

A Odisseia Sinápsida: Uma Análise Abrangente da Origem Evolutiva dos Mamíferos

Introdução: A Aurora dos Sinápsidos – Traçando o Caminho para Mammalia

A história da vida na Terra é marcada por grandes divergências evolutivas, momentos em que linhagens se separam para seguir caminhos radicalmente distintos. Uma das mais profundas dessas separações ocorreu no final do Período Carbonífero, há aproximadamente 312 a 318 milhões de anos, quando os amniotas — vertebrados que desenvolveram o ovo com âmnio, libertando-se da dependência da água para a reprodução — se dividiram em dois clados monumentais: os Sauropsida, que dariam origem aos répteis e às aves, e os Synapsida, a linhagem que, após uma longa e complexa jornada evolutiva, culminaria no surgimento dos mamíferos.¹ A origem dos Mammalia, portanto, não pode ser entendida como um evento singular, mas sim como o resultado de uma saga evolutiva que se estendeu por mais de 100 milhões de anos, atravessando as eras Paleozoica e Mesozoica.³

Este percurso é um exemplo clássico de evolução em mosaico, um processo no qual as características que definem um grupo moderno são adquiridas de forma gradual e em diferentes momentos ao longo da história de seus ancestrais. Os primeiros sinápsidos, como o *Archaeothyris*, eram morfologicamente muito semelhantes aos seus contemporâneos reptilianos, com uma postura esparramada e um metabolismo presumivelmente ectotérmico.¹ Contudo, eles possuíam uma característica craniana única que os distinguia e que se provaria ser a pedra angular para todas as transformações futuras. Este relatório argumenta que a evolução de Mammalia foi impulsionada por uma série de inovações anatômicas e fisiológicas interconectadas, iniciada por uma modificação fundamental na arquitetura do crânio. Essa mudança inicial fomentou um ciclo de retroalimentação positiva que favoreceu o aumento progressivo da atividade metabólica, da eficiência locomotora e da acuidade sensorial, pavimentando o longo caminho que transformou uma criatura de aspecto reptiliano no plano corporal mamífero.

Secção 1: O Crânio Sinápsido – Uma Fundação Arquitetónica para a Inovação

A classificação dos grandes grupos de amniotas baseia-se historicamente na arquitetura do crânio, especificamente no padrão de fenestras (aberturas) na região temporal, atrás da órbita ocular. Enquanto os anápsidos ancestrais não possuíam fenestras e os diápsidos (linhagem dos saurópsidos) desenvolveram duas, os sinápsidos se distinguiram por uma única abertura em posição inferior, a fenestra temporal inferior.¹ Esta condição, que dá nome ao grupo (do grego, "arco fundido"), é a sinapomorfia fundamental que une todos os seus membros, desde o *Dimetrodon* até o ser humano.² A fenestra sinápsida é delimitada pelos ossos pós-orbital, esquamosal e jugal, e sua aparição representou muito mais do que uma simples marca taxonômica; foi uma revolução biomecânica.¹

A Revolução Biomecânica da Mandíbula

A principal e mais imediata vantagem funcional da fenestra temporal foi a provisão de um espaço e de novas e mais extensas superfícies para a origem e fixação da musculatura adutora da mandíbula, os músculos responsáveis pelo fechamento da boca.¹ Em um crânio anápsido, esses músculos originam-se na superfície interna da caixa craniana, limitando seu volume e complexidade. A fenestra permitiu que a musculatura se expandisse para fora, ancorando-se nas margens da abertura e na superfície externa do crânio. Isso possibilitou o desenvolvimento de músculos adutores maiores, mais fortes e funcionalmente diferenciados.⁷ O resultado foi uma mordida significativamente mais poderosa e versátil em comparação com a condição ancestral, conferindo uma vantagem seletiva imediata na captura de presas e no processamento de alimentos.¹

