



DESGASTE DENTÁRIO EM RUMINANTES: REVISÃO SISTEMÁTICA

DENTAL WEAR IN RUMINANTS: A SYSTEMATIC REVIEW

DESGASTE DENTAL EN RUMIANTES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA



10.56238/sevenVIIImulti2026-030

Arthur Bragadini Faustinelli

Doutorando em Agronegócio e Desenvolvimento

Instituição: Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto Federal de São Paulo

E-mail: a.faustinelli@unesp.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3195-9658>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4136768181243518>

Mario Mollo Neto

Doutor em Engenharia Agrícola

Instituição: Universidade de Estadual de Campinas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Engenharia, Departamento de Engenharia de Biossistemas

E-mail: mario.mollo@unesp.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8341-4190>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6037463340047597>

RESUMO

A pecuária brasileira, reconhecida internacionalmente por sua capacidade produtiva, ainda apresenta desafios relacionados à saúde bucal dos animais, que afetam o bem-estar, o ganho de peso e a produtividade dos rebanhos. Diante disso, este trabalho teve como objetivo compreender as características do desgaste dentário em ruminantes e os principais métodos utilizados em sua análise. Por meio de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), foram analisados estudos sobre o tema. Os resultados mostraram predominância de metodologias baseadas em inspeção visual e análise de imagens. Observou-se, ainda, que o desgaste dentário é pouco explorado em espécies de interesse zootécnico, como bovinos, caprinos e ovinos. Essa lacuna representa oportunidade de expansão da pesquisa com potencial impacto em produtividade, manejo e bem-estar animal. O estudo contribui ao consolidar o conhecimento existente, identificar limitações metodológicas e apontar caminhos para o desenvolvimento de ferramentas aplicáveis à pecuária moderna e sustentável.

Palavras-chave: Ruminantes. Desgaste Dentário. Bem-Estar Animal. Revisão Sistemática de Literatura.

ABSTRACT

Brazilian livestock farming, internationally recognized for its productive capacity, still faces challenges related to animal oral health, affecting welfare, weight gain, and herd productivity. Therefore, this study aimed to understand the characteristics of dental wear in ruminants and the main methods used in its analysis. Through a Systematic Literature Review (SLR), studies on the topic were analyzed. The results showed a predominance of methodologies based on visual inspection and image

analysis. It was also observed that dental wear is under-explored in species of zootechnical interest, such as cattle, goats, and sheep. This gap represents an opportunity to expand research with potential impact on productivity, management, and animal welfare. The study contributes by consolidating existing knowledge, identifying methodological limitations, and pointing out paths for the development of tools applicable to modern and sustainable livestock farming.

Keywords: Ruminants. Dental Wear. Animal Welfare. Systematic Literature Review.

RESUMEN

La ganadería brasileña, reconocida internacionalmente por su capacidad productiva, aún enfrenta desafíos relacionados con la salud bucal animal, que afectan el bienestar, la ganancia de peso y la productividad del hato. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo comprender las características del desgaste dental en rumiantes y los principales métodos utilizados para su análisis. Mediante una revisión sistemática de la literatura (RSL), se analizaron estudios sobre el tema. Los resultados mostraron un predominio de metodologías basadas en la inspección visual y el análisis de imágenes. También se observó que el desgaste dental está poco estudiado en especies de interés zootécnico, como el ganado bovino, caprino y ovino. Esta brecha representa una oportunidad para ampliar la investigación con un impacto potencial en la productividad, el manejo y el bienestar animal. El estudio contribuye al consolidar el conocimiento existente, identificar limitaciones metodológicas y señalar vías para el desarrollo de herramientas aplicables a la ganadería moderna y sostenible.

Palabras clave: Desgaste Dental. Bienestar Animal. Revisión Sistemática de la Literatura. Rumiantes.

1 INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira possui papel central na economia nacional e posição de destaque mundial, especialmente na criação de ruminantes voltados à produção de alimentos e matérias-primas como carne, leite, lã e couro. Em 2020, o Brasil manteve o maior rebanho bovino do mundo, com 217 milhões de cabeças, equivalendo a 14,3% do total global, seguido pela Índia com 190 milhões (EMBRAPA, 2021). No mesmo ano, o país registrou produção recorde de 35,4 bilhões de litros de leite bovino, enquanto os rebanhos ovino e caprino alcançaram 20,6 milhões e 12,1 milhões de cabeças, respectivamente (IBGE, 2021).

O desenvolvimento da pecuária de ruminantes em diversos países, a exemplo do Brasil, ocorre de maneira heterogênea em relação a forma, sendo sua maioria empírica e extensiva, com níveis tecnológicos e resultados zootécnicos baixos. A atividade pecuária é encontrada em situações contrastantes, empregando desde soluções tecnológicas até as menos sustentáveis (CAMPELLO, 2017). A caprinocultura, por exemplo, na maioria dos criatórios não expressa um significativo potencial de produtividade devido a problemas de manejo, baixo nível de mão-de-obra e tecnológico, desordens nutricionais e sanitárias e altas taxas de mortalidade em animais jovens e adultos (CAMPELLO, 2017; AGOSTINHO, 2017).

Inerente à criação animal surgem suas necessidades e dificuldades, como problemas de saúde que podem comprometer tanto a produção quanto o bem-estar animal. É possível observar especificamente a saúde bucal animal e relacioná-la diretamente com estes fatores. Tendo sua presença pré-datada, lesões orais estão entre os tipos de patologia mais comuns relatados em conjuntos arqueológicos de ossos de animais (HOLMES *et al.*, 2021).

Problemas dentários na criação de caprinos não fazem parte das preocupações comuns de produtores rurais e médicos veterinários. Os motivos desta falta preocupante são porque essas condições se apresentam como silenciosas, crônicas, não diagnosticadas por procedimentos de rotina e, aparentemente, na cultura popular, têm pouco impacto na rentabilidade da economia atividade, o que não é real (CAMPELLO, 2019).

