

UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO PROFESSOR JOSÉ DE SOUZA HERDY
BIOMEDICINA

SABINE DOS SANTOS DO NASCIMENTO

Orientador

Dr. Cicero Freitas

CICLO CIRCADIADO E SEUS EFEITOS METABOLICOS

RIO DE JANEIRO

2025

UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO PROFESSOR JOSÉ DE SOUZA HERDY
BIOMEDICINA

Universidade do Grande Rio Prof. Jose de Souza Herdy

UNIGRANRIO

Sabine dos Santos do Nascimento

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade do Grande Rio Prof. Jose de Souza Herdy, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Biomedicina.

Barra da Tijuca 2025

Orientador: Dr. Cicero Freitas

RIO DE JANEIRO
2025

SABINE DOS SANTOS DO NASCIMENTO

CICLO CIRCADIADO E SEUS EFEITOS METABOLICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade do Grande Rio Prof. Jose de Souza Herdy, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Biomedicina. Orientador: Dr. Cicero Freitas

Aprovada em: Barra da Tijuca, _____ de _____ de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Guilherme Fonseca

Prof. Renata Manfrinato

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
1 INTRODUÇÃO.....	7
2 JUSTIFICATIVA -----	10
3 OBJETIVO	11
3.1 Gerais.....	
3.2 Específicos.....	
4 METODOLOGIA -----	13
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
6 CONCLUSÃO	23
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

RESUMO

Este trabalho, a partir de observações e vivências pessoais, tem como objetivo verificar, aprofundar e relacionar o conhecimento do funcionamento do ciclo circadiano fisiológico com os efeitos ocorridos metabolicamente, em função de fatores ambientais, envolvendo assim, efeitos sistêmicos de forma aguda e conseqüentemente crônica. Em inferência, patológicas desenvolvidas e/ou estimuladas por essas dinâmicas associadas.

Alguns estudos na área, já mencionam que sujeitos com predisposição a enfermidades hereditárias, como doenças lipedêmicas e diabetes, são mais afetados quando tem seu ciclo de sono prejudicado, periodicamente.

Pesquisas em torno do assunto têm crescido e se solidificado ao longo dos anos, acreditando ser em função de uma sociedade cada vez mais em buscar de produtividade, tendo uma maior exposição a longas horas de luzes artificiais, adquirindo assim, acúmulo de estresse e menor qualidade de sono.

Sendo assim, a curiosidade de abordar a temática partiu de experiências vividas, onde se havia uma rotina de atividades físicas e alimentação acompanhada, previamente, porém, além de uma sintomatologia de um maior cansaço, decorrente também, de mais tarefas adquiridas ao longo de 24 horas; houve uma a sinalização aumentada por uma notoriedade de perda de massa muscular, ganho de gordura corporal em pontos específicos, e até dosagens bioquímicas alteradas. Onde a queixa era mencionada por outros indivíduos expostos a uma rotina semelhante, mais especificamente a privação do sono.

ABSTRACT

This work, based on personal observations and experiences, aims to verify, deepen and relate knowledge of the functioning of the physiological circadian cycle with the effects that occur metabolically, as a function of environmental factors, thus involving systemic effects in an acute and consequently chronic form. In inference, pathological conditions developed and/or stimulated by these associated dynamics.

Some studies in the area have already mentioned that subjects with a predisposition to hereditary diseases, such as lipedemic diseases and diabetes, are more affected when their sleep cycle is periodically disrupted.

Research on the subject has grown and solidified over the years, believing it to be due to a society increasingly seeking productivity, having greater exposure to long hours of artificial light, thus acquiring an accumulation of stress and lower quality of sleep.

Therefore, the curiosity to address the topic came from lived experiences, where there was a routine of physical activities and diet previously monitored, however, in addition to symptoms of greater fatigue, also resulting from more tasks acquired over 24 hours; there was increased signaling by a notable loss of muscle mass, gain of body fat in specific points, and even altered biochemical dosages. Where the complaint was mentioned by other individuals exposed to a similar routine, more specifically sleep deprivation.

CICLO CIRCADIANO E SEUS EFEITOS METABOLICOS

1. INTRODUÇÃO

O ciclo circadiano é um processo biológico fundamental que regula uma série de funções fisiológicas e comportamentais no organismo, ocorrendo em um período de aproximadamente 24 horas. O termo "circadiano" vem do latim "*circa diem*", que tem por significado "aproximadamente um dia". A ideia de que existem processos biológicos que seguem um ritmo de 24 horas começou a ser investigada no século XX, ainda que algumas observações iniciais foram, supostamente, rastreadas antes disso. No entanto, o conceito de ritmos biológicos que se repetem a cada 24 horas, com uma forte relação com o ciclo claro-escuro do ambiente, ganhou destaque no início do século.