A Evolução da Fenestra e da Musculatura

A história evolutiva dos sinápsidos é marcada pela contínua modificação desta estrutura craniana fundamental, em um processo coevolutivo com a musculatura da mandíbula. Nos sinápsidos basais, informalmente agrupados como "pelicossauros", a fenestra era

relativamente pequena e posicionada baixo na lateral do crânio, refletindo uma musculatura adutora ainda relativamente simples.⁴

Com o surgimento dos Therapsida, a fenestra expandiu-se drasticamente em tamanho, movendo-se para uma posição mais dorsal. Este aumento no espaço disponível é uma evidência osteológica direta de um aumento correspondente na massa e na complexidade dos músculos da mandíbula, como o desenvolvimento de um músculo temporal mais robusto.⁶

Finalmente, nos Cynodontia avançados e nos mamíferos, a fenestra tornou-se tão vasta que a barra óssea pós-orbital que a separava da órbita foi perdida, fazendo com que as duas aberturas se fundissem na fossa temporal que conhecemos nos mamíferos modernos.⁶ Esta expansão máxima foi crucial para acomodar a diferenciação final da musculatura adutora nos complexos músculos temporal e masseter, que permitem os movimentos rotacionais e precisos da mandíbula necessários para a mastigação (mastigação) mamífera.

A fenestra temporal, portanto, não deve ser vista apenas como uma característica diagnóstica, mas como o catalisador funcional de toda a trajetória evolutiva sinápsida em direção a um metabolismo elevado. A sua aparição permitiu uma mordida mais forte, o que, por sua vez, permitiu um processamento alimentar mais eficiente.¹ Uma maior eficiência alimentar cria uma forte pressão seletiva que favorece indivíduos com musculatura mandibular ainda maior e mais complexa. A expansão desses músculos, por sua vez, exerce pressão seletiva para o aumento da própria fenestra, criando um ciclo de retroalimentação positiva.⁶ Uma fenestra maior permite músculos mais potentes, que permitem uma alimentação mais eficiente, que fornece os recursos energéticos para sustentar um estilo de vida mais ativo e, em última análise, um metabolismo mais elevado. Assim, esta única característica craniana está causalmente ligada a todas as grandes inovações subsequentes que definem os mamíferos, incluindo a heterodontia, a mastigação e a endotermia.

Secção 2: As Grandes Irradiações de Synapsida – Uma Montagem Gradual do Plano Corporal Mamífero

A transição de sinápsido basal para mamífero não foi um processo linear e contínuo, mas sim uma série de grandes irradiações adaptativas, cada uma construindo sobre as inovações da anterior, com linhagens sendo moldadas e filtradas por eventos de extinção em massa. Três grandes grupos ou "graus" evolutivos marcam esta jornada: os "Pelycosauria", os Therapsida e os Cynodontia.

2.1 Os "Pelycosauria": Sinápsidos Basais do Paleozoico

O termo "Pelycosauria" não se refere a um clado monofilético (um grupo natural com um único ancestral comum), mas sim a um grau parafilético que agrupa as linhagens de sinápsidos basais que não pertencem ao grupo mais derivado, os Therapsida.² Essencialmente, são os "tios" e "avós" dos terapsídeos. Estes animais dominaram os ecossistemas terrestres durante o final do Carbonífero e o início do Permiano, e, embora fossem sinápsidos, retinham muitas características ancestrais dos amniotas. A sua morfologia geral era semelhante à de um lagarto, com uma postura esparramada (abduzida), na qual os membros se projetavam para os lados do corpo.¹ Esta postura, que envolve uma ondulação lateral do tronco durante a locomoção, é energeticamente ineficiente para movimentos sustentados. A sua dentição era em grande parte homodonte (dentes uniformes em forma de cone) e a sua fisiologia era ectotérmica ("de sangue frio"), dependendo de fontes externas de calor para regular a temperatura corporal.²