Mastigação e ruminação anormais são indicadores sensíveis de muitos distúrbios, incluindo doenças infecciosas. Embora a baixa produtividade seja a principal razão para o abate de bovinos, doenças dentárias raramente são consideradas como uma possível explicação. Doenças como a periodontite podem ser dolorosas, levando à mastigação ineficiente com consequente perda de condição corporal e peso, aumento da suscetibilidade a doenças, sofrimento animal e diminuição da produtividade, com consequentes impactos econômicos (BORSANELLI *et al.*, 2021).

Como colocado por Campello (2017), as doenças periodontais estão entre as mais diferentes formas de infecção que afetam tanto humanos quanto animais. O excesso de desgaste da coroa dental é um fator observado em ambos, sendo uma lesão caracterizada pela perda irreversível de estrutura

dental a partir da superfície externa, sem envolvimento bacteriano, que, ao promover a exposição de dentina, pode desenvolver sensibilidade dentária. Associada com doenças como a periodontite, ocasionam retração e possível perda de dentição. O exame clínico de rotina da cavidade oral de bovinos é essencial para que a doença seja diagnosticada em um animal vivo (BORSANELLI *et al.*, 2021). Sendo a saúde bucal fator inicial na nutrição animal, entende-se sua importância no crescimento, ganho de peso, produtividade e qualidade de vida, identificando-se nessa área um grande potencial de impacto por sua relevância em questões econômicas e de bem-estar animal. Dessa forma, o problema central deste trabalho é compreender quais são as características do desgaste dentário em ruminantes e os principais métodos empregados em sua análise na literatura científica. O objetivo do trabalho é investigar as causas e os padrões desse desgaste, bem como revisar e discutir as metodologias utilizadas em sua avaliação. Para alcançar o objetivo proposto, foi desenvolvida uma Revisão sistemática de Literatura (RSL).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Entre os anos de 2020 e 2021 o Brasil aproximou-se da marca de 250 milhões de cabeças de bovinos, ovinos e caprinos, destacando-se mundialmente como um dos grandes criadores de ruminantes. Segundo Borsanelli *et al.* (2021), doenças relacionadas à dentição destes animais podem ser dolorosas e gerar uma mastigação ineficiente, com consequentes perdas de condição corporal e peso, e aumento da suscetibilidade a doenças. Mesmo que a principal razão para o abate de bovinos seja a baixa produtividade, doenças dentárias raramente são consideradas uma possível explicação.

Desta forma, o sofrimento causado por doenças dentárias afeta a qualidade de vida e o bem-estar animal, em sentido contrário ao inferido nas cinco liberdades animais, proposto pelo Conselho de Bem-Estar de Animais de Produção da Inglaterra de 1965, especificamente no terceiro ponto, que garante a liberdade quanto a dor, ferimento ou doença.

Do ponto de vista econômico, além do fator fundamental da diminuição da produtividade, as doenças dentárias são um problema populacional e que atingem inclusive animais de maior valor agregado e genética selecionada, promovendo, portanto, impactos econômicos significativos (CAMPOLLO, 2017, BORSANELLI *et al.*, 2021). Sobre a abordagem da quantificação do desgaste dentário de animais ruminantes, é possível encontrar na literatura trabalhos que colaborem, direcionando passos do projeto proposto, ou ainda reiterando a sua relevância.

Wicpolt *et al.* (2022) apontam relatos de casos de periodontite em todo o mundo desde o período Neolítico e, ainda assim, ao investigar casos de periodontite em ovinos em Pernambuco definem a doença como pouco conhecida por veterinários e pecuaristas da região, causando prejuízos econômicos ao interferir no desempenho produtivo dos animais. Tratando-se de uma doença diagnosticada por inspeção visual, a metodologia empregada foi a análise odontológica dos animais

vivos e a captura de imagens para registro, além da microscopia de amostras de animais abatidos. O método de inspeção visual por profissional da área se mostra satisfatório para análises puramente qualitativas.

Comparando diferentes dietas em grupos de cabras, Hatt *et al.* (2019) concluíram que o desgaste dentário está mais relacionado às características da dieta — como recursos, conteúdo e distribuição de fitólitos — do que a fatores ambientais, como poeira e areia, destacando a necessidade de estudos mais aprofundados. A análise dos abrasivos presentes no trato digestivo foi realizada por tomografia computadorizada, método considerado confiável pela precisão tecnológica, embora exija a sedação e o manuseio individual dos animais.

De maneira complementar a Hatt *et al.* (2019), Ackermans *et al.* (2020) aplicam a mesma metodologia de tomografia computadorizada em animais sedados durante 17 meses de experimentos, desta vez comparando a dieta de cada grupo a fatores do desgaste dentário como a morfologia e a perda de volume da dentição. Novamente, resultados quantitativos confiáveis são gerados pelo método, mas ainda é possível salientar seu custo considerável de implementação, dada a utilização de equipamentos de tomografia computadorizada comerciais.

Considerando o desgaste dentário humano e as soluções empregadas, Machado *et al.* (2022) analisam a viabilidade da utilização de um scanner intraoral para o monitoramento do desgaste erosivo. Dentes bovinos foram utilizados como corpos de prova, submersos em ácido e reavaliados a cada 24h. Os resultados obtidos são satisfatórios com a percepção de perda de 0,5mm por camada de análise. O scanner intraoral é uma ferramenta portátil, empregada em consultórios odontológicos que apresenta precisão e confiabilidade. Porém, seu alto custo é um fator desfavorável à sua aplicação.

Sob uma perspectiva interrelacional, a aplicação de tecnologias humanas em contextos animais pode oferecer soluções eficazes e integradas. O uso dessas tecnologias, aliado à análise de dados e a sistemas de inteligência artificial, possibilita a criação de bases informacionais que auxiliam na tomada de decisões. Assim, o desenvolvimento de uma ferramenta capaz de quantificar o desgaste dentário em ruminantes poderia favorecer pesquisas que relacionem esse desgaste a doenças, variações no manejo, produtividade (de corte e de derivados) e fatores ambientais, como tipos de solo e aditivos voltados à melhoria da produção vegetal.