Embora o conceito de ritmo circadiano tenha se consolidado no século XX, algumas observações e tentativas de compreender esses ciclos remontam ao século XIX. No entanto, foi apenas em 1900 que começaram a surgir os primeiros estudos experimentais mais eficazes sobre esses ciclos biológicos, com destaque para os estudos de Franz Halberg, que introduziu o termo "cronobiologia", embora o foco inicial fosse nos ritmos biológicos de maneira geral.

Na década de 1950, começaram a surgir estudos mais sistemáticos sobre como os ritmos biológicos humanos e de outros organismos seguiam um padrão de 24 horas. O pesquisador Jürgen Aschoff, em seus experimentos, demonstrou que os ritmos biológicos dos seres vivos podem ser ajustados (ou "sincronizados") com os ciclos ambientais de luz e escuridão. Aschoff também conduziu estudos em condições de privação de luz, o que ajudou a demonstrar que o ciclo circadiano era governado por um "relógio interno" do organismo, que ainda era influenciado pela luz, mas não totalmente dependente disso. Seu trabalho seminal de 1960 sobre os ritmos humanos em ambientes sem luz natural foi um marco importante nesse campo. (Aschoff, 1960).

Durante as décadas de 1960 e 1970, as investigações sobre o ciclo circadiano se intensificaram. Um trabalho fundamental foi realizado por Ralph Pittendrigh. Ele e outros pesquisadores observaram como o ciclo circadiano dos seres vivos pode ser desajustado ou alterado, e como a sincronização com estímulos ambientais como luz (fenômeno conhecido como "entrainment") era crucial para a manutenção da regularidade desses ritmos. Pittendrigh, em 1960, também discutiu como a luz influencia a fisiologia do organismo, um campo central de sua pesquisa. (Pittendrigh, 1960).

Nos anos 1990, os estudos dos mecanismos moleculares que controlam o ciclo circadiano deram um salto significativo com a descoberta dos "relógios biológicos moleculares". O trabalho de Jeffrey C. Hall, Michael W. Young e Michael Rosbash, publicado em 1994, foi um divisor de águas. Eles identificaram genes responsáveis pela regulação do ciclo circadiano, como os genes *per* (period) e *tim* (timeless), que codificam proteínas que controlam os ritmos internos de diversos organismos. Esses descobrimentos foram tão impactantes que, em 2017, os três cientistas receberam o Prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina por suas descobertas sobre os mecanismos moleculares dos ritmos circadianos (Hall; Young; Rosbash, 2017).

Atualmente é visto que este ciclo é influenciado principalmente pela luminosidade e/ou ausência, impactando diretamente diversos sistemas corporais, incluindo o metabolismo. O metabolismo, por sua vez, é o conjunto de reações bioquímicas responsáveis pela produção, armazenamento e utilização de energia no organismo, essencial para o funcionamento das células e manutenção da homeostase corporal.

Em estudos recentes foram demonstrados que a desregulação do ciclo circadiano pode afetar negativamente processos metabólicos, contribuindo para o desenvolvimento de patologias como obesidade, diabetes tipo 2, distúrbios cardiovasculares e até envolvimento na perda de massa muscular.

O estudo dos ritmos circadianos continua a crescer, com aplicações em várias áreas, como medicina, psicologia e até mesmo em setores tecnológicos. As compreensões de como os ritmos circadianos influenciam o sono, o desempenho cognitivo e a saúde geral têm gerado novas abordagens para o tratamento de distúrbios do sono, como a insônia e o jet lag. Além disso, o estudo do impacto da luz artificial e dos comportamentos modernos no ciclo circadiano tem implicações importantes para a saúde pública. (Hall, J. C.; Young; M. W.; Rosbash. M, 2017).

Sendo assim, esse trabalho busca explorar a relação entre esses dois sistemas, relacionando como as alterações nos padrões de sono e nos ritmos circadianos podem influenciar o metabolismo, destacando os mecanismos biológicos envolvidos e suas implicações para a saúde. Ao compreender essa interação, será possível oferecer estratégias para melhorar a qualidade de vida e prevenir doenças associadas à desregulação circadiana.

Essa introdução descreve a importância do ciclo circadiano e do metabolismo, destacando a relevância do tema e estabelecendo a base para os próximos capítulos do trabalho.