Apesar desta condição basal, os "pelicossauros" exibiam uma notável diversidade ecológica. O *Dimetrodon*, um predador de topo, é famoso pela sua grande "vela" dorsal, uma estrutura formada por espinhas neurais alongadas e vascularizadas. A hipótese mais aceite é que esta vela funcionava como um dispositivo termorregulador, permitindo um aquecimento mais rápido pela manhã e a dissipação de calor durante o dia, uma adaptação crucial para um grande ectotérmico ativo.² Outros grupos, como o *Edaphosaurus* e os Caseidae, representam algumas das primeiras linhagens de grandes vertebrados herbívoros terrestres, demonstrando que os sinápsidos já haviam começado a explorar uma variedade de nichos ecológicos muito cedo na sua história.¹²

2.2 Os Therapsida: Um Salto em Direção à Fisiologia Mamífera

Em meados do Período Permiano, uma linhagem de "pelicossauros" carnívoros, os Sphenacodontia (que inclui o próprio *Dimetrodon*), deu origem a um novo clado: os Therapsida.¹³ Os terapsídeos rapidamente diversificaram-se e substituíram os "pelicossauros" como os vertebrados terrestres dominantes, um reinado que duraria até ao final do Permiano.¹⁴ Esta transição foi marcada por um conjunto de inovações que aproximaram drasticamente os sinápsidos do plano corporal mamífero.

A mudança mais significativa ocorreu no esqueleto pós-craniano. Os membros dos terapsídeos começaram a rodar para uma posição mais vertical, diretamente sob o corpo, transicionando de uma postura esparramada para uma postura semi-ereta ou totalmente ereta (parassagital).² Esta alteração postural foi uma inovação chave, pois permitiu superar a "Restrição de Carrier". Em animais com postura esparramada, a ondulação lateral do corpo

durante a corrida comprime alternadamente os pulmões, tornando difícil respirar e correr ao mesmo tempo. A postura ereta desacopla a locomoção da respiração, permitindo uma ventilação pulmonar contínua durante o movimento sustentado, um pré-requisito absoluto para um estilo de vida ativo e de alto metabolismo.¹

No crânio, os terapsídeos exibiram uma fenestra temporal significativamente maior, indicando uma musculatura mandibular mais desenvolvida, e uma tendência clara para a heterodontia, com a diferenciação de dentes em incisivos, caninos proeminentes e dentes pós-caninos.¹³ Além disso, desenvolveram um palato secundário incipiente, uma plataforma óssea que começava a separar a passagem de ar da cavidade oral, permitindo a respiração enquanto o alimento era retido na boca.¹⁷ A diversidade dos terapsídeos era imensa, incluindo herbívoros massivos como os *Dinocephalia* e os *Dicynodontia* (um grupo extremamente bem-sucedido com bicos córneos), e predadores ferozes como os *Gorgonopsia* e os *Therocephalia*, que ocupavam os nichos de predadores de topo.¹³

2.3 Os Cynodontia: Os Ancestrais Diretos

Os cinodontes (*Cynodontia*) surgiram no final do Permiano a partir de ancestrais terapsídeos e sobreviveram à devastadora extinção em massa do final do Permiano, que eliminou a maioria das outras linhagens de terapsídeos.¹⁸ Durante o Período Triássico, eles floresceram, diversificando-se numa variedade de formas que representam a etapa final da transição para os mamíferos.²⁰ Filogeneticamente, os *Cynodontia* são um grupo monofilético que *inclui* os *Mammalia*; por outras palavras, os mamíferos são simplesmente uma sub-linhagem altamente especializada de cinodontes.²¹

Neste grupo, as tendências observadas nos terapsídeos são levadas ao seu extremo. Os cinodontes possuíam um palato secundário ósseo completo, que separava totalmente as vias aéreas e alimentares.⁶ A sua dentição era marcadamente heterodonte, com dentes pós-caninos que desenvolviam múltiplas cúspides, permitindo um encaixe preciso (oclusão) entre os dentes superiores e inferiores para cortar e moer alimentos de forma eficiente. O osso dentário da mandíbula tornou-se progressivamente o elemento dominante, enquanto os outros ossos mandibulares foram reduzidos.⁶ O seu esqueleto era grácil, com uma postura totalmente ereta, e a coluna vertebral mostrava uma clara diferenciação em regiões (cervical, torácica, lombar), permitindo uma maior flexibilidade e agilidade.¹⁵ O registo fóssil do Triássico da América do Sul, particularmente do Brasil e da Argentina, tem sido fundamental para compreender esta fase final. Fósseis como o *Brasilodon* e o *Riograndia* fornecem um vislumbre detalhado das últimas modificações anatómicas na articulação da mandíbula, no sistema auditivo e na dentição que precederam o surgimento dos primeiros mamíferos.²³