Ao mesmo tempo que uma produção eficiente gera resultados econômicos positivos, contribui no cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU para o Brasil. Produzir com menores investimentos ou em maior quantidade com o mesmo custo torna o produto mais barato, atrativo ao mercado e facilita o acesso ao consumidor final. Tal perspectiva afeta diretamente a Agenda 2030 no tópico Fome Zero E Agricultura Sustentável, reduzindo a fome e garantindo acesso aos alimentos (2.1), atendendo necessidades nutricionais (2.2) e aumentando a produtividade e renda de pequenos produtores (2.3). O consumo adequado de insumos se relaciona com o Consumo E Produção

Responsáveis, usando com eficiência os recursos naturais (12.2). O desenvolvimento tecnológico acessível fortalece as capacidades científicas e gera ferramentas para mudar para padrões mais sustentáveis de produção e consumo (12.a).

A relevância do tema apresentado e a inexistência de ferramentas com o mesmo objetivo apresentam contribuição substancial e inovadora do trabalho ao agronegócio, além de sua preocupação com bem-estar animal, produtividade e possibilidade de desenvolvimento tecnológico.

3 METODOLOGIA

3.1 TEMA E OBJETIVO

A revisão sistemática de literatura (RSL) descrita a seguir segue os parâmetros propostos por Fabbri et al. (2016) e visa investigar as publicações sobre o desgaste dentário de animais ruminantes, suas contribuições ao tema e levantar informações relevantes à análise e quantificação do desgaste. Assim, o objetivo da revisão é definir e hierarquizar as principais causas do desgaste dentário em ruminantes presentes na literatura, como forma de visualizar as espécies afetadas, compreender os fatores geradores e direcionar o levantamento de informações e medição do desgaste.

3.2 FERRAMENTA E CONSTRUÇÃO DO PROTOCOLO

Para o gerenciamento e elaboração do protocolo de revisão foi utilizado o software gerenciador de revisão sistemática de bibliografia *StArt (State of the Art through Systematic Review)*, desenvolvido pelo Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software do Departamento de Computação da Universidade Federal de São Carlos (LaPES-UFSCar). Foram seguidas as etapas propostas por próprio aplicativo durante o preenchimento.

3.3 BASES DE DADOS, PERFIL DE TRABALHOS, PERÍODO E IDIOMAS.

As buscas por trabalhos foram realizadas nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, por sua abrangência internacional e confiabilidade acadêmica. O perfil de trabalho não se limitou apenas a artigos, mesmo sendo estes os únicos resultados obtidos. Da mesma forma, não houve restrição quanto ao período de seleção, dado o interesse para a revisão na visualização do surgimento do tema conforme delineado pelos descritores e seu desenvolvimento através dos anos. Quanto ao idioma foram selecionados trabalhos em inglês, por seu alcance, e em português.

3.4 PALAVRAS-CHAVE E OPERADORES BOOLEANOS

Para o levantamento inicial de trabalhos foram definidas as palavras-chave que abrangessem a maior gama possível de resultados que não se distanciassem do tema: *Ruminant; Dental Wear; Tooth Wear; Dental Volume; Tooth Volume; Dental Abrasion; Tooth Abrasion; Dental Attrition; Tooth*

Attrition.

Ao mesmo tempo, diversas combinações de operadores booleanos foram testadas para cada base de dados e foram aplicadas as que resultassem em um maior número de artigos apresentados.

Para a base de dados *Web of Science* foi aplicado o filtro local *ALL FIELDS*, utilizado a expressão: “*ruminant* AND (tooth wear OR tooth volume OR tooth abrasion OR tooth attrition OR dental wear OR dental volume OR dental abrasion OR dental attrition)*”

Para a base de dados *Scopus* foi aplicado o filtro local *ARTICLE TITLE, ABSTRACT, KEYWORDS*, utilizado a expressão: “*ruminant* AND (“tooth wear” OR “tooth volume” OR “tooth abrasion” OR “tooth attrition” OR “dental wear” OR “dental volume” OR “dental abrasion” OR “dental attrition”)*”

3.5 ETAPA DE SELEÇÃO E CRITÉRIOS

Durante a etapa de seleção, foram definidos critérios para o aproveitamento dos artigos: 1 – Linguagem: o trabalho deveria estar em inglês ou português; 2 – Acesso: era necessário ter acesso ao texto completo; 3 – O trabalho deveria lidar com animais ruminantes; 4 – O trabalho deveria abordar o tema desgaste dentário destes animais;

Além dos critérios acima, foram removidos trabalhos duplicados, aqueles que aparecem em ambas as bases de dados. Nesta etapa, são lidos os títulos, palavras-chave e abstract de cada artigo para realizar a seleção.

3.6 FASE DE EXTRAÇÃO

Para o levantamento de dados a partir dos trabalhos selecionados à fase de extração foram elaboradas questões sobre a abordagem do tema no trabalho em análise. Cada questão a seguir poderia, dependendo da aplicação, aceitar uma ou várias opções como resposta. Na questão 1, buscamos elencar a motivação da utilização do desgaste dentário no trabalho. *Questão 1 - Abordagem Sobre Causas Do Desgaste (Opção Única): A - Utiliza o desgaste para definir outras características. (Idade do fóssil/animal e/ou outros) (desgaste como meio); B - Analisa/Explora causas para o desgaste (desgaste como fim).*

Na questão 2, houve o levantamento das possíveis causas ou influências para o desgaste, sendo elas exploradas ou apenas citadas no trabalho. *Questão 2 - Causas Exploradas/Citadas (Múltiplas Opções): A – Dieta; B – Genética; C – Oclusão; D – Outras.*

O interesse da questão 3 se apresenta não apenas sobre quais animais são tratados, mas principalmente em animais de corte e de convívio humano cotidiano, visto que a maioria dos trabalhos utiliza o desgaste dentário para classificação de fósseis. Os termos como bovinos, caprinos, ovinos e cervídeos não são categorias taxonômicas formais, mas sim grupos comuns usados para reunir animais

com certas características biológicas semelhantes. Todos os animais que estamos discutindo pertencem ao Reino *Animalia*, Filo *Chordata*, Classe *Mammalia*, Ordem *Artiodactyla* (mamíferos ungulados de dedos pares, como bois, veados, girafas etc.) e Subordem *Ruminantia*. *Questão 3 - Taxonomia – Grupos (Múltiplas Opções):* A – *Bovinos*; B – *Ovinos*; C – *Caprinos*; D – *Cervídeos*; E – *Outros*.