2. JUSTIFICATIVA

O estudo do ciclo circadiano e suas relações com o metabolismo tem se tornado cada vez mais relevante, principalmente diante do crescente número de doenças metabólicas que afetam a população mundial, como obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares, além da atenção aos fatores musculares, envolvidos no estudo. O ciclo circadiano, que regula os ritmos biológicos diários, desempenha um papel crucial na regulação de funções corporais, como o sono, a alimentação e o percentual energético. Alterações nesse ciclo, muitas vezes associadas a hábitos modernos como o trabalho em turnos noturnos, exposição excessiva à luz artificial e padrões de sono irregulares, têm sido apontadas como fatores de risco para o desenvolvimento de distúrbios metabólicos.

Embora essa interação entre o ciclo circadiano e os processos metabólicos tenha sido reconhecida em estudos experimentais, ainda há lacunas no entendimento de como esses envolvimentos acontecem de maneira mais detalhada e quais são seus.

Impactos em longo prazo para a saúde humana. Tendo em vista diferenças de rotinas, de sexo, de características entre outros. A compreensão dessa junção é fundamental não apenas para o tratamento de doenças metabólicas, mas também para a implementação de estratégias de prevenção, como a otimização dos horários de alimentação e de sono, com base no funcionamento natural do organismo.

Além disso, à medida que a sociedade se torna mais consciente da importância da saúde preventiva, a pesquisa sobre os mecanismos latentes a essas disfunções proporciona um campo promissor para o desenvolvimento de intervenções eficazes, que podem contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população. Por essas razões, o estudo se justifica pela sua relevância para o avanço do conhecimento científico, assim como para a aplicação prática em áreas como a medicina, nutrição e qualidade de vida, com o objetivo de promover um olhar mais holístico e eficiente no cuidado da saúde.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVOS GERAIS

Este trabalho tem como objetivo entender a importância do ciclo circadiano e seus efeitos sobre o metabolismo humano. O ciclo circadiano, que regula os ritmos biológicos e influencia diversos processos fisiológicos. Alterações nesse ciclo podem prejudicar o funcionamento metabólico, contribuindo para o desenvolvimento de distúrbios agudos e crônicos nos seres humanos. A partir de uma revisão bibliográfica e da análise de estudos recentes, este trabalho busca compreender os mecanismos biológicos envolvidos na interação entre o ciclo circadiano e os processos metabólicos. Além disso, pretende-se explorar como a desregulação do ritmo circadiano pode afetar a saúde a longo prazo, objetivando estudar e possivelmente implementar meios de estratégias preventivas e terapêuticas baseadas no alinhamento entre os ritmos biológicos e os hábitos de vida. Através dessa investigação, espera-se contribuir para o aprofundamento do conhecimento sobre a relação entre o ciclo circadiano, metabolismo e fisiologia muscular, promovendo uma abordagem mais integrada para a prevenção e o tratamento de doenças metabólicas, além de melhorar a eficácia em performance.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Aprofundar o entendimento da relação entre o ciclo circadiano, a privação do sono e os efeitos hormonais e fisiológicos no exercício físico.

Este objetivo busca investigar como as alterações no ciclo circadiano, particularmente a privação do sono, afetam as respostas hormonais e fisiológicas durante a prática de exercício físico.

Conhecer estudos proteômicos e metabolômicos relacionados ao impacto do ciclo circadiano e metabolismo.

O objetivo é revisar e discutir estudos proteômicos e metabolômicos que investigam os efeitos do ciclo circadiano sobre a expressão proteica e os perfis metabólicos. Será dada atenção especial aos biomarcadores envolvidos nos processos de adaptação metabólica e ao impacto do ritmo biológico na regulação de enzimas e outros componentes celulares que influenciam o metabolismo energético e a homeostase.

Verificar a influência de possíveis modificações e/ou particularidades no ciclo circadiano sobre o metabolismo e saúde humana.

Este objetivo visa examinar como mudanças no ciclo circadiano, como aquelas causadas por trabalho em turnos da noite, viagens frequentes ou comportamentos irregulares de sono, podem alterar os processos metabólicos e contribuir para o desenvolvimento de doenças metabólicas.

Estudar possíveis ações suplementares que podem mitigar os efeitos negativos da desregulação circadiana no metabolismo.

O objetivo é investigar a eficácia de intervenções suplementares, como a utilização de nutrientes, vitaminas e compostos bioativos ou farmacológicos que possam atenuar os efeitos adversos da desregulação do ciclo circadiano no metabolismo. A pesquisa se concentrará em identificar suplementos que possam melhorar a qualidade do sono, restaurar o equilíbrio hormonal e otimizar a função metabólica em indivíduos com distúrbios circadianos.

