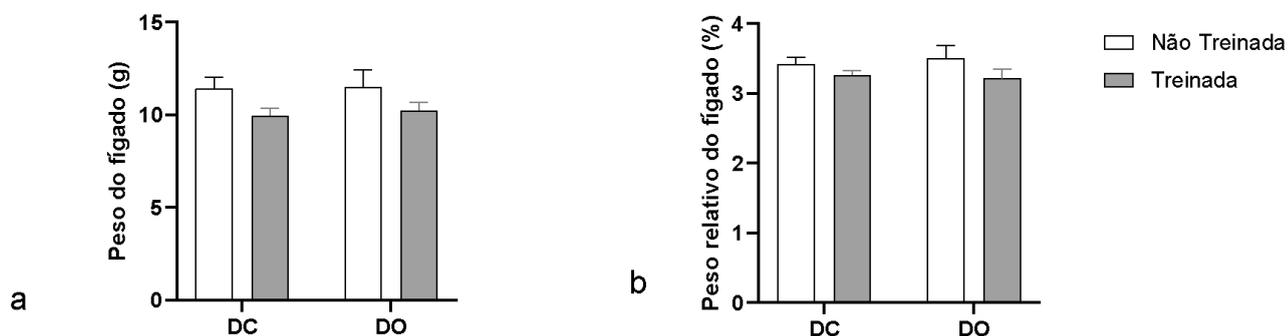
Figura 4. Carga máxima e carga máxima relativa pré-gestacional

(A) Carga Máxima Pré-gestacional e (B) Carga Relativa Pré-gestacional. TM – Teste Maximo. * = DCT vs DOT. ANOVA two-way com pós-teste de Tukey. Dados apresentados em média \pm erro padrão da média. ($p < 0,05$).

Figura 5. Carga máxima e carga máxima relativa gestacional

(A) Carga máxima gestacional e (B) Carga relativa gestacional. TM – Teste Maximo. * = DCT vs DOT. ANOVA two-way com pós-teste de Tukey. Dados apresentados em média \pm erro padrão da média. ($p > 0,05$).

O fígado foi coletado na eutanásia no dia 20º dia de gestação, onde o foi pesado e analisado peso (Figura 6a) e peso relativo (Figura 6b) entre os grupos experimentais: DC-NT (Dieta Controle Treinado), DC-T (Dieta Controle Treinado), DO-NT (Dieta Obesogênica Não-Treinado) e DO-T (Dieta Obesogênica Treinado). Não houve diferenças estatísticas no peso hepático entre os grupos e nem na comparação do peso relativo hepático entre os grupos (Figura 6).

Figura 6. Peso e peso relativo do fígado

(A) Peso do fígado e (B) Peso relativo do fígado. DC – Dieta Controle e DO – Dieta Obesogênica. Teste ANOVA two-way com pós-teste de Tukey. Dados apresentados em média \pm erro padrão da média. ($p > 0,05$).

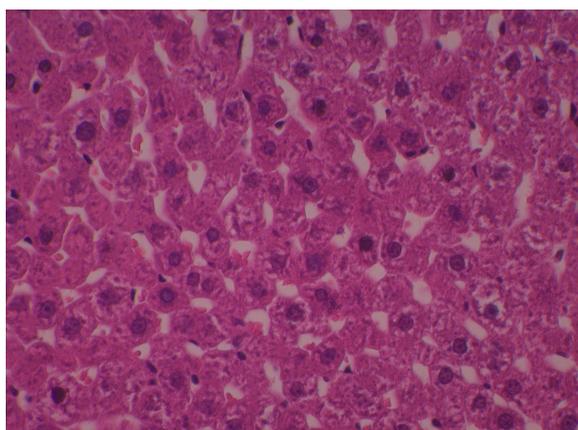
O número de células foi aferida no tecido coletado, onde o objetivo foi avaliar o número de Hepatócitos Mononucleares, Hepatócitos Binucleares e Células de Kupffer. Os animais do grupo não treinados, que consumiram a DO tiveram maior número de Hepatócitos Mononucleares e Células de Kupffer, que as consumiram DC (Tabela 2). Dentre os grupos alimentados com dieta controle, as ratas que foram treinadas durante a gestação tiveram maior número de Hepatócitos Mononucleares e Binucleares e Células de Kupffer do que as não treinadas (Tabela 2). Com relação ao grupo de animais da DO-T, essas apresentaram maiores números de Hepatócitos Mononucleares comparado às DO-NT e DC-T, e menor números de Hepatócitos Binucleares que as ratas do DC-T (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros morfométricos do tecido hepático das ratas.