Para a questão 4 levantamos os métodos de identificação e classificação do desgaste que cada trabalho utiliza. O que diferencia as opções “inspeção visual” e “imagens” é que no primeiro, as análises são realizadas diretamente no exemplar, seja ele original ou réplica fidedigna. No segundo, há a necessidade ou escolha do autor em capturar e utilizar as imagens para a análise. *Questão 4 – Método de identificação (Múltiplas Opções):* A – *Inspeção Visual*; B – *Imagens*; C – *Outros*;

A questão 5 considera a relevância do tema desgaste dentário dentro do trabalho revisado e observa 2 situações: Apenas cita o desgaste, mas não quantifica e/ou qualifica metodologicamente; aplica algum método de identificação e/ou quantificação. *Questão 5 – Abordagem Metodológica (Opção Única):* – *Apenas cita o desgaste (não quantifica)*; B – *Aplica método de identificação*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Seguindo as etapas de seleção e critérios propostas na metodologia apresentada, com levantamento realizado em outubro de 2024 foram identificados no total 204 trabalhos. Foram obtidos 140 trabalhos para a base de dados *Web of Science* e 64 trabalhos para a base de dados *Scopus*. Não havendo restrição quanto ao período de seleção foram encontrados trabalhos entre 1989 e 2024.

Após a fase de seleção obtivemos como resultado 54 artigos duplicados (26,47% do total de trabalhos iniciais), 77 (37,74%) artigos rejeitados e 73 (35,78%) artigos aceitos, indo adiante à fase de extração de dados.

As questões para o levantamento de dados da fase de extração aceitariam uma ou várias opções de resposta, a definir por sua aplicação. Abordando as causas do desgaste na questão 1, 60 trabalhos utilizaram o desgaste para definir características como a idade do animal e idade do fóssil. As maiores ocorrências do uso do desgaste foram para caracterizar dietas de espécies fósseis e na validação de métodos de identificação de desgaste para espécies em estudo. Por outro lado, na segunda alternativa da primeira questão, 13 trabalhos exploraram especificamente as causas do desgaste. Dessa forma, visualizamos um quadro de distribuição de 82,2% dos artigos utilizando o desgaste apenas como instrumento e os outros 17,8% com interesse direto em investigar as causas do desgaste.

Para o levantamento das possíveis causas ou fatores que influenciassem o desgaste a questão 2, de múltiplas opções, considerou desde o interesse do trabalho nas causas ou apenas a alusão a esses itens. A dieta dos animais aparece quase na totalidade dos 73 trabalhos aceitos para a coleta de dados, em 95,9% destes. Muito distante das referências a dieta, aparecem causas como fator genético (8,2%) e oclusão (6,8%).

Dentro das outras causas investigadas para o desgaste dentário, aparecem com frequência a posição geográfica do rebanho e a estação do ano de presença dos animais na região de interesse, pois muitos trabalhos utilizam a análise do desgaste para reconstrução de costumes de espécies fósseis, ou mesmo da vegetação da época de vida dos animais. De toda forma, posição geográfica e estação do ano acabam relacionando-se indiretamente com a dieta, pois afetam a oferta de diferentes fontes de alimento. Ainda, foram encontrados raros trabalhos que exploraram causas como gênero e infecções bucais.

Sobre os grupos taxonômicos presentes nos trabalhos, reforça-se a utilização da análise do desgaste para a caracterização de fósseis e espécies extintas, participando da composição do item *outros* em uma frequência de 34 trabalhos. A frequência dos *cervídeos*, aparecendo em 23 trabalhos dos 73 em análise. A busca por animais de corte e de convívio humano cotidiano retornou em ordem crescente: *ovinos* com 10 resultados, *bovinos* 14 e *caprinos* 16, percentualmente referindo-se a 13,7%, 19,2% e 21,9% respectivamente.

Para a distribuição dos métodos de identificação e classificação do desgaste, é importante ressaltar que um método de identificação não necessariamente anula outro em um mesmo trabalho. O item *Inspeção Visual* se refere a análises feitas diretamente no exemplar ou réplica e conta com uma frequência em 54,8% dos trabalhos. Com frequência próxima ao item anterior de 58,9%, a *utilização de imagens* é a característica principal entre os métodos para identificação e classificação do desgaste. Sobre o item *outros*, foram encontrados trabalhos que utilizaram apalpamento, medições com instrumentos como paquímetro, ou mesmo quimicamente quantificando a perda de íons de cálcio em arcadas submersas em meio ácido. Ao todo, o item outros engloba 27,4% dos trabalhos.

Finalmente, a quantidade de trabalhos que aplicam métodos para identificar/qualificar/quantificar o desgaste. Dos 73 trabalhos utilizados para a coleta de dados, apenas 11 deles não aplicaram métodos conhecidos. Por outro lado 62 empregaram algum método, sendo este o alvo da pesquisa ou não.

Em resumo, o que as questões propostas por essa revisão sistemática de literatura puderam esclarecer é que a maioria dos trabalhos utiliza a análise do desgaste dentário como ferramenta, não sendo uma preocupação direta e que seu emprego principal é na caracterização de espécies extintas e fósseis, o que indica uma oportunidade sobre sua utilização em animais de corte, considerando sua relevância econômica e social. Ainda, que a dieta é o fator fundamental para o desgaste e que os resultados pungentes das análises do desgaste são obtidos através de métodos visuais, com imagens ou não.

Adiante, discorreremos sobre os métodos de identificação e/ou quantificação do desgaste dentário em ruminantes localizados durante a realização desta RSL, em uma organização histórica e de relevância.