4. METODOLOGIA

Tipo de pesquisa:

Trata-se de uma revisão bibliográfica, onde teve como objetivo analisar e copilar os estudos existentes sobre os efeitos do ciclo circadiano no metabolismo humano. A metodologia adotada para a revisão seguiu uma estrutura de seleção de artigos, análise crítica e organização das informações, de forma a proporcionar uma compreensão objetiva das relações entre os ritmos circadianos e as alterações metabólicas associadas.

A seleção dos estudos foi feita em duas etapas:

Leitura dos Títulos e Resumos: Na primeira etapa, os títulos e resumos dos artigos encontrados foram lidos para garantir que correspondessem ao tema central da revisão. Aqueles que atendiam aos critérios de inclusão foram selecionados para uma análise mais aprofundada.

Leitura Completa: Na segunda etapa, a leitura completa dos artigos selecionados foi realizada para avaliar a relevância dos dados e a qualidade metodológica dos estudos. Foram excluídos artigos que não forneciam informações

significativas ou dados suficientes sobre os efeitos metabólicos associados aos ritmos circadianos.

Classificação quanto à natureza:

A pesquisa é qualitativa e quantitativa, pois seu objetivo é compreender e interpretar fenômenos subjetivos, como os comportamentos e atitudes dos indivíduos ou grupos dentro de um contexto específico. E busca quantificar e mensurar variáveis, entre os eventos ocorridos nos períodos estudados, as dinâmicas e significados que os envolvidos atribuem aos eventos investigados. A partir dessa análise, foi possível identificar tendências nos efeitos dos ritmos circadianos sobre o metabolismo, como a influência do horário de alimentação, a desregulação do ciclo circadiano no contexto de doenças metabólicas (como diabetes tipo 2 e obesidade), e os efeitos de distúrbios do sono na homeostase metabólica.

Além disso, a revisão incluiu uma avaliação das limitações dos estudos existentes, como o tamanho da amostra, a variabilidade nos métodos de avaliação e a falta de estudos longitudinais, que poderiam fornecer uma visão mais abrangente sobre os efeitos a longo prazo da fase circadiana.

Pesquisa Bibliográfica: O trabalho faz uso de uma revisão da literatura existente sobre o tema para construir o referencial teórico. Foram analisados artigos científicos, vídeos acadêmicos, dissertações e teses que tratam dos temas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Pesquisa original (O efeito da privação aguda de sono na síntese de proteínas do músculo esquelético e no ambiente hormonal, 2020).

A perda crônica de sono é um potente estressor catabólico, aumentando o risco de disfunção metabólica e perda de massa e função muscular. Onde o estudo visou fornecer uma visão estruturada sobre os resultados clínicos, buscamos determinar

se a privação aguda de sono reduz a síntese de proteínas musculares esqueléticas e/ou promove um ambiente catabólico.

Tabela 1 Perfil comparativo entre privação de sono, síntese proteica e sono normal.

Cenário	Síntese Proteica	Cortisol Testosterona	Ganho de Massa Muscular	Descrição
Privação de Sono (menos de 6 horas por noite)	Redução (18%)	Aumento (21%) X Diminuição (24%) Respectivamente	Dificuldade de ganho	A privação de sono pode reduzir a capacidade de síntese proteica e elevar os níveis hormonais, como o cortisol, dificultando o ganho de massa muscular.
Sono Normal (7-9 horas em média por noite)	Estável	Estável	Ganho de massa muscular	Sono adequado favorece a recuperação muscular e mantém a síntese proteica estável, facilitando o aumento de massa muscular.

Demonstração da relação perda de massa muscular e aumento de cortisol, consequentes (adaptado pelo autor).

Privação de Sono: O sono inadequado aumenta o cortisol, que é um hormônio catabólico, e diminui a eficiência da síntese proteica. Como resultado, a recuperação muscular é comprometida, dificultando o ganho de massa muscular.

Perda de Síntese Proteica (18%): Perda de síntese proteica pode ocorrer devido a sono irregular, fatores que levam ao estresse ou alimentação inadequada, resultando em menor ganho muscular.

Sono Normal: O sono de boa qualidade promove uma síntese proteica ideal, reduzindo os níveis de cortisol, fora dos seus picos fisiológicos, e favorecendo o crescimento muscular. A estabilidade na síntese proteica facilita o ganho de massa muscular.

Na tabela 1 é demonstrado o estudo, que foi desenvolvido com base em análises comportamental, fisiológicas, clínicas e biológicas. Foram recrutados adultos jovens saudáveis (N = 13; sete homens, seis mulheres), que submetidos a uma noite de privação total de sono (DEP) e sono normal (CON) em um desenho cruzado randomizado. Perfis hormonais anabólicos e catabólicos foram avaliados ao longo do dia seguinte.