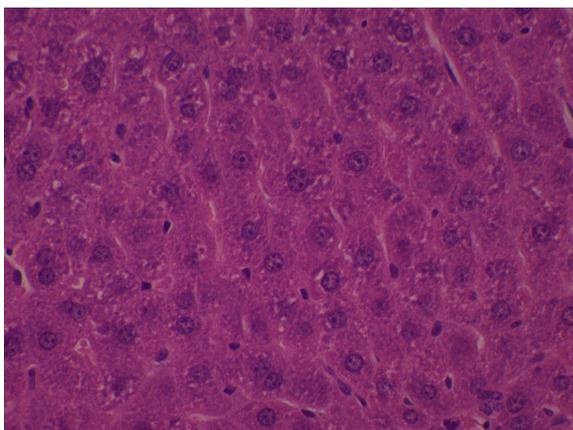
	DC-NT	DO-NT	DC-T	DO-T
<i>Hepatócitos Mononucleados</i>	59,26±1,37	69,72±1,99\$	65,58±1,4#	77,58±1,73%*
<i>Hepatócitos Binucleados</i>	4,32±0,47	3,32±0,3	5,72±0,42#	3,7±0,33*
<i>Células de Kupffer</i>	34,6±0,89	40,1±1,2\$	42±1,11#	39,6±1,18

Parâmetros morfométricos do tecido hepático. Grupos experimentais divididos em Dieta Controle Não Treinada (DC-NT, n=5), Dieta Controle Treinada (DC-T, n=5), Dieta Obesogênica Não Treinada (DO-NT, n=5), Dieta Obesogênica Treinada (DO-T, n=5). Teste ANOVA two-way com pós-teste de Tukey. Dados apresentados em média ± erro padrão da média. DCNT vs. DONT = \$. DCNT vs. DCT = #. DONT vs. DOT = %. DOT vs. DCT = *. p<0,05.

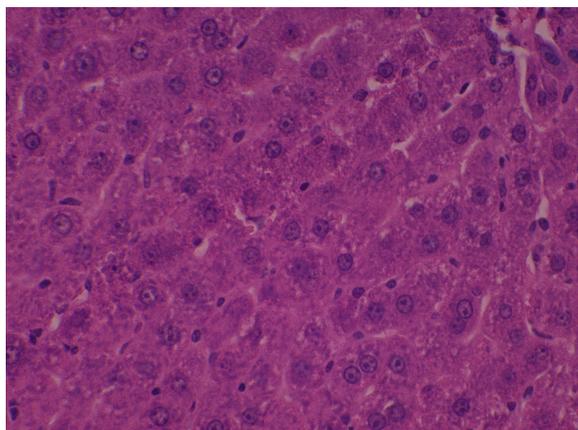
A)



B)



C)



D)

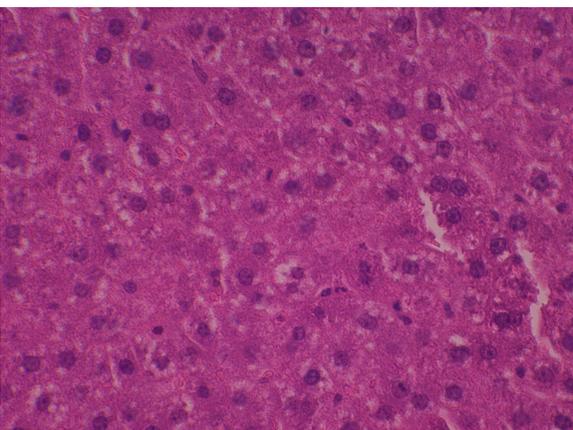


Figura 7. (A-D) Imagens representativas do tecido hepático corado com Hematoxilina e eosina (H&E). A) Dieta Controle Não Treinada, B) Dieta Controle Treinada, C) Dieta Obesogênica Não Treinada, D) Dieta Obesogênica Treinada.

6 DISCUSSÃO

Esta pesquisa investigou os efeitos de uma dieta obesogênica associada a um TR de alta intensidade, empregando adaptação do protocolo de treinamento em escada proposto por Antonio-Santos e colaboradores (2016), durante a gestação de ratas Wistar. Tendo em vista que o estilo de vida materno, a nutrição e o nível de atividade física antes e durante a gestação, possuem influência na saúde materna e no desenvolvimento fetal (Martin-Gronert e Ozanne, 2012). Foi analisada a evolução do peso corporal pré-gestacional e gestacional das ratas treinadas e não treinadas. Durante a segunda e terceira semanas de gestação, todos os grupos apresentaram um aumento gradual no GPG. Os resultados deste estudo demonstraram que a DO e TR não modificaram o ganho de peso corporal materno.

O ganho de peso excessivo está claramente associado a desfechos gestacionais adversos, como diabetes gestacional, hipertensão, complicações no trabalho de parto e macrosomia fetal (Santos, 2023). Para gestantes saudáveis, estima-se um ganho de peso gestacional de 12,5 kg, com o filho pesando em média 3,4 kg ao nascer, além do acúmulo de 925 g de proteínas e 3.825 g de gordura (Lucindo, 2021). O ganho de peso gestacional é um indicador crucial da saúde materna e do desenvolvimento fetal. Ele está associado ao aumento de massa da mãe e ao crescimento da unidade fetal, que inclui a placenta e o líquido amniótico (Most *et al.*, 2018).