4.1 MÉTODOS DE TRABALHO COM O DESGASTE DENTÁRIO

Como ponto de partida identificado pela RSL, Walker e Teaford (1989) elencam estudos sobre o uso de microscópios eletrônicos na análise do desgaste dentário de mamíferos surgindo na década de 1960, e se tornando comum à análise de superfícies devido a fatores como sua resolução, realização de testes não destrutivos e facilidade de utilização. Ainda, as motivações para o desenvolvimento de estudos do desgaste presentes na bibliografia passam pela determinação das causas e taxas de desgaste, de padrões de movimento da mandíbula, para encontrar padrões de dieta e comportamento animal e reconstrução de dietas para paleontologia.

A maioria dos casos de análise de desgaste identificados por Solounias *et al.* (1994) até então, utilizava o primeiro molar inferior para análise do desgaste. Para medidas realizadas com microscópio, os autores confeccionaram moldes dos segundos molares superiores. As taxas de desgaste dos molares foram investigadas baseando-se em valores da altura do dente e linhas de crescimento (junção cimento-esmalte) buscando uma maior compreensão dos padrões de desgaste em diversas espécies. As conclusões obtidas pelo trabalho à época foram relevantes ao desenvolvimento do tema, como a variação significativa entre diferentes espécies de ruminantes, refletindo suas dietas e adaptações ambientais, impacto crucial da dieta e sua abrasividade no desgaste, implicação sobre a evolução das espécies em relação às suas estratégias alimentares e *habitat* e ainda a modelagem de padrões de desgaste na paleontologia.

A indução do desgaste dentário é proposta por Kaiser *et al.* (2009) como proveniente de 2 situações diferentes: o contato do dente com o alimento, classificado como abrasão e o contato do dente com outro dente, tratado por atrição. Cada uma delas podendo estar mais ou menos presente de acordo com o tipo de dieta, considerando a fonte de alimento do animal. Ainda, que estes animais podem ser divididos em navegadores, pastadores e intermediários. O objetivo dos autores é comparar o desgaste em 19 espécies de animais em cativeiro, com os dados de animais de vida livre. Suas conclusões reforçam a interferência da dieta abrasiva no desgaste e consequentemente na longevidade dos animais, onde o cativeiro apresenta uma maior higiene na oferta da alimentação e gera menores índices de desgaste dentário.

4.1.1 Método Mesowear

Desenvolvido por Solounias e Fortelious (2000), o método de mesodesgaste (*Mesowear*) é amplamente utilizado desde sua apresentação por ser relativamente rápido e confiável na caracterização do desgaste. O método baseia-se no desenvolvimento das facetas das superfícies oclusais dos dentes posteriores, criadas pelo atrito da alimentação, levando em consideração duas variáveis: O relevo oclusal (*Oclusal Relief*) que se classifica como alto ou baixo de acordo com a

profundidade do vale formado pelas cúspides; A forma da cúspide (*Cuspid Shape*) que inclui três atributos de acordo com o grau de desenvolvimento das facetas: afiada, arredondada e achatada, (KAISER *et al.*, 2009).

Na aplicação do método *Mesowear* em sua primeira proposta, Kaiser *et al.* (2009) realizam a inspeção visual dos dentes, utilizando uma lupa quando apropriado. As primeiras amostras foram fotografadas e traçadas em papel, mas uma vez que os padrões foram definidos de acordo com a satisfação dos autores, o restante do material foi registrado por meio de pontuação direta.

Kaiser *et al.* (2010) analisaram 37 espécies de ruminantes das famílias *Bovidae*, *Giraffidae* e *Cervidae*, utilizando o método *Mesowear* nos segundos e terceiros molares. Moldes dentários foram confeccionados e as imagens processadas digitalmente para quantificar o ângulo de alinhamento das cristas do esmalte. O método mostrou-se eficaz, mas dependente de etapas manuais.

Ozaki *et al.* (2010) investigam a relação entre hábitos alimentares, desgaste molar e expectativa de vida em populações de cervos-sika selvagens. Observaram que o desgaste dos molares M1 e M3 aumenta com o consumo de gramíneas e diminui com a precipitação. O M3 mostrou correlação mais forte com a expectativa de vida, por manter a função mastigatória por mais tempo que o M1.

Outras abordagens do método *Mesowear* são encontradas durante a RSL. Fraser *et al.* (2014), com o objetivo de melhorar a utilidade do método propõem um novo sistema de pontuação com categorias adicionais de desgaste, analisando os dentes posteriores tanto maxilares quanto mandibulares. O novo sistema de mesodesgaste ampliou as categorias de quatro para cinco. Seguindo o método tradicional, as cúspides foram classificadas conforme o relevo (alto ou baixo) e o formato oclusal (afiado, arredondado, muito arredondado, arredondado-achatado ou achatado-plano). Cada combinação recebeu uma pontuação de 1 a 5, representando graus crescentes de desgaste. A pontuação média por espécie foi usada nas análises.

Para cada sistema de pontuação, foi avaliado o quanto as pontuações de mesodesgaste dos dentes superiores e inferiores conseguiam diferenciar espécies com diferentes tipos de dieta. As análises foram feitas no *software R*, utilizando análise de variância de fator único e o teste de *Tukey* para comparações entre grupos, ou o teste de *Kruskal-Wallis* quando os dados não atendiam aos critérios da análise de variância. Os autores constataram que o novo sistema de pontuação de mesodesgaste expandido, melhora as taxas de classificação correta da dieta e apresenta alta repetibilidade. Ainda, que as pontuações de mesodesgaste dos dentes mandibulares são consistentemente menores do que as dos dentes maxilares. Embora o novo método de pontuação reduza a diferença de desgaste entre as arcadas superior e inferior, essa variação pode estar associada à anisodontia, isto é, ao fato de os dentes posteriores da mandíbula serem mais estreitos que seus equivalentes maxilares.

4.1.2 Método Microwear

O microdesgaste (*Microwear*) é a quantificação de marcas microscópicas, poços e riscos nos dentes, resultantes da mastigação de diferentes tipos de alimento. Os poços se formam como resultado do contato esmalte com esmalte; enquanto os riscos são formados por itens abrasivos, como fitólitos ou terra sendo esfregados pela superfície do esmalte. A textura de microdesgaste dentário é utilizada como indicador alimentar na paleoecologia e ecologia de vertebrados. Ao contrário do *mesowear*, que apresenta características de maiores proporções e descreve o desgaste ao longo da vida, *Microwear* é determinado apenas pelas últimas refeições, tendo em vista que pequenas alterações de alimentação são suficientes para gerar marcas microscópicas. (FRASER *et al.* (2011), KAISER e BRINKMANN (2006), FRANCISCO *et al.* (2018)).