A taxa de síntese fracionada de proteínas musculares pós-prandiais (FSR) foi avaliada entre 13:00 e 15:00 e marcadores genéticos da degradação de proteínas musculares foram avaliados às 13:00. A privação aguda de sono reduziu a síntese de proteínas musculares em 18% (CON: $0,072 \pm 0,015\%$ vs. DEP: $0,059 \pm 0,014\% \cdot h^{-1}$, $p = .040$). Além disso, a privação de sono aumentou o cortisol plasmático em 21% ($p = .030$) e diminuiu a testosterona plasmática em 24% ($p = .029$).

Nenhuma diferença foi encontrada nos marcadores de degradação de proteínas. Uma única noite de privação total de sono é suficiente para induzir resistência anabólica e um ambiente pró-catabólico. Essas mudanças agudas podem impulsionar a disfunção metabólica e as mudanças na composição corporal associadas à privação crônica de sono.

5.2 Pesquisa original (O efeito da privação aguda de sono na síntese de proteínas do músculo esquelético e no ambiente hormonal, 2020).

Tabela 2 Perfil comparativo entre privação de sono, síntese proteica, sono normal e gêneros. Demonstração da relação perda de massa muscular maior no sexo masculino, em condições de alteração no sono. (adaptado pelo autor).

Cenário	Sexo Masculino	Sexo Feminino	Síntese Proteica	Ganho de Massa Muscular	Descrição
Privação de Sono (menos de 6 horas por noite)	Redução Maior (18%)	Redução Menor	Maior Perda no sexo masculino	Maior Dificuldade Em ambos os gêneros	Homens têm maior perda na síntese proteica com a privação de sono; deduzisse que há relação pelo aumento do cortisol e diminuição nos níveis de testosterona. Mulheres, embora também afetadas, apresentam uma resposta mais moderada.
Perda de Síntese Proteica	Perda Significativa	Perda Moderada	Redução em ambos os sexos	Dificuldade	Tanto homens quanto mulheres têm dificuldade no ganho muscular em privação de sono, mas a resposta de redução na síntese proteica foi mais impactante nos homens.
Sono Normal			Ganho de Massa	Melhor resultado em	O sono adequado favorece a recuperação e aumento da massa muscular em ambos os

(7-9 horas em média por noite)	Estável	Estável		ganho de massa muscular	sexos. A resposta anabólica é mais eficiente no sexo feminino devido a uma regulação hormonal mais frequente.
---------------------------------------	---------	---------	--	-------------------------	---

Privação de Sono:

Homens: A privação de sono tem um impacto mais significativo sobre os níveis de hormônios, o que resulta em uma maior perda de síntese proteica e dificuldade no ganho de massa muscular. O aumento do cortisol é mais pronunciado em homens, o que pode ser um fator importante na resposta negativa ao sono inadequado.

Mulheres: As mulheres, embora também experimentem uma elevação do cortisol, não apresentam uma perda tão significativa na síntese proteica quanto os homens. No entanto, o sono insuficiente ainda afeta a recuperação muscular e o equilíbrio hormonal, prejudicando o crescimento muscular.

Perda de Síntese Proteica (18%):

Nos dois sexos, uma perda de síntese proteica resulta em dificuldades no ganho de massa muscular, mas os homens tendem a ser mais afetados, possivelmente devido a diferenças hormonais (como os níveis de testosterona, que são mais elevados nos homens e podem ser mais sensíveis às alterações no cortisol).

Sono Normal:

O sono adequado favorece a recuperação muscular e o aumento da massa muscular em ambos os sexos, mas as mulheres geralmente têm uma resposta mais

estável e eficaz em termos de síntese proteica devido a um equilíbrio hormonal mais favorável à recuperação e ao crescimento muscular.

Já na tabela 2 evidencia, que os sujeitos do estudo, mesmo após infusão de substâncias avaliativas, descritas detalhadamente, no artigo base, permaneceram em estado de equilíbrio, sem diferenças no enriquecimento plasmático entre as condições sono normal (CON) e privação de sono (DEP). Porém, a privação de sono reduziu a taxa de síntese fracionária de proteínas musculares pós-prandiais (FSR) em 18% (CON: $0,072 \pm 0,015\%$ vs. DEP: $0,059 \pm 0,014\% \cdot h^{-1}$, $p = .040$), em todos os participantes masculinos, mas não femininos. Indivíduos do sexo masculino experimentaram uma diminuição numérica na síntese de proteínas na condição de privação de sono em comparação à condição de controle.