A história das grandes irradiações sinápsidas revela que o sucesso da linhagem não foi um caminho direto, mas sim uma série de respostas adaptativas a mudanças ambientais e eventos de extinção. A extinção do final do Permiano, embora tenha dizimado a maioria dos terapsídeos, atuou como um poderoso filtro evolutivo.¹³ Os sobreviventes, principalmente os cinodontes, eram geralmente de menor porte e possuíam um conjunto de características — processamento alimentar mais eficiente, melhor sinergia entre locomoção e respiração — que se revelaram vantajosas nos ecossistemas em recuperação do Triássico, que mais tarde seriam dominados pelos dinossauros.¹⁴ Este evento de extinção, portanto, não foi apenas um revés, mas um momento crucial que podou a árvore sinápsida e canalizou a evolução para o plano corporal pequeno, ágil e energeticamente eficiente que caracterizaria os primeiros mamíferos.

Secção 3: O Mosaico de Traços Mamíferos – Um Sistema Integrado para um Estilo de Vida de Alta Energia

A transição para os mamíferos foi caracterizada pela aquisição gradual e interligada de um complexo de características. Nenhuma característica evoluiu isoladamente; em vez disso, modificações no sistema de alimentação, no esqueleto e na fisiologia formaram um sistema integrado que tornou possível um estilo de vida de alta energia. A tabela abaixo resume a aquisição em mosaico de algumas das características mais importantes ao longo da linhagem sinápsida.

Tabela 1: Transições Anatômicas e Fisiológicas Chave na Linhagem Sinápsida

Característica	"Pelycosauria" (ex: Dimetrodon)	Therapsida Basal (ex: Gorgonopsia)	Cynodontia Avançado (ex: Thrinaxodon)	Mammaliaformes (ex: Morganucodon)
Fenestra Temporal	Pequena e baixa	Grande e expandida	Muito grande, confluyente com a órbita	Muito grande, confluyente com a órbita
Palato Secundário	Ausente	Incipiente (incompleto)	Completo e ósseo	Completo e ósseo

Articulação da Mandíbula	Articular-Quadrado	Articular-Quadrado	Dupla: Articular-Quadrado e Dentário-Esquamosal	Dentário-Esquamosal
Côndilos Occipitais	Único	Único	Duplo	Duplo
Tipo de Dentição	Predominantemente Homodonte	Heterodonte (caninos distintos)	Heterodonte complexa (pós-caninos com cúspides)	Heterodonte complexa
Oclusão Dentária	Ausente	Ausente ou simples	Oclusão precisa	Oclusão precisa
Substituição Dentária	Polifiodonte (contínua)	Polifiodonte	Polifiodonte	Difiodonte (duas gerações)
Postura dos Membros	Esparramada (abduzida)	Semi-ereta	Ereta (parassagital)	Ereta
Diferenciação Vertebral	Mínima	Incipiente	Clara (torácica/lombar)	Clara
Metabolismo (Inferido)	Ectotérmico	Ectotermia/Endotermia incipiente	Endotermia incipiente	Endotérmico

Esta tabela ilustra vividamente o conceito de evolução em mosaico. Pode-se observar que uma postura ereta e um palato secundário completo já estavam presentes em cinodontes que ainda retinham a articulação mandibular ancestral e a substituição contínua de dentes. A condição mamífera foi montada peça por peça ao longo de milhões de anos.