A análise da textura do microdesgaste dentário observa parâmetros relacionados à complexidade da superfície, como anisotropia e heterogeneidade das facetas do esmalte em escala micrométrica. Outras abordagens de análise de microdesgaste são baseadas em parâmetros da norma ISO de rugosidade e textura.

Francisco *et al.* (2018), utilizando parte dos parâmetros acima, propõem uma nova abordagem onde, em vez de um único parâmetro caracterizando toda a superfície, realizam amostras da superfície gerando 9 parâmetros derivados com o objetivo de ampliar o conjunto de parâmetros. Amostras foram moldadas, escaneadas e a identificação dos parâmetros mais discriminativos foi conduzida por meio de um procedimento automatizado. Em sua forma inicial, o método incorpora ferramentas estatísticas usuais, análises de correlação e os testes matemáticos necessários. Os resultados indicam que uma versão simplificada do procedimento é mais eficiente na identificação dos parâmetros discriminativos desejados. E que o novo método melhora significativamente o poder de discriminação do desgaste dentário em comparação com abordagens anteriores.

Por seu perfil microscópico, o microdesgaste apresenta maiores dificuldades de visualização e análise do que o mesodesgaste.

Uma variedade de métodos de medição está disponível para coletar dados topográficos de superfícies em escala microscópica. Esses métodos podem ser amplamente agrupados em métodos de contato e sem contato. Sensores de superfície de contato inspecionam superfícies com um sensor de agulha (ponta de diamante ou rubi), que se move sobre a superfície mecanicamente sob pressão constante. Ele converte os movimentos verticais e horizontais da agulha em um sinal elétrico. Métodos sem contato são, por exemplo, o método de varredura por ponta de laser, métodos de refração e difração da luz, coerência interferométrica, emissão acústica e microscopia confocal de varredura (KAISER e BRINKMANN, 2006). A seguir, discorreremos sobre métodos de coleta de dados topográficos e análise presentes na RSL.

4.1.3 Rugsosidade

O esmalte dentário desgastado se assemelha a superfícies técnicas industriais, podendo ser descrito por parâmetros de rugosidade superficial definidos pelas normas ISO, que caracterizam de forma estatística a microtextura em diferentes aplicações. (KAISER e BRINKMANN, 2006; SCHULZ *et al.*, 2010). Os parâmetros de rugosidade descrevem ondulações e irregularidades, caracterizando aspectos verticais, horizontais e híbridos da topografia. Em conjunto, constituem uma ferramenta estatística eficaz para analisar a microtextura de superfícies. (KAISER e BRINKMANN, 2006).

Kaiser e Brinkmann (2006) investigaram se o microdesgaste dentário poderia ser caracterizado por parâmetros consolidados de rugosidade superficial, encontrando forte semelhança entre superfícies industriais e microcicatrizes em molares de herbívoros, a partir de moldes das arcadas de três espécies bovinas. Utilizando perfilometria com ponta de diamante no segundo molar superior, 895 medições confirmaram que os parâmetros industriais de rugosidade descrevem a mesma escala do microdesgaste, distinguem grupos dietéticos e quantificam o equilíbrio entre atrição e abrasão. Esses parâmetros refletem a influência da dieta e estabelecem um elo direto entre os métodos *Microwear* e *Mesowear*.

Schulz *et al.* (2010), utilizaram parâmetros de textura da norma ISO/DIS 25178-2 e da Análise Fractal Sensível à Escala (SSFA) em modelos 3D por microscopia para quantificar o microdesgaste dentário em herbívoros. Os autores avaliaram o potencial desses parâmetros como ferramentas padronizadas e sugeriram que eles refletem a relação entre abrasão e atrição, indicando menor abrasividade do bolo alimentar em comparação aos alimentos ingeridos. Da mesma maneira, tanto Winkler *et al.* (2013) quanto Kubo e Fujita (2021), aplicaram sistemas de parâmetros de rugosidade superficial para descrever o microdesgaste e realizar análises paleontológicas. Os resultados demonstraram alta eficácia e complementaridade entre os parâmetros, permitindo análises quantitativas e comparáveis, reforçando o potencial das normas ISO como base metodológica padronizada para estudos de microdesgaste dentário.

4.1.4 Outros Métodos

Diversos outros métodos de identificação e análise do desgaste dentário foram identificados na revisão sistemática, ainda que com baixa frequência de ocorrência se comparados aos anteriores. Veiberg *et al.* (2007) aplicaram escaneamento tridimensional para analisar a relação entre crescimento e desgaste dentário em renas Svalbard, obtendo modelos 3D precisos do primeiro molar (M1) e garantindo alta consistência e qualidade nas medições. De modo semelhante, Gailer e Kaiser (2014) utilizaram escaneamento 3D por luz estruturada para avaliar a eficácia mastigatória em bovídeos, relacionando a forma funcional dos dentes pós-caninos às propriedades biomecânicas e à abrasividade da dieta, com reconstruções virtuais completas das arcadas dentárias. Gailer *et al.* (2016) empregaram

escaneamento 3D para analisar forma e função dentária, concluindo que a eficiência mastigatória independe de uma morfologia ideal e ressaltando a precisão do método como ferramenta confiável para integrar diferentes abordagens analíticas.

Ackermans *et al.* (2018) aplicaram tomografia computadorizada para avaliar o desgaste dentário em cabras sob dietas de diferentes abrasividades, confirmando a confiabilidade do método, mas destacando suas limitações práticas devido à necessidade de sedação dos animais. De forma semelhante, Karme *et al.* (2016) utilizaram tomografia computadorizada em um experimento mecânico de mastigação e observaram que a perda de tecido dentário varia mesmo em padrões de microdesgaste semelhantes, alertando contra inferências diretas sobre dieta ou taxa de desgaste.