5.3 Estudo extraído da revista Revisões da Medicina do Sono (Sleep Medicine Reviews, 2022).

Esse estudo descreve um experimento onde foi observado que o sono insuficiente, com frequência, contribui para a atrofia muscular, onde foram utilizados modelos de roedores, e percebeu que a falta de sono está ligada à atrofia do tecido muscular. Reduções no peso do tecido muscular foram observadas em ratos Wistar de 75 dias após 96 horas de privação de sono em fase REM, em comparação com um grupo controle de animais com padrões normais de sono.

Tabela 3 Perfil experimental descrito em artigo. Demonstração da relação perda de peso muscular em camundongos, em privação de sono e em grupo controle em condições de sono estável. (adaptado

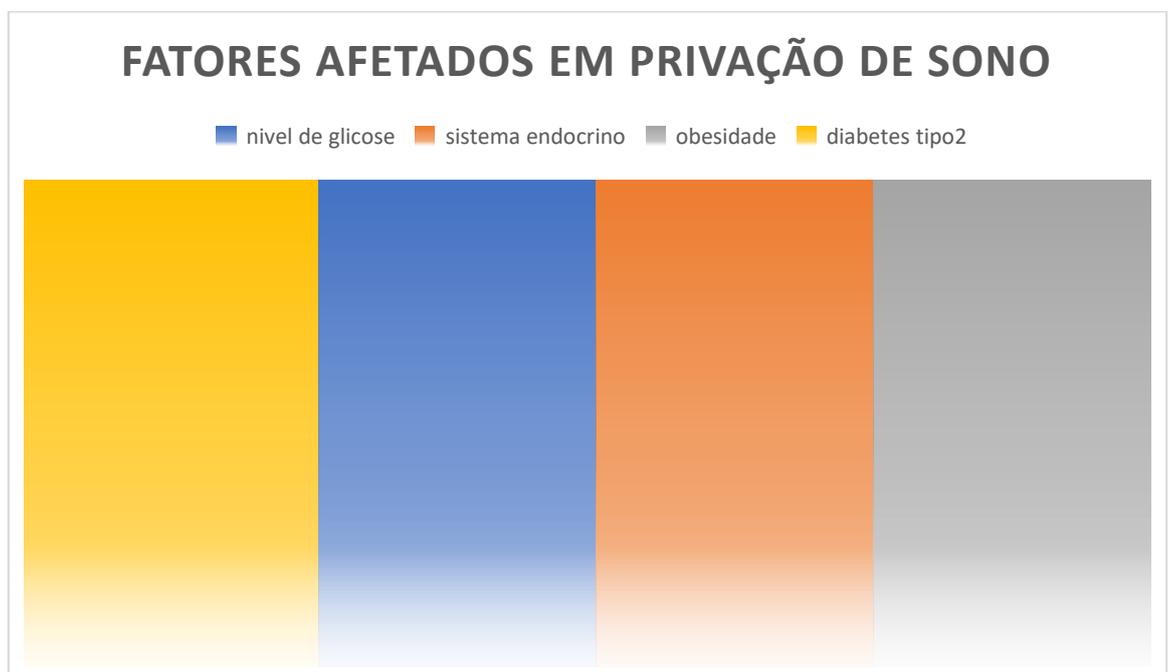
pelo autor).	Parâmetro	Descrição / Resultado
	5.4 Trec ho extr aído do	Espécie / Modelo Animal
Tipo de Privação		Privação seletiva de sono REM
Duração da Privação		96 horas (4 dias)
Grupo Controle		Ratos com padrões normais de sono
Medição Realizada		Peso do tecido muscular esquelético
Resultado - Grupo Privado		Redução significativa no peso muscular (atrofia muscular observada)
Resultado - Grupo Controle		Peso muscular preservado

Livro a Revolução dos Músculos (Dra. Gabrielle Lyon, 2023).

Que menciona a privação de sono crônica afetando os músculos esqueléticos e os níveis de glicose, bem como o sistema endócrino e os hormônios, tornando-nos predispostos a problemas de saúde que incluem obesidade, resistência à insulina e diabetes tipo 2.