Estudos que empregaram diferentes protocolos de exercícios apresentaram resultados semelhantes. Por exemplo, o estudo de Songstad e colaboradores (2015) que investigou os efeitos do HIIT durante a gestação, com variação da intensidade do exercício entre 50% e 90% do VO₂máx, revelou que não houve mudanças no peso entre os grupos das mães que realizaram exercícios e as sedentárias. Também foi constatado em uma pesquisa distinta que o treinamento resistido utilizando equipamento de agachamento não teve um impacto significativo na massa corporal de ratos alimentados com dieta ocidental, em comparação com o grupo controle (Santana *et al.*, 2019).

Além disso, foi analisado o consumo alimentar de dietas obesogênicas e controle tanto para ratas treinadas quanto para as não treinadas. No consumo alimentar pré-gestacional, observou-se que as ratas sedentárias consumiram menos a dieta obesogênica (DO-NT) a partir da terceira e quarta semanas em comparação

à dieta controle (DC-NT). Nas semanas gestacionais, houve aumento do consumo alimentar em todos os grupos quando comparada a SG-2 com a SG-1. Contudo, a partir da SG-2, o grupo DC-NT ingeriu mais que o DCT. É sabido que a ingestão dietética materna durante a gestação desempenha um papel crucial para a saúde materna e fetal (Araújo, 2016).

Durante este período, a ingestão alimentar aumenta para garantir um adequado fornecimento fetal através da placenta. A redução da ingestão pode estar relacionada à composição nutricional da dieta obesogênica. O comportamento alimentar refere-se ao conjunto de relações que envolve a seleção, preferência, tempo e quantidade de alimentos, sendo regulado pelo sistema nervoso central (Bertolo, 2021). O apetite é controlado principalmente por um complexo circuito de núcleos hipotalâmicos que participam da sinalização de apetite e saciedade, com o núcleo arqueado hipotalâmico (ARC) sendo o principal responsável por essa regulação (Escobar, 2013).

Assim, a manipulação de uma dieta rica em gorduras e com alto valor calórico pode ter contribuído para a saciedade das ratas, levando a uma menor ingestão alimentar. As dietas hiperlipídicas apresentam um menor teor de carboidratos e maior teor de lipídios em comparação à AIN-93G. Um estudo realizado com ratos mostrou resultados semelhantes, onde os animais apresentaram uma ingestão alimentar diária menor quando alimentados com esse tipo de dieta (Campanella *et al.*, 2014). Franco *et al.* (2009) demonstraram o efeito de dietas controle e obesogênica (adicionada de 14% de óleo de soja) em ratos Wistar sedentários ou submetidos ao exercício físico por um período de 8 semanas. A dieta obesogênica promoveu uma redução significativa na ingestão alimentar diária nos grupos de animais sedentários e ativos (Franco *et al.*, 2009). A redução da ingestão alimentar de ratos ao receberem dietas hiperlipídicas é, em parte, explicada pelo aumento da saciedade, menor eficiência alimentar e maior eficiência metabólica causada pela presença de lipídios na dieta (Santos, 2019).

Quanto aos resultados desta pesquisa, não foi observada diferença na carga máxima carregada entre os grupos treinados durante o período pré-gestacional e gestacional. Contudo, na carga máxima relativa pré-gestacional, o grupo DO-T teve um desempenho inferior durante as sessões de treinamento, em comparação com o grupo DC-T na última semana (TM4). O treinamento resistido é especialmente eficaz na construção e preservação da massa muscular. Isso resulta em um

aumento da força muscular, da resistência e da capacidade funcional através da indução da hipertrofia muscular e adaptações neuromusculares do músculo esquelético (Kim *et al.*, 2022). Além disso, o treinamento de força desempenha um papel fundamental na melhoria da composição corporal (Maestroni *et al.*, 2020). Com base nesses dados, pode-se concluir que o treinamento resistido (TR) resultou em um aumento de força nos animais treinados ao longo das semanas pré-gestacionais e gestacionais, evidenciado pelo aumento gradual na carga máxima carregada. Neste estudo, as ratas foram submetidas a um protocolo de treinamento resistido em escada, realizado cinco dias por semana, com intensidade de 80% da carga máxima, e intervalos de 24 horas entre as sessões. Esse protocolo parece induzir adaptações fisiológicas adequadas, aumentando a capacidade de carregamento máximo durante a gestação sem comprometer a saúde das ratas.

O consumo materno de uma dieta hipercalórica está relacionado à diminuição do desempenho no exercício e da eficiência do treinamento na prole (Ribeiro, 2023). Especulamos que isso possa ocorrer devido ao suprimento insuficiente de energia muscular durante o treinamento prolongado, menor disponibilidade de carboidratos na dieta obesogênica pode ter diminuído o aporte de glicose para formação do glicogênio intramuscular, gerando menor desempenho nas sessões de treinamento das ratas do grupo DO-T. Adicionalmente, observa-se que o TR não promoveu ganho de força muscular durante a gestação, mas foi eficaz na preservação da força muscular adquirida antes da gestação. Assim, o TR de alta intensidade mostrou-se eficiente na manutenção da massa muscular ao longo da gestação das ratas analisadas neste estudo.