4.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS - REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

As informações obtidas na RSL contribuem para elucidar questões previamente levantadas e para delinear o interesse acadêmico pelo tema. Mesmo sem restrição temporal nos filtros, as extensas expressões booleanas empregadas nas buscas resultaram em um número limitado de trabalhos. Ainda assim, apenas 73 estudos sobre desgaste dentário em ruminantes foram incluídos(aceitos) na revisão, o que evidencia a especificidade do tema. Diversos métodos de identificação do desgaste dentário foram encontrados em cerca de 85% dos trabalhos, sendo a maioria baseada em inspeção visual e análise de imagens.

O maior reconhecimento do desgaste como ferramenta para inferir dieta, e não como indicador de problemas bucais, é um retrato de sua ampla aplicação em estudos paleontológicos. Tal constatação desperta interesse na aplicação do desgaste dentário em grupos animais que proporcionem retorno imediato e impacto direto, seja em termos econômicos, ecológicos ou de bem-estar animal. Nesse contexto, observou-se baixa representação de animais de corte entre os estudos revisados, com apenas 16 trabalhos envolvendo caprinos, 14 com bovinos e 10 com ovinos, reforçando as oportunidades de expansão dessa abordagem.

Os métodos identificados na literatura para análise do desgaste dentário evoluíram desde simples inspeções visuais até o uso de microscopia eletrônica, escaneamento tridimensional e tomografia computadorizada. Os dentes molares são os principais alvos de investigação devido à sua função mastigatória, variando entre o primeiro, segundo e terceiro molares.

O método de mesodesgaste (*Mesowear*) apresenta grande relevância no desenvolvimento das pesquisas desde sua proposição, sendo continuamente adaptado às necessidades dos autores e ao avanço das tecnologias de coleta de dados. A busca por maior repetibilidade e confiabilidade levou a abordagem do microdesgaste (*Microwear*) a integrar ferramentas tecnológicas, como o escaneamento tridimensional e os parâmetros industriais de rugosidade superficial (ISO). A escolha do método de análise deve estar alinhada aos objetivos específicos de cada estudo. O *Mesowear* reflete o desgaste

acumulado ao longo de meses ou anos, analisando o relevo oclusal e a forma das cúspides, enquanto o *Microwear* evidencia alterações ocorridas em intervalos mais curtos, de horas a dias, e ganha robustez com o uso de ferramentas normatizadas (FRASER e THEODOR, (2011); STRANI et al. (2018)).

5 CONCLUSÃO

A revisão sistemática reuniu e analisou as principais abordagens sobre desgaste dentário em ruminantes, destacando sua importância científica e produtiva. Os resultados mostraram a predominância de métodos de inspeção visual e análise de imagens, além de avanços com microscopia eletrônica, escaneamento 3D e tomografia computadorizada, refletindo o avanço tecnológico e a busca por maior precisão nas análises.

Verificou-se que o desgaste dentário tem sido amplamente explorado como indicador de dieta, especialmente em estudos paleontológicos, mas ainda é pouco aplicado em espécies de interesse zootécnico, como bovinos, caprinos e ovinos. Tal lacuna aponta oportunidades significativas de expansão dessa abordagem para contextos produtivos, com potencial de impacto direto na saúde, no bem-estar e na eficiência dos rebanhos.

Assim, o estudo contribui para consolidar o conhecimento existente, identificar limitações e apontar direções futuras para o desenvolvimento de ferramentas que quantifiquem o desgaste dentário em ruminantes. Essa aplicação prática pode apoiar profissionais e pesquisadores na tomada de decisões voltadas ao manejo sustentável, aumento da produtividade e promoção do bem-estar animal, fortalecendo a integração entre ciência e produção agropecuária.

REFERÊNCIAS

ACKERMANS, Nicole L.; WINKLER, Daniela E.; SCHULZ-KORNAS, Ellen; KAISER, Thomas M.; MÜLLER, Dennis W. H.; KIRCHER, Patrick R.; HUMMEL, Jürgen; CLAUSS, Marcus; HATT, Jean-Michel; Controlled feeding experiments with diets of different abrasiveness reveal slow development of mesowear signal in goats (*Capra aegagrus hircus*). The Company of Biologists Ltd, *Journal of Experimental Biology* 221:186411, 2018.

ACKERMANS, Nicole L et al. Confirmation of a wear-compensation mechanism in dental roots of ruminants. Zurich: American Association for Anatomy, *Anatomy Record* 304, p.425–436, 2020.

AGOSTINHO, Sabrina Donatoni. Periodontite e desgaste dentário em ovinos. Tese de doutorado - Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, 2017.

BORSANELLI, Ana Carolina et al. Risk factors for bovine periodontal disease – a preliminary study. *The international journal of animal biosciences, Animal* 15, 2021.

CAMPELLO, Paula Letícia. Periodontite e desgaste dentário em cabras leiteiras. Jaboticabal: Tese de doutorado - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, 2017.

CAMPELLO, Paula Letícia et al. Occurrence of periodontitis and dental wear in dairy goats. Jaboticabal: *Small Ruminant Research* 175, p.133–1412019.

EMBRAPA. O agro no brasil e no mundo: uma síntese do período de 2000 a 2020, Embrapa SIRE. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/62618376/O+AGRO+NO+BRASIL+E+NO+MUNDO.pdf/41e20155-5cd9-f4ad-7119-945e147396cb>. Acesso em: 25 out. 2022.

FABBRI, S.; SILVA, C.; HERNANDES, E.; OCTAVIANO, F.; THOMMAZO, A.; BELGAMO, A.; Improvements in the StArt tool to better support the systematic review process. *ACM International Conference Proceeding Series*, v. 01, June03, 2016.

FAWC - Farm Animal Welfare Council - CONSELHO DE BEM-ESTAR DE ANIMAIS DE PRODUÇÃO DA INGLATERRA. The Five Freedoms for animals, Animal Humane Society. 2022. Disponível em: <https://www.animalhumaneociety.org/health/five-freedoms-animals>. Acesso em: 21 out. 2022.