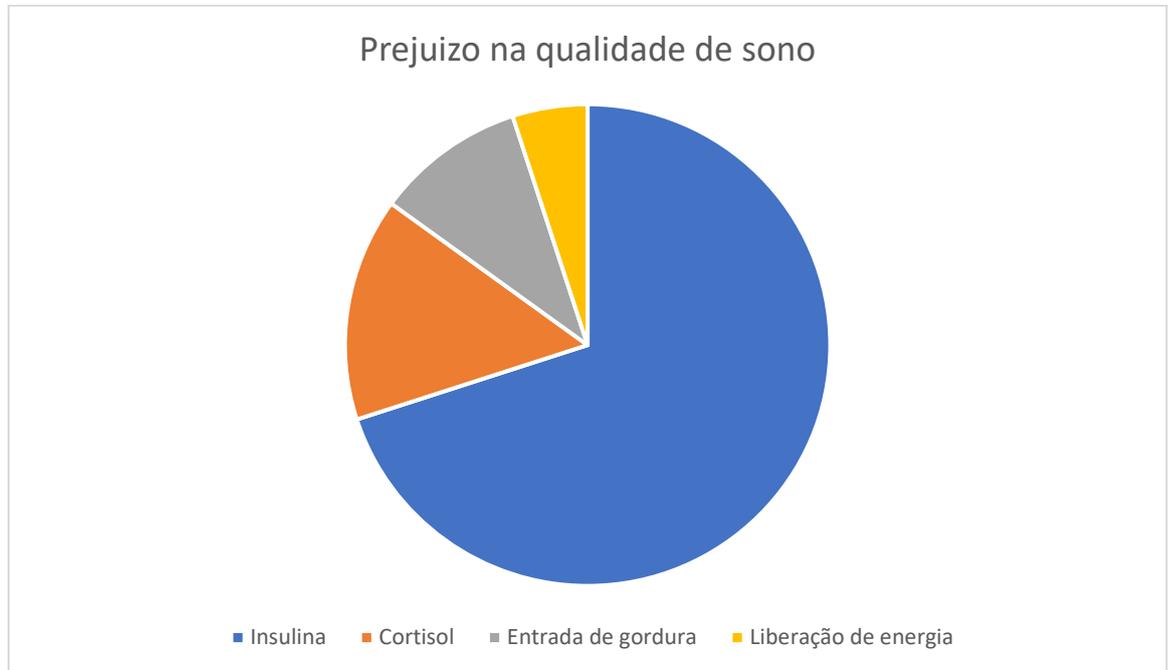
Fazendo uma correção, baseada em estudos e vivências clínicas, onde observando relatos de pacientes, que mesmo em acompanhamento profissional, atividades físicas regulares e dietas prescritas, apresentaram queixas de perda ou diminuição da composição muscular, dificuldade de queima de gordura, principalmente visceral e de maneira crônica, patologias metabólicas desenvolvidas.

Gráfico 1 de 5.4 Perfil demonstrativo, onde representa visualmente um trecho extraído do livro que fala sobre os fatores que podem sofrer danos com a privação de sono. (adaptado pelo autor).



5.5 Trecho extraído do livro Outlive (Petter Attia, 2023)

“O nível de estresse e a qualidade do sono, que afetam a liberação de cortisol, interessam tanto ao metabolismo. Mas a insulina parece ser a promotora mais potente do acúmulo de gordura, porque ela age como uma espécie de via de mão única, permitindo que a gordura entre na célula ao mesmo tempo em que atrapalha a liberação de energia das células adiposas (por meio de um processo chamado lipólise)”.



A observação citada no fragmento do texto, do livro mencionado, foi através de uma percepção pessoal do autor e em clínica, com pacientes em acompanhamento metabólico, ao longo da jornada profissional do médico envolvido. Os estudos se inclinam para uma sinalização, fisiológica e funcional do organismo, ao perceber que o fator alteração no sono dos pacientes desencadeou fatores metabólicos e físicos na saúde dos mesmos.

Um sono de qualidade é fundamental para os processos inatos de restauração fisiológica, sobretudo no cérebro, ao passo que um sono ruim dá início a um efeito dominó no que se refere às consequências negativas, desde resistência à insulina até declínio cognitivo, além de problemas de saúde mental. (livro *Outlive*, Petter Attia, 2023 v. 11, n. 12, p).

6. Conclusão

Conclui-se, portanto, que ainda há complexidade em analisar a relação, sono, a biologia circadiana, os efeitos metabólicos e a saúde muscular, além de fatores genéticos e ambientais que estão diretamente envolvidos. Em estudos abrangentes populacionais, parte significativa da sociedade contemporânea sofre com os efeitos do sono insuficiente, por tanto estando em maior risco de exposição a condições metabólicas e musculoesquelética desfavoráveis. Essas consequências decorrentes de um sono fragmentado ou insuficiente, interfere nos ritmos fisiológicos diários e podem desencadear efeitos cascatas prejudiciais nas células, teciduais e órgãos, resultando e funções metabólicas e biológicas comprometidas.

Observou-se que tanto a restrição aguda quanto a crônica do sono têm uma influência negativa na saúde em funções musculares. Em nível celular, o sono inadequado interrompe a função metabólica e os ritmos biológicos. O metabolismo do músculo esquelético é comprometido pela má qualidade do sono, onde ocorrem taxas reduzidas de síntese proteica em resposta a distúrbios no ambiente hormonal. A interrupção metabólica do músculo esquelético e do ambiente hormonal é uma provável consequência do efeito atrofia no tecido muscular relacionado ao sono inadequado. Porém, as pesquisas na área estão em aprofundamento, e não está definido como o relógio circadiano interage e interfere com esses processos fisiológicos, de forma direta.