Ao realizar a comparação do peso e peso relativo hepático entre os grupos experimentais DC-NT, DC-TC, DO-NT e DO-TC. Não foi possível visualizar diferenças estatisticamente significativas. O fígado é considerado um órgão-alvo em casos de excesso alimentar devido ao seu papel central no controle metabólico, resultando principalmente no acúmulo de triglicerídeos nos hepatócitos (Cruz, 2015). Os hepatócitos, que constituem cerca de 60% do total de células e 80% do volume hepático, são as células predominantes e responsáveis pelas funções metabólicas, endócrinas e secretoras do órgão (Aguiar, 2021). Uma das alterações metabólicas decorrentes do maior consumo de lipídios é o acúmulo desse nutriente no fígado. Essa maior oferta de lipídios, associada a uma baixa taxa de catabolismo, promove um desequilíbrio entre absorção, síntese e exportação, gerando acúmulo

de ácidos graxos no fígado (Santos, 2019). Entretanto, pesquisas realizadas por autores como Farzanegi et al. (2019) sugerem que a redução do teor de gordura hepática é possível com o exercício, mesmo sem uma mudança significativa no peso corporal.

No presente estudo, foi aferido o número de células no tecido coletado, onde foram observados resultados diferentes entre os grupos. Nas ratas sedentárias, a oferta da dieta obesogênica (DO-NT) resultou em um maior número de hepatócitos mononucleares e células de Kupffer no tecido hepático, em comparação com as que consumiram a dieta controle (DC-NT). Já as ratas treinadas, em ambos os grupos, DO-T e DC-T, apresentaram mais células que as não treinadas. No grupo DC-T, houve um maior número de hepatócitos mononucleares e binucleares e células de Kupffer em comparação com as DC-NT. As DO-T apresentaram maiores números de hepatócitos mononucleares em comparação com as DO-NT e DC-T, e menores de hepatócitos binucleares em comparação com as ratas do grupo DC-T.

Esse resultado pode ser explicado pelo fato da hiperplasia ser um processo normal que ocorre em vários órgãos maternos para atender às demandas aumentadas da gravidez. No fígado, por exemplo, a hiperplasia pode ser uma resposta adaptativa para aumentar a capacidade de síntese de proteínas e metabolismo de nutrientes. Além disso, o exercício pode influenciar a hiperplasia de células maternas, ajudando na adaptação do corpo às demandas da gravidez (Campos, 2021). Entretanto, para analisar os impactos do exercício físico na gestante, é necessário considerar vários fatores, como o tipo, intensidade, momento de início e duração da atividade, além de aspectos específicos da mãe, como estado nutricional inicial, ganho de peso durante a gestação e alimentação (Price, Amini, Kappeler, 2012). Contudo, vale destacar a importância do exercício na mitigação dos efeitos negativos de dietas hiperlipídicas (Farzanegi *et al.*, 2019).

7 CONCLUSÃO

Concluimos, neste estudo, que a prática do treinamento resistido de alta intensidade durante a gestação reduziu os efeitos do consumo de uma dieta com características obesogênicas. Não observamos impacto no peso corporal pré-gestacional e no ganho de peso durante a gestação; portanto, não houve interferência na saúde materna nesse período. Além disso, o treinamento foi capaz de aumentar o número de células hepáticas analisadas, sem diferenças no peso hepático, aumentando a capacidade funcional do fígado para suprir as necessidades na gestação, conforme os achados da literatura. No entanto, considerando os resultados deste estudo, ainda são necessárias outras análises e um maior número de amostras para uma melhor compreensão dos efeitos do treinamento resistido sobre aspectos hepáticos.