3.1 A Revolução na Alimentação: Mastigação, o Palato e o Combustível

para o Motor Metabólico

A inovação mais profunda na biologia sinápsida, depois da própria fenestra temporal, foi a invenção da mastigação. Os sinápsidos basais, como a maioria dos outros vertebrados não mamíferos, provavelmente engoliam as suas presas inteiras ou em grandes pedaços. A transição para a mastigação — o processamento mecânico oral do alimento — foi um processo gradual que envolveu a evolução de dentes especializados e do palato secundário. A heterodontia, que começou nos terapsídeos, atingiu um novo nível de complexidade nos cinodontes, com incisivos para cortar, caninos para perfurar e, crucialmente, dentes pós-caninos com múltiplas cúspides (pré-molares e molares) desenhados para cisalhar e esmagar.⁶

Esta complexidade morfológica permitiu o desenvolvimento de uma oclusão dentária precisa, o encaixe exato entre os dentes das arcadas superior e inferior.¹⁰ A oclusão transformou a mandíbula de um simples dispositivo de captura numa máquina de processamento, capaz de triturar o alimento em partículas finas antes da deglutição. Este processamento mecânico aumenta exponencialmente a área de superfície do alimento exposta à ação das enzimas digestivas, permitindo uma extração de nutrientes muito mais rápida e eficiente.²⁶

Esta eficiência foi amplificada pela evolução do palato secundário ósseo completo nos cinodontes.¹ Ao separar completamente a cavidade oral da passagem nasal, o palato secundário permitiu uma função que é quase única dos mamíferos: respirar e mastigar ao mesmo tempo. Para um animal ectotérmico, que tem longos períodos de inatividade, esta capacidade pode não ser crucial. No entanto, para um animal com um metabolismo elevado, que precisa de um fornecimento constante de oxigénio e de processar grandes quantidades de alimento para alimentar o seu "fogo" interno, esta capacidade é absolutamente essencial.⁴ A mastigação eficiente e a respiração contínua durante a alimentação não são traços independentes; são um complexo funcional interligado que tornou possível sustentar o enorme custo energético da endotermia ("sangue quente"). Evidências de canais neurovasculares nos ossos do focinho de alguns terapsídeos, interpretados como alojando nervos e vasos sanguíneos para bigodes (vibrissas), e a possível presença de pelos, sugerem que a endotermia já estava a evoluir dentro deste grupo.¹³ Estudos mais recentes sobre a microestrutura óssea e canais do ouvido interno em fósseis como o *Brasilodon* sugerem que a endotermia plena pode ter surgido há cerca de 233 milhões de anos, dentro dos cinodontes avançados.²⁸

3.2 Um Esqueleto Remodelado: Da Mandíbula ao Ouvido, da Postura Esparramada à Corrida

A pressão seletiva para uma mastigação mais eficiente teve consequências profundas e inesperadas noutras partes do crânio. Ao longo da evolução dos cinodontes, o osso dentário, o único osso que suporta os dentes na mandíbula inferior, expandiu-se progressivamente para trás. Simultaneamente, os ossos pós-dentários (incluindo o articular, o angular e o surangular), que formavam a parte posterior da mandíbula nos sinápsidos basais, foram-se tornando cada vez menores e mais frágeis.⁶ Em cinodontes avançados, o osso dentário cresceu tanto que estabeleceu um novo contacto com o osso esquamosal do crânio. Isto levou ao aparecimento de uma articulação mandibular dupla e, finalmente, nos Mammaliaformes, a articulação dentário-esquamosal tornou-se a única e definitiva articulação da mandíbula.⁶

Esta mudança libertou os ossos pós-dentários da sua função de suporte de carga na articulação. Este é um dos exemplos mais espetaculares de exaptação — a cooptação de uma estrutura para uma nova função — na história da evolução. Os ossos articular e quadrado, que formavam a antiga articulação da mandíbula, e o osso angular, foram miniaturizados e incorporados no ouvido médio. O articular tornou-se o martelo (malleus), o quadrado tornou-se a bigorna (incus), e parte do angular formou o anel timpânico que suporta o tímpano. Estes juntaram-se ao estribo (stapes), já presente, para formar a cadeia de três ossículos auditivos característica dos mamíferos.⁶ Este sistema de alavancas amplifica as vibrações sonoras de forma muito mais eficiente do que o único ossículo dos outros tetrápodes, melhorando drasticamente a sensibilidade auditiva, especialmente para sons de alta frequência. A necessidade de uma mandíbula mais forte para comer levou, de forma indireta mas causal, à evolução de uma audição mais apurada.