A investida de redução dos efeitos negativos do sono insuficiente pode ter grandes benefícios tanto na regulação quanto na manutenção da saúde metabólica e do desempenho físico. Investigar os mecanismos que apoiam a relação entre sono, ritmos circadianos e músculo esquelético é necessário e expandir as descobertas atuais para grupos populacionais divergentes é importante. Qualificar e quantificar a existência de respostas entre os sexos à privação de sono é fundamental, pois entender tais diferenças permitirá recomendações individualizadas para melhorar as estratégias de uma melhor qualidade de sono. Investigar se os impactos são semelhantes em populações com rotinas de exercícios físicos em comparação com populações sedentárias também é imprescindível.

Avaliar a utilidade de várias intervenções da associação de exercício e alimentação adequada para manter o metabolismo do músculo esquelético durante períodos de sono reduzido ou mesmo em privação, é o desafio, que exige cautela. Realizar experimentos voltados para populações geograficamente, socialmente e até culturalmente diversas, podendo evidenciar suas distinções e influências nas interações entre o relógio molecular, metabolismo muscular e o sono é também uma área de pesquisa potencial e pode ajudar a identificar a extensão em que dos ciclos naturais de atividades individuais precisam ser levados em conta ao projetar e implementar intervenções para a qualidade e benefícios do sono regular na saúde humana.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

Davies SK, Ang JE, Revell VL, Holmes B, Mann A, Robertson FP, Cui N, Middleton B, Ackermann K, Kayser M, Thumser AE, Raynaud FI, Skene DJ. Effect of sleep deprivation on the human metabolome. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2014 Jul 22;111(29):10761-6. doi: 10.1073/pnas.1402663111. Epub 2014 Jul 7. PMID: 25002497; PMCID: PMC4115565.

Lamon S, Morabito A, Arentson-Lantz E, Knowles O, Vincent GE, Condo D, Alexander SE, Garnham A, Paddon-Jones D, Aisbett B. The effect of acute sleep deprivation on skeletal muscle protein synthesis and the hormonal environment.

Physiol Rep. 2021 Jan;9(1):e14660. doi:
10.14814/phy2.14660. PMID: 33400856;
PMCID: PMC7785053.

Wang W, Duan X, Huang Z, Pan Q, Chen C, Guo L. The GH-IGF-1 Axis in Circadian Rhythm. Front Mol Neurosci. 2021 Sep 9; 14:742294. doi: 10.3389/fnmol.2021.742294. PMID: 34566581; PMCID: PMC8458700.

Mohd Azmi NAS, Juliana N, Azmani S, Mohd Effendy N, Abu IF, Mohd Fahmi Teng NI, Das S. Cortisol on Circadian Rhythm and Its Effect on Cardiovascular System. Int J Environ Res Public Health. 2021 Jan 14;18(2):676. doi: 10.3390/ijerph18020676. PMID: 33466883; PMCID: PMC7830980.

Gentry NW, Ashbrook LH, Fu YH, Ptáček LJ. Human circadian variations. J Clin Invest. 2021 Aug 16;131(16):e148282. doi: 10.1172/JCI148282. PMID: 34396981; PMCID: PMC8363277.

Lamon S, Morabito A, Arentson-Lantz E, Knowles O, Vincent GE, Condo D, Alexander SE, Garnham A, Paddon-Jones D, Aisbett B. The effect of acute sleep deprivation on skeletal muscle protein synthesis and the hormonal environment. Physiol Rep. 2021 Jan;9(1):e14660. doi: 10.14814/phy2.14660. PMID: 33400856; PMCID: PMC7785053.

Toth, M. J., & Turchi, P. *Sex differences in response to sleep deprivation: effects on muscle recovery. Journal of Applied Physiology*, ReP.

2006. 101(5), 1397-1402.

Veldhuis, J. D., & Bowers, C. Y. *Cortisol and growth hormone: effects on muscle recovery and protein metabolism. European Journal of Clinical Nutrition*, Rep.

2011. 65(6), 554-561.

Violette, S., et al. *Sex differences in the effects of sleep deprivation on muscle recovery and performance. Journal of Strength and Conditioning Research*, Rep.

2019. 33(2), 355-364.

Micklesfield, L. K., et al. *Sex differences in muscle mass and recovery after sleep deprivation. International Journal of Sports Physiology and Performance*, Rep.

(2012). 7(2), 198-207.