FRANCISCO, Arthur; BLONDEL, Cecile; BRUNETIERE, Noel; RAMDARSHAN, Anusha; MERCERON, Gildas. Enamel surface topography analysis for diet discrimination. A methodology to enhance and select discriminative parameters. France: *Surface Topography: Metrology and Properties* 6:015002, 2018.

FRASER, D.; ZYBUTZ, T.; LIGHTNER, E.; THEODOR, J.M.; Ruminant mandibular tooth mesowear: a new scheme for increasing paleoecological sample sizes. London: The Zoological Society of London, *Journal of Zoology* 294: 41–49, 2014.

FRASER, Danielle; THEODOR, Jessica M; Comparing Ungulate Dietary Proxies Using Discriminant Function Analysis. Canada: *Journal Of Morphology* 272:1513–1526, 2011

GAILER, Juan Pablo; CALANDRA, Ivan; SCHULZ-KORNAS, Ellen; KAISER, Thomas M.; Morphology is not Destiny: Discrepancy between Form, Function and Dietary Adaptation in Bovid Cheek Teeth. Germany: *Journal of Mammalian Evolution* 23:369–383, 2016.

GAILER, Juan Pablo; KAISER, Thomas M. Common solutions to resolve different dietary challenges in the ruminant dentition: The functionality of bovid postcanine teeth as a masticatory unit. Germany: *Journal Of Morphology* 275:328–341, 2014.

HATT, Jean-Michel. The rumen washes off abrasives before heavy-duty chewing in ruminants. Zurich: *Mammalian Biology* 97, p.104–111, 2019.

HOLMES, Matilda; THOMAS, Richard; HAMEROW Helena. Periodontal disease in sheep and cattle: Understanding dental health in past animal populations. Leicester: *International Journal of Paleopathology* 33, p 43–54, 2021.

IBGE. Pesquisa da pecuária municipal. Rio de Janeiro: SIDRA, 2021. (Sistema IBGE de Recuperação Automática). Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/tabelas/brasil/2020>. Acesso em: 07/01/2022.

KAISER, Thomas M.; BRINKMANN, Gesa; Measuring dental wear equilibria - the use of industrial surface texture parameters to infer the diets of fossil mammals. Germany: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 239: 221-240, 2006.

KAISER, Thomas M.; BRASCH, Juliane; CASTELL, Johanna C.; SCHULZ, Ellen, CLAUSS, Marcus; Tooth wear in captive wild ruminant species differs from that of free-ranging conspecifics. Germany: *Mammalian Biology* 74, I6:425-437, 2009.

KAISER, T. M.; FICKEL, J.; STREICH, W. J.; HUMMEL, J.; CLAUSS, M.; Enamel ridge alignment in upper molars of ruminants in relation to their natural diet. Germany: *Journal of Zoology* 281: 12–25, 2010.

KARME, A.; RANNIKKO, J.; KALLONEN, A.; CLAUSS, M.; FORTELIUS, M.; Mechanical Modelling Of Tooth Wear. Finland: The Royal Society Publishing Interface 13: 20160399, 2016.

KUBO, Mugino Ozaki; FUJITA, Masaki; Diets of Pleistocene insular dwarf deer revealed by dental Microwear texture analysis. Japan: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 562:110098, 2021.

MACHADO, Alana Cristina et al. Monitoring erosive tooth wear with intraoral 3D scanner: A feasibility study. *American Journal of Dentistry*, v. 35, n. 1, p. 49-54, fev. 2022.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU Disponível em: <https://brasil.un.org> acesso em 25/10/2022.

OZAKI, M.; KAJI, K.; MATSUDA, N.; OCHIAI, K.; ASADA, M.; OHBA, T.; HOSOI, E.; TADO, H.; KOIZUMI, T.; SUWA, G.; TAKATSUKI, S.; The relationship between food habits, molar wear and life expectancy in wild sika deer populations. Tokyo: *Journal of Zoology* 280: 202–212, 2010.

SCHULZ, Ellen; CALANDRA, Ivan; KAISER, Thomas M.; Applying Tribology to Teeth of Hoofed Mammals. Germany: Wiley Periodicals, Inc., *SCANNING* 32: 162–182, 2010.

SOLOUNIAS, Nikos; FORTELIUS, Mikael; Freeman, P. Molar Wear Rates In Ruminants - A New Approach. Helsinki: Finnish Zoological and Botanical Publishing Board. *Annales Zoologici Fennici* 31:219-227, 1994.

SOLOUNIAS, Nikos; FORTELius, Mikael; Functional Characterization of Ungulate Molars Using the Abrasion-Attrition Wear Gradient: A New Method for Reconstructing Paleodiets. American Museum Novitates (3301):1-36, 2000.

STRANI, Flavia; DEMIGUEL, Daniel; SARDELLA, Raffaele; BELLUCCI, Luca; Resource and niche differentiation mechanisms by sympatric Early Pleistocene ungulates: the case study of Coste San Giacomo. Roma: Quaternary International 481: 157-163, 2018.

VEIBERG, Vebjorn; MYSTERUD, Atle; BJORKVOLL, Eirin; LANGVATN, Rolf; LOE, Leif Egil; IRVINE, R. Justin; BONENFANT, Christophe; COUWELEERS, Fred; STENSETH, Nils Chr. Evidence for a trade-off between early growth and tooth wear in Svalbard reindeer. British: Journal of Animal Ecology 76: 1139–1148, 2007.

WALKER, Alan; TEAFORD, Mark. Inferences From Quantitative Analysis Of Dental Microwear. Baltimore: Folia primatologica; international journal of primatology 53, 177-189, 1989.

WICPOLT, Nathalia dos Santos et al. Periodontitis in sheep in Pernambuco, Northeastern Brazil. Brazilian Journal of veterinary Research, Pesq. Vet. Bras. 42:e07074, 2022.

WINKLER, Daniela Eileen; SCHULZ, Ellen; CALANDRA, Ivan; GAILER, Juan-Pablo; LANDWEHR, Christina; KAISER, Thomas M.; Indications for a dietary change in the extinct Bovid genus *Myotragus* (Plio-Holocene, Mallorca, Spain). Germany: Geobios 46, I 1-2, 43-150, 2013.