REFERÊNCIAS

- Abu-saad, K.; Fraser, D. Nutrição Materna e Resultados do Nascimento. **Epidemiologic Reviews**, v. 32, n. 1, p. 5-25, 2010.
- American College of Obstetricians and Gynecologist (ACOG). Committee Opinion No. 804: Physical Activity and Exercise during Pregnancy and the Postpartum Period. **Obstetrics and Gynecology**, v. 135, n. 4, p. E178–E188, 2020.
- Aguiar, A. J. F. C. **Efeito do inibidor de tripsina isolado da semente de tamarindo (Tamarindus indica L.) nanoencapsulado sobre parâmetros bioquímicos e histopatológicos do fígado de ratos Wistar alimentados com dieta de alto índice glicêmico**. 2021. 89f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.
- Albuquerque, B. B. de. **Efeitos da dieta materna obesogênica durante a gestação e lactação no balanço redox e metabolismo pancreático de ratas**. 2024. Dissertação (Mestrado em Multicêntrico em Ciências Fisiológicas) – Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão, 2024.
- Alves, G. B. C. **Análises histopatológicas do fígado da prole de camundongos (Mus musculus) submetidos ao etanol durante os períodos pré e pós natal**. 2021. 50 f. Monografia (Graduação em Biomedicina) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.
- American College of Sports, M. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Med Sci Sports Exerc**, v. 41, n. 3, p. 687-708, Mar 2009.
- Antonio-Santos, J. *et al.* Resistance Training Alters The Proportion Of Skeletal Muscle Fibers But Not Brain Neurotrophic Factors In Young Adult Rats. **Strength And Conditioning**, v. 20, n. 4, p. 756–759, 2006.
- Araújo, E. S. *et al.* Consumo alimentar de gestantes atendidas em Unidades de Saúde. **O Mundo da Saúde**. São Paulo, 2016.
- Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e Síndrome Metabólica (ABESO). **Relatório Anual 2023**. São Paulo: ABESO, 2023. Disponível em: <<https://abeso.org.br/ate-2035-um-em-cada-4-adultos-convivera-com-a-obesidade-no-mundo/>> Acesso em: 28 set. 2024.
- Bayol, S. A. *et al.* The influence of undernutrition during gestation on skeletal muscle cellularity and on the expression of genes that control muscle growth. **Br J Nutr**, v. 91, n. 3, p. 331-339, Mar 2004.
- Bedê, T. P. **Efeitos do consumo de suco de uva, vinho tinto e resveratrol isolado sobre o fígado de ratos alimentados com dieta hiperlipídica**. 2020. 123 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ciências Aplicadas a Produtos para a Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Aplicadas a Produtos para a Saúde, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2020.
- Benton, M. J.; Swan, P. D.; Whyte, M. Progressive Resistance Training During Pregnancy: a case study. **Pm&R, [S.L.]**, v. 2, n. 7, p. 681-684. 2010.

Bertolo, G. M. **A influência da obesidade sobre o comportamento e perfil lipídico de ratas e de seus filhotes machos.** 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências Biomédicas) - Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa. 2021.

Bortolin, R. C. *et al.* Uma nova dieta animal baseada na dieta ocidental humana é um modelo robusto de obesidade induzida por dieta: comparação com dietas ricas em gordura e cafeteria em termos de interrupção metabólica e da microbiota intestinal. *Int J Obes*, Londres, Março de 2018; 42(3):525-534.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Fascículo 3 Protocolos de uso do Guia Alimentar para a população brasileira na orientação alimentar de gestantes.** Brasília: Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: <http://189.28.128.100/dab/docs/portaldab/publicacoes/protocolo_guia_alimentar_fasciculo3.pdf> Acesso em: 28 set. 2024.

Burti, J. S. *et al.* Adaptações fisiológicas do período gestacional TT - Pregnancy physiological adaptations. **Fisioter. Bras**, v. 7, n. 5, p. 375–380, 2006.

Campanella, L. C. A. *et al.* Efeito da suplementação de óleo de cártamo sobre o peso corporal, perfil lipídico, glicídico e antioxidante de ratos wistar induzidos a obesidade. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 35, n. 1, p. 141-147, 2014.

Campbell N. R. C. *et al.* Diretriz da Organização Mundial da Saúde de 2021 sobre o tratamento farmacológico da hipertensão: implicações políticas para a região das Américas. **Lancet Reg Saúde Am.** 2022;9:100219.

Campos, M. S. B. *et al.* Posicionamento sobre Exercícios Físicos na Gestação e no Pós-Parto – 2021. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 117, n. 1, p. 160-180, 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/abc/a/xt6df4vkWPZ9fjtX3rNpDHy/>>. Acesso em: 26 set. 2024.

Calkins, K.; Devaskar S. U. Origens fetais da doença adulta. **Curr Probl Pediatr Cuidados de Saúde do Adolesco.** Julho de 2011; 41(6):158-76.

Carneiro, J. A.; Braga, M. A. O. Exercício Físico e o Metabolismo de Gordura: Influências na Obesidade. . **EFDeportes.com, Revista Digital.** Buenos Aires, Año 16, Nº 155, Abril de 2011. Disponível em: <<https://www.efdeportes.com/efd155/exercicio-fisico-e-o-metabolismo-de-gordura.htm>>. Acesso em: 28 set. 2024.

Choi H. I. *et al.* Efeito da atividade física no desenvolvimento e na resolução do fígado gorduroso não alcoólico em relação ao índice de massa corporal. **BMC Saúde Pública.** 2022; 22(1):655. Publicado em 5 de abril de 2022.

Clapp, J. F. Exercício na gravidez: uma breve revisão clínica. **Fetal Med Rev.** 1990;161:1464

Clapp, J. F. Influence of endurance exercise and diet on human placental development and fetal growth. **Placenta**, v. 27, n. 6-7, p. 527-534, Jun-Jul 2006.

Costa, A. C. C. *et al.* Estado nutricional de gestantes de alto risco em uma maternidade pública e sua relação com desfechos materno-fetais. **Pará Research**

Medical Journal, Belém, Brasil, v. 5, p. 1–12, 2021. DOI: 10.4322/prmj.2021.002. Disponível em: <<https://prmjournale.mnuvens.com.br/revista/article/view/16>>. Acesso em: 28 set. 2024.