No esqueleto pós-craniano, a transição para uma postura totalmente ereta foi completada, com modificações nas cinturas peitoral e pélvica que permitiam um movimento dos membros para a frente e para trás, com mínima ondulação lateral do corpo. Esta configuração não só resolveu a Restrição de Carrier, como também proporcionou uma locomoção muito mais eficiente e veloz, essencial para um estilo de vida ativo, seja para caçar presas ou para escapar de predadores num mundo cada vez mais dominado por arcossauros.¹¹

Conclusão: A Emergência dos Mammaliaformes e o "Gargalo Noturno"

A questão de onde traçar a linha exata entre "cinodonte não mamífero" e "mamífero" é, em parte, uma questão de convenção taxonómica. Características definitivas dos mamíferos modernos, como a presença de pelos e glândulas mamárias (lactação), raramente se

fossilizam, tornando difícil a sua utilização para classificar formas extintas.¹ Por conseguinte, os paleontólogos definem o clado Mammaliaformes — que inclui os mamíferos da coroa e os seus parentes extintos mais próximos — com base em características osteológicas, sendo a mais importante a presença de uma articulação da mandíbula composta exclusivamente pelos ossos dentário e esquamosal.¹⁵ Outra característica fundamental que surge nesta transição é a difiodontia, a substituição dos dentes apenas uma vez na vida (dentes de leite e dentes permanentes), em contraste com a polifiodontia (substituição contínua) dos cinodontes e outros vertebrados.¹¹ A difiodontia é crucial porque permite manter a oclusão precisa ao longo da vida do animal, algo impossível com a substituição constante dos dentes.

Os primeiros Mammaliaformes, como o *Morganucodon*, surgiram no final do Triássico, eram animais pequenos, do tamanho de um musaranho, e viveram num mundo dominado por uma irradiação espetacular de outro grupo de amniotas: os dinossauros. Esta dominância ecológica dos dinossauros nos nichos diurnos é a base para a "hipótese do gargalo noturno".⁴ Esta hipótese postula que a competição e a predação por parte dos dinossauros forçaram os primeiros mamíferos e os seus parentes próximos a adotar um estilo de vida noturno e marginal.⁴ Este "gargalo" ecológico terá exercido uma imensa pressão seletiva que refinou e consolidou o conjunto de características mamíferas:

- **Endotermia e Pelos:** Essenciais para a termorregulação e para manter a atividade durante as noites frias, quando os dinossauros ectotérmicos estariam inativos.⁴
- **Sentidos Aprimorados:** Num ambiente de pouca luz, a visão torna-se menos importante. Isto teria favorecido fortemente o desenvolvimento de uma audição aguçada (possibilitada pelo novo ouvido médio de três ossículos) e de um olfato sofisticado, para navegar, encontrar alimento e detetar predadores no escuro.

Em suma, a longa jornada evolutiva dos sinápsidos é uma história de aquisição gradual e em mosaico de um novo plano corporal e fisiológico. Foi um percurso que começou com uma simples modificação no crânio e que, através de uma complexa interação de pressões seletivas, eventos de extinção e inovações funcionais, transformou os grandes dominadores ectotérmicos do Permiano nos pequenos e secretos sobreviventes endotérmicos da Era dos Dinossauros. Estes animais, forjados no "gargalo noturno", estavam perfeitamente equipados para, após a extinção dos dinossauros há 66 milhões de anos, emergir das sombras e iniciar a sua própria irradiação adaptativa espetacular, dando origem à diversidade de mamíferos que hoje conhecemos.¹⁴ O legado dos sinápsidos não é apenas a sobrevivência de uma linhagem, mas a evolução de um novo e profundamente bem-sucedido grau de organização dos vertebrados.