Cruz, F. O. P. da. **Obesidade parental e programação fetal: fígado e via de sinalização da leptina (JAK/STAT) no hipotálamo da prole**. 2015. 98 f. Tese (Doutorado em Biologia Humana e Experimental) Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

Farzanegi, P. *et al.* Mecanismos de efeitos benéficos do treinamento físico na doença hepática gordurosa não alcoólica (DHGNA): Papéis do estresse oxidativo e da inflamação. **Eur J Sport Sci**. 2019; 19(7):994-1003.

Filho, D. S. C.; Aarestrup, F. M. Obesidade, adipocitocinas e gravidez: uma atualização da literatura. **Revista Interdisciplinar de Estudos Experimentais**, v.1, n° 2, p. 62 - 68, 2009.

Franco, L. D. P. *et al.* Dietary fat content, serum lipid levels and body weight of exercised rats. **Revista de Nutrição**, v. 22, n. 3, p. 359-366, 2009.

Freitas, M. C. **Efeitos do consumo de dieta de cafeteria durante a gestação e lactação sobre o crescimento somático e parâmetros metabólicos em ratos neonatos**. 2011. Dissertação (Mestrado em Alimentos, Nutrição e Saúde) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

Grefenhagen, A. I. S. de. **Exposição gestacional e lactacional à dieta de cafeteria altera precocemente o conteúdo do receptor MC4 no tronco encefálico de ratos Wistar**. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Graduação), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Bacharelado em Ciências Biológicas, Porto Alegre, RS, 2019.

Guo, T. *et al.* A inibição da miostatina no músculo, mas não no tecido adiposo, diminui a massa gorda e melhora a sensibilidade à insulina. **PLoS Um**. 2009; 4(3):e4937.

Hornberger, T. A.; JR.; Farrar, R. P. Physiological hypertrophy of the FHL muscle following 8 weeks of progressive resistance exercise in the rat. **Can J Appl Physiol**, v. 29, n. 1, p. 16-31, Feb 2004.

Hu, Chunxiu. *et al.* Fluxos de substrato músculo-fígado em humanos em exercício e efeitos potenciais no metabolismo hepático. **J Clin Endocrinol Metab**. 2020; 105(4):1196-1209.

Hulens M. *et al.* Qualidade de vida relacionada à saúde em mulheres obesas fisicamente ativas e sedentárias. **Am J Hum Biol**. 2002; 14(6):777-85. DOI: 10.1002/ajhb.10095. PMID: 12400039.

Kim, H. J. *et al.* Resistance exercise training-induced skeletal muscle strength provides protective effects on high-fat-diet-induced metabolic stress in mice. **Laboratory Animal Research**, v. 38, n. 1, 1 dez. 2022.

Kimura, M. *et al.* Papel dos reguladores de crescimento de hepatócitos na regeneração do fígado. **Células vol.** 12,2 208. 4 de janeiro de 2023.

König, H. E. Anatomia dos animais domésticos: texto e atlas colorido. 6. ed. Porto Alegre : Artmed, 2016.

Liu, N. *et al.* Effects of exercise on pregnant women's quality of life: A systematic review. **European Journal of Obstetrics and Gynecology and Reproductive Biology**, v. 242, p. 170–177, 2019.

Lucindo, A. L. M. M. M.; Souza, G. S. de. A nutrição materna como ponto chave na prevenção de doenças e no desenvolvimento fetal. Rio Claro: Claretiano – Centro Universitário, 2021. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:234116003>>. Acesso em: 28 set. 2024.

Maestroni, L. *et al.* The benefits of strength training on musculoskeletal system health: practical applications for interdisciplinary care. **Sports Medicine**, v. 50, n. 8, p. 1431-1450, 2020.

Mahany, E. B. *et al.* Obesity and High-Fat Diet Induce Distinct Changes in Placental Gene Expression and Pregnancy Outcome. **Endocrinology**, v. 159, n. 4, p. 1718–1733, 1 abr. 2018.

Marcondes, F. K.; Bianchi, F. J.; Tanno, A. P. Determination of the estrous cycle phases of rats: Some helpful considerations. **Brazilian Journal of Biology**, v. 62, n. 4 A, p. 609–614, 2002.

Martelli A. Metabolismo Hepatocelular dos Lipídeos: uma Abordagem Clínica e Histopatológica do Acúmulo Intracelular de Lípidos (Esteatose) do Parênquima Hepático Induzida pelo Álcool. *J. Health Sci.* 6º de julho de 2015;12(1). Disponível em:<<https://journalhealthscience.pgsscogna.com.br/JHealthSci/article/view/1397>> Acesso em: 28 set. 2024.

Martin-Gronert M. S.; Ozanne S. E. Mecanismos subjacentes às origens do desenvolvimento da doença. **Rev Endocr Metab Disord.** Junho de 2012; 13(2):85-92.

Miyaoka, Y., Miyajima, A. Dividir ou não dividir: revisitando a regeneração hepática. **Célula Div** 8, 8, 2013.

Morgane, P. J.; Mokler, D. J.; Galler, J. R. Effects of prenatal protein malnutrition on the hippocampal formation. **Neurosci Biobehav Rev**, v. 26, n. 4, p. 471-483, Jun 2002.

Most, J. *et al.* Advances in assessing body composition during pregnancy. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 72, n. 5, p. 645–656, 2018.

Musial, B. *et al.* Uma dieta obesogênica de estilo ocidental altera a fisiologia metabólica materna com consequências para a aquisição de nutrientes fetais em camundongos. **J Fisiol.** 2017; 595(14):4875-4892

Nascimento, S. L. *et al.* Recomendações para a prática de exercício físico na gravidez: uma revisão crítica da literatura. **Revista Brasileira de Ginecologia Obstet.** 2014.

Neves, F. J. *et al.* Exercício físico e gestação: um estudo de revisão acerca das alterações fisiológicas, recomendações e benefícios da prática. **Publ. UEPG Ci.**

Biol. Saúde, Ponta Grossa, v.26, n.1, p. 27-44, jan./jun., 2020.

O'Connor P. J. *et al.* Segurança e eficácia do treinamento de força supervisionado adotado na gravidez. **J Phys Act Saúde**. 2011; 8(3):309-320.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Atividade física**. 2014 Disponível em: <https://actbr.org.br/uploads/arquivo/957_FactSheetAtividadeFisicaOMS2014_port_REV1.pdf> Acesso em: 27 maio 2024.

Pascual Z. N., Langaker M. D. Fisiologia da Gravidez. **Publicação StatPearls**; 16 de maio de 2023.

Polacow, V. O.; Lancha, JR.; Antonio, H. Dietas hiperglicídicas: efeitos da substituição isoenergética de gordura por carboidratos sobre o metabolismo de lipídios, adiposidade corporal e sua associação com atividade física e com o risco de doença cardiovascular. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 51, n. 3, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/abem/a/vX8p8HfT5tPkrCngs7BQRCG/>>. Acesso em: 27 set. 2024.

Price, B. B.; Amini, S. B.; Kappeler, K. Exercise in pregnancy: effect on fitness and obstetric outcomes – a randomized trials. **Medicine Science of Sports and Exercise**, Indianapolis. v. 26, Julho 2012.

Ravagnani, F. C. P. *et al.* Efeito de dietas hiperlipídicas com extrato de baru e chocolate sobre a área de adipócitos de ratos submetidos ao exercício físico. **Revista Brasileira de Medicina Esporte** – Vol. 18, N°3, Maio/Junho, 2012.

Reeves, P. G., Nielelsen F. H., Fabey G. C. Dietas purificadas AIN-93 para roedores de laboratório: relatório final do comitê de redação ad hoc do Instituto Americano de Nutrição sobre a reformulação da dieta de roedores AIN-76A. **J Nutr**. 1993;123(11):1939-51.

Ribas, J. T. *et al.* Alterações metabólicas e inflamatórias na gestação. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, 2015;36(2):181-188

Ribeiro, N. L. X. **Treinamento de força durante a adolescência reprograma as alterações metabólicas em prole de ratas expostas na gestação e lactação a uma dieta rica em sacarose**. 2023. 74 f. Tese (Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde/CCBS) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2023.

Ribeiro, M. R. J. **Os efeitos do treinamento resistido na diminuição do percentual de gordura em adultos jovens**, 2023. Trabalho de Conclusão de Curso, bacharel em Educação Física, Universidade Estadual Paulista.

Rodrigues, C. S. de. **Fatores socioeconômicos e o consumo de alimentos ultraprocessados em gestantes assistidas na atenção primária à saúde de Cajazeiras-PB**. 2024. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) – Universidade Católica de Santos, Santos-SP, 2024.

Santana, M. N. S. *et al.* Resistance training improves cardiovascular autonomic control and biochemical profile of rats exposed to Western diet in the perinatal period. **Revista Portuguesa de Cardiologia**, Vol 38, ed 5, 2019.

Santos, G. T. dos. **Efeito da dieta hiperlipídica suplementada com polpa de açaí durante a gestação e lactação sobre o estado oxidativo de ratas e suas proles.** 2019. 57 f. Monografia (Graduação em Nutrição) - Escola de Nutrição, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.

Santos, M. F. S. R. *et al.* Obesidade gestacional no Brasil: uma revisão de literatura. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 4, n. 3, e432841, 2023.

Santos, P. C. P. *et al.* Implicações da dieta hiperlipídica e do exercício de natação sobre os parâmetros imunológicos em ratas. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, 2020.

Savvaki, D. *et al.* Guidelines for exercise during normal pregnancy and gestational diabetes: a review of international recommendations American College of Sport Medicine Canadian Society for Exercise Physiology. **Hormones: international journal of endocrinology and metabolism**, v. 17, n. 4, p. 521–529, 2018.

Shankar, K. *et al.* A obesidade materna na concepção programa a obesidade na prole. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**. 2008 fevereiro; 294(2):R528-38.

Sheldon, C. *et al.* Um modelo de estágio de estresse e doença. **Perspectivas sobre a ciência psicológica: uma revista da Association for Psychological Science** vol. 11,4 (2016): 456-63.