Referências citadas

1. Sinápsidos (Synapsida) - Mundo Pré-Histórico, acessado em outubro 17, 2025, <https://mundopre-historico.blogspot.com/2018/07/sinapsidas-synapsida.html>
2. Synapsida – Wikipédia, a enciclopédia livre, acessado em outubro 17, 2025, <https://pt.wikipedia.org/wiki/Synapsida>

3. SYNAPSIDA: MAMMALIA 1 Como nós somos mamíferos, este é um dos grupos mais bem estudados de vertebrados, embora não seja o mais, acessado em outubro 17, 2025,
http://www.naturalhistory.com.br/discipl/08_TEXTO_Mammalia2013.pdf
4. História evolutiva dos mamíferos – Wikipédia, a enciclopédia livre, acessado em outubro 17, 2025,
https://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria_evolutiva_dos_mam%C3%AAdferos
5. Antes dos dinossauros - Ciência Hoje, acessado em outubro 17, 2025,
<https://cienciahoje.org.br/coluna/antes-dos-dinossauros/>
6. cinodonte fósseis brasileiros revelam os primeiros passos da ..., acessado em outubro 17, 2025, <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v67n4/v67n4a14.pdf>
7. SISTEMA ESQUELÉTICO – CRÂNIO - Cesad, acessado em outubro 17, 2025,
https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/12070001032012Cordados_I_aula_03.pdf
8. ANATOMIA INTERNA DA REGIÃO ROSTRAL DE CINODONTES PROZOSTRODONTES (CYNODONTIA, PROBAINOIGNATHIA, PROZOSTRODONTIA) DO TRIÁSSICO - Lume UFRGS, acessado em outubro 17, 2025,
<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/291883/001209683.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
9. Existem vantagens ou desvantagens na condição diápsida versus, acessado em outubro 17, 2025,
https://www.reddit.com/r/SpeculativeEvolution/comments/1h3hg00/are_there_advantages_or_disadvantages_to_the/?tl=pt-br
10. Fósseis e Transição - Fernando Abdala PhD, acessado em outubro 17, 2025,
<https://fernando.losabdala.com/wp-content/uploads/A-2001.pdf>
11. Cinodonte fósseis brasileiros revelam os primeiros passos da evolução dos mamíferos, acessado em outubro 17, 2025,
http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-6725201500400014
12. ORIGEM e EVOLUÇÃO dos MAMÍFEROS: Parte 1 - Sinápsidos "Pelicosaurus" - YouTube, acessado em outubro 17, 2025,
https://www.youtube.com/watch?v=sZVIZLxU_34
13. Therapsida – Wikipédia, a enciclopédia livre, acessado em outubro 17, 2025,
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Therapsida>
14. Palaeos Vertebrates: Therapsida Overview, acessado em outubro 17, 2025,
<http://palaeos.com/vertebrates/therapsida/index.html>
15. P Synapsida: Pelycosauria- elycosauria - ResearchGate, acessado em outubro 17, 2025,
https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Abdala/publication/259275128_Capitulo_8_Synapsida_Pelycosauria-Therapsida/links/0046352aae454abbe3000000/Capitulo-8-Synapsida-Pelycosauria-Therapsida.pdf
16. Sinápsidos - Museu de Geologia e Ciências Naturais - UNESP de Assis, acessado em outubro 17, 2025,
<https://www.assis.unesp.br/#!/departamentos/ciencias-biologicas/museu-cbi/acer>