Silva, E. N. A. de. L. da.; Lucena, R. R. A prática de exercício físico na gestação. **Revista Científica Integrada**, Ribeirão Preto, v. 2, 2016.

Silva, L. E. S. da. *et al.* Tendência temporal da prevalência do excesso de peso e obesidade na população adulta brasileira, segundo características sociodemográficas, 2006-2019. **Revista de Saúde Pública**, v. 55, p. 8, 2021.

Silva, L. S. *et al.* Análise Das Mudanças Fisiológicas Durante a Gestação: Desvendando Mitos. **Revista Faculdade Montes Belos**, v. 8, n. 1, p. 1–16, 2015.

Silva, V. J. **Avaliação das alterações hepáticas em ratos obesos induzido por dieta "high fat" após inibição da fosfodiesterase 5.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biomedicina) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022.

Songstad, N. T. *et al.* Effects of High Intensity Interval Training on Pregnant Rats, and the Placenta, Heart and Liver of Their Fetuses. **Plos One, [S.L.]**, v. 10, n. 11, p. 335, 13 nov. 2015.

Souza, J. R. *et al.* Treinamento resistido e seus benefícios. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 16, n. 4, p. 7-12, 2008.

Souza, M. L.; Oliveira, E. R. Prática de atividade física durante a gestação: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, Florianópolis SC, v. 25, n. 1, p. 88-95, 2020.

Teles, I. R. P. C. *et al.* Influência da alimentação materna no período fetal e consequências futuras no comportamento alimentar do indivíduo. **Caderno de Iniciação Científica e Extensão do UNIFIP**, ISSN: 2177-5052, 2023.

Thyfault, J. P.; Bergouignan, A. Exercício e saúde metabólica: além do músculo esquelético. **Diabetologia**. 2020; 63(8):1464-1474.

Turgut, S. et al. Efeitos do cádmio e zinco nos níveis plasmáticos de hormônio do crescimento, fator de crescimento semelhante à insulina I e proteína de ligação ao fator de crescimento semelhante à insulina 3. **Biol Trace Elem Res**. 2005; 108(1-3):197-204.

Van Horn, L. V.; VINCENT, E.; PERAK, A. Preservando a saúde cardiovascular em crianças pequenas: começando com mais saúde começando mais cedo. **Aterosclerose Atual**, 25 abr. 2018.

Veniaminova, E. et al. Efeitos metabólicos, moleculares e comportamentais da dieta ocidental em camundongos deficientes em transportadores de serotonina: resgate por heterozigosidade?. **Neurociência frontal**. 2020;14:24. Publicado em 18 de fevereiro de 2020.

World Obesity Federation. **World Obesity Atlas 2024**. London: World Obesity Federation, 2024. Disponível em: <<https://data.worldobesity.org/publications/?cat=22>>. Acesso em: 28 set. 2024.

Yang, L. et al. Imunologia hepática materna durante a gravidez. **Imunol frontal**. 30 de junho de 2023;14:1220323.

Zavalza-Gomez, A. B. et al. Obesidade, adipocitocinas e gravidez: uma atualização da literatura. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia**, v. 30, n. 12, p. 614-620, 2008.

ANEXO A – APROVAÇÃO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS DA UFPE



Universidade Federal de Pernambuco
 Centro de Biociências
 Av. Prof. Nelson Chaves, s/n
 50670-420 / Recife - PE - Brasil
 Fones: 2126 8842
 ceua@ufpe.br

Recife, 12 de abril de 2022

Ofício nº 17/22

Da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFPE

Para: **Prof.ª Raquel da Silva Aragão**
 Centro Acadêmico de Vitória - CAV/UFPE
 Universidade Federal de Pernambuco
 Processo nº **105/2021**

Certificamos que a proposta intitulada **“Associação da dieta ocidentalizada e treinamento resistido durante a gestação: repercussões somáticas, comportamentais, metabólicas, histomorfológicas e moleculares”**. Registrado com o nº **105/2021** sob a responsabilidade de **Prof.ª Raquel da Silva Aragão** o que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo CONSELHO NACIONAL DE CONTROLE DE EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL (CONCEA), e foi aprovada pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (UFPE), em reunião de 29/03/2022

Finalidade	() Ensino (X) Pesquisa Científica
Vigência da autorização	08/04/2022 a 01/09/2025
Espécie/linhagem/raça	Ratas albinas da linhagem Wistar
Nº de animais	90 Fêmeas em idade de acasalamento (10 grupos experimentais; N=9 em cada grupo experimental); 30 Machos adultos em idade de acasalamento 480 Fetos no 20º dia gestacional
Peso/Idade	Fêmeas: 60-70 dias, 180-200 g Machos: 60-120 dias; 180 - 260g Fetos: G20; 2-8g
Sexo	Macho (30) Femea (90) fetos 480
Origem: Biotério de Criação	Biotério/Colônia de criação do Departamento de Nutrição/UFPE
Destino: Biotério de Experimentação	Biotério/Colônia de criação do Departamento de Nutrição/UFPE