- [vo/fosseis/animal/sinapsidas/](#)
17. A ORIGEM DOS MAMÍFEROS – TRANSIÇÃO SYNAPSIDA, THERAPSIDA E CYNODONTIA. | - NetNature, acessado em outubro 17, 2025, <https://netnature.wordpress.com/2018/08/02/a-origem-dos-mamiferos-transicao-synapsida-therapsida-e-cynodontia/>
 18. Therapsida, Dicynodontia: aspectos gerais e registros brasileiros - Acervo Digital UFPR, acessado em outubro 17, 2025, <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/41612/Monografia%20Barbara%20Aline%20Mainardes%20Dutra.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 19. Cynodontia – Wikipédia, a enciclopédia livre, acessado em outubro 17, 2025, <https://pt.wikipedia.org/wiki/Cynodontia>
 20. ORIGEM e EVOLUÇÃO dos MAMÍFEROS: Parte 4 (Cynodontia) - YouTube, acessado em outubro 17, 2025, <https://www.youtube.com/watch?v=X8lsLGXXmQI>
 21. Contribuição ao conhecimento dos Cinodontes Probainognátios (Therapsida, Cynodontia, Probainognathia) do Triássico da América do Sul e seu impacto na origem dos Mammaliaformes - Lume UFRGS, acessado em outubro 17, 2025, <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/180277>
 22. CINODONTES - Google Sites, acessado em outubro 17, 2025, <https://www.sites.google.com/view/paleoeduca/paleontologia-em-candel%C3%A1ria/vertebrados/cinodontes>
 23. CINODONTES Cynodonts | paleozoobr, acessado em outubro 17, 2025, <https://www.paleozoobr.com/cinodontes-cynodonts>
 24. Evolução da articulação mandibular dos mamíferos é revelada por ..., acessado em outubro 17, 2025, <https://harpia.mn.ufrj.br/evolucao-da-articulacao-mandibular-dos-mamiferos-e-revelada-por-fosseis-brasileiros/>
 25. A origem dos mamíferos : Revista Pesquisa Fapesp, acessado em outubro 17, 2025, <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-origem-dos-mamiferos/>
 26. Por que os sinápsidos (especialmente os mamíferos) são mais heterodontes e extremamente variáveis (em relação aos seus dentes) entre as espécies, ao contrário dos répteis? - Reddit, acessado em outubro 17, 2025, https://www.reddit.com/r/evolution/comments/rcejok/why_are_synapsids_especially_mammals_more/?tl=pt-br
 27. MORFOLOGIA PÓS-CRANIANA DE CINODONTES TRAVERSODONTÍDEOS DA ZONA DE ASSOCIAÇÃO DE SANTACRUZODON, TRIÁSSICO MÉDIO DO RIO GRA - Lume UFRGS, acessado em outubro 17, 2025, <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/94683/000915830.pdf>
 28. Quando os mamíferos se tornaram animais de 'sangue quente'? - Ciência Hoje, acessado em outubro 17, 2025, <https://cienciahoje.org.br/artigo/quando-os-mamiferos-se-tornaram-animais-de-sangue-quente/>
 29. ORIGEM e EVOLUÇÃO dos MAMÍFEROS: Parte 5 (Mammaliaformes) - YouTube, acessado em outubro 17, 2025, https://www.youtube.com/watch?v=-Q_rvHugRmA
 30. Cynodontos que deram origem aos mamíferos - o que devo saber sobre o

comportamento deles? : r/evolution - Reddit, acessado em outubro 17, 2025,
https://www.reddit.com/r/evolution/comments/1f7vxww/cynodonts_that_gave_rise_to_mammals_what_should_i/?tl=pt-br

31. Mamíferos eram animais noturnos até à extinção dos dinossauros - DN, acessado em outubro 17, 2025,
<https://www.dn.pt/sociedade/mamiferos-eram-animais-noturnos-ate-a-extincao-dos-dinossauros-8897936.html>
32. Questão A endotermia tem muitas vantagens: torna possível o aparecimento de órgãos complexos e delicados, que seriam, acessado em outubro 17, 2025,
<https://vestibulares.estrategia.com/public/questoes/endotermia-tem-muitas1208d373e01/>
33. O que é ectotermia e endotermia? - Brasil Escola - UOL, acessado em outubro 17, 2025,
<https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/biologia/o-que-e-ectotermia-endotermia.